SINDIRGI (BALIKESİR) DEPREMİ — Mw 6,1 · 27.10.2025

DEPREM TEKNİK RAPORU · OLAY RAPORU

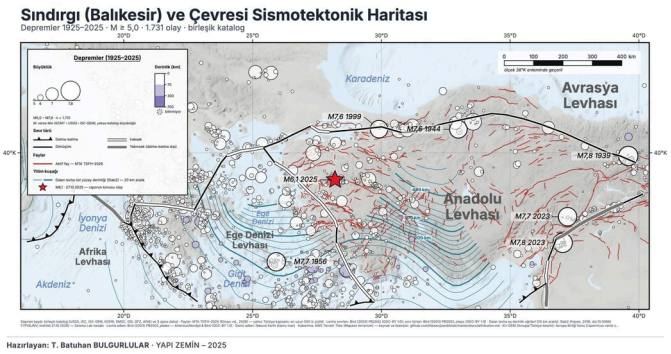
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026 · Olay: 27.10.2025

ÖZET — 27.10.2025 tarihinde Sındırgı (Balıkesir) çevresinde Mw 6,1 büyüklüğünde, 6,1 km odak derinlikli bir deprem meydana gelmiştir (39,1969°K, 28,2006°D). Çalışma olayı, Mw 6,2 (78,1 gün önce, 13 km uzakta) depreminin uzay–zaman penceresi içindedir; bu ölçütle süren bir dizinin en büyük olayı değildir. Çalışma olayı, en erken öncülden bu yana izleyen olay sayım alanında kaydedilen toplam sismik momentin %41 kadarını taşımaktadır. Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümü (M_0 = 1,616×10¹⁸ N·m; Mw 6,07) NP1 düğüm düzlemi üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 49) SHmax = 115° kestirilmiştir; şekil oranı R = 0,22 uç değerde olduğundan (σ_2 komşu asal gerilmeden ayrışmıyor) Anderson rejimi kısıtlanamamıştır. Kayıtların %36'sının (5.343/14.859) derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir; bu değer derinlik çözülemeyip 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: Sındırgı (Balıkesir) depremi, deprem dizisi, moment tensörü, gerilme inversiyonu, Coulomb gerilme aktarımı, makrosismik şiddet.

ABSTRACT — An earthquake of Mw 6.1 occurred near Sindirgi (Balikesir) on 27 October 2025 at a focal depth of 6.1 km (39.1969°N, 28.2006°E). The study event falls within the space–time window of an earthquake of Mw 6.2 (78.1 days earlier, 13 km away); by this criterion it is not the largest event of an ongoing sequence. The study event carries 41% of the total seismic moment recorded within the aftershock-counting radius since the earliest precursor. The Global CMT (GCMT) moment-tensor solution (M_0 = 1.616×10¹⁸ N·m; Mw 6.07) 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. Stress inversion of the event-centred focal-mechanism population (n = 49) yields SHmax = 115°; the shape ratio R = 0.22 is extreme (σ_2 does not separate from the adjacent principal stress), so the Anderson regime could not be constrained. Of the records, 36% (5,343/14,859) 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: Sindirgi (Balikesir) earthquake, earthquake sequence, moment tensor, stress inversion, Coulomb stress transfer, macroseismic intensity.



Şekil 1. *Sındırgı (Balıkesir) ve çevresinin sismotektonik haritası. Harita, 1925–2025 döneminde kaydedilmiş M ≥ 5,0 büyüklüğündeki 1.731 depremi büyüklükle orantılı, odak derinliğine göre renklendirilmiş dairelerle gösterir. Levha sınırları türlerine göre ayrı çizgilerle (dalma-batma, ıraksak, dönüşüm ve yakınsak), aktif fay izleri MTA Türkiye Diri Fay Haritası'ndan ve dalan levhanın üst yüzey eş derinlik eğrileri (Slab2) çizilmiştir. Yıldız çalışma olayını gösterir (Deprem kaydı: birleşik katalog [USGS, ISC, ISC-GEM, KOERI, EMSC, GSI, GFZ, AFAD ve 3 kurum daha]; Faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026] — yalnız Türkiye kapsamı; en uzun 500 iz çizildi; Levha sınırları: Bird [2003] PB2002; sınır türleri: Bird [2003] PB2002_steps; Dalan levha eş derinlik eğrileri [20 km aralık]: Slab2 [Hayes, 2018; doi:10.5066/F7PV6JNV]; Deniz adları: Natural Earth [kamu malı]).*

Tablo 1. Olay künyesi ve türetilmiş kaynak parametreleri.

Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Oluş zamanı (UTC)	27.10.2025 19:48:29	AFAD hiposantrı
Dış merkez	39,1969°K · 28,2006°D	AFAD hiposantrı
Odak derinliği	6,1 km	AFAD
Büyüklük	Mw 6,1	AFAD (hiposantrı veren kurum)[a]
Sismik moment M_0	1,616×10¹⁸ N·m	GCMT skaler momenti · Mw 6,07
Nominal ışınan enerji E	8,1×10¹³ J	M_0'dan · Kanamori (1977)
Konum belirsizliği, istasyon sayısı, azimut boşluğu	yok	AFAD yayımlamamıştır
Varış artığı (RMS)	0,43 s	AFAD bildirimi
b değeri	raporlanmadı	gerekçesi Ek A'da
Kutu yayılımı (%95)	58,0 × 55,8 km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay bulutu yayılımı (%95)	33,0 × 20,4 km	uzun × kısa eksen · izleyen olay bulutu
Mekanizma (NP1)	345°/61°/−27°	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

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

GİRİŞ

Bu çalışma, 27.10.2025 tarihinde Sındırgı (Balıkesir) çevresinde meydana gelen Mw 6,1 depremini ve onu çevreleyen sismisiteyi olay merkezli bir pencerede incelemektedir (Şekil 1). İnceleme, 15.050 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.

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

TEKTONİK ÇERÇEVE

Kullanılan diri fay veri tabanında (Türkiye Diri Fay Haritası, MTA TDFH-2026) dış merkeze en yakın adlı fay izleri şunlardır: Simav Fay Zonu'nun Sındırgı Fayı parçası (22-1) (3,2 km; sağ yönlü doğrultu atımlı), Yüreğil Fayı (4,4 km; normal), Düvertepe Fay Zonu'nun Çelebiler Fayı parçası (21-1) (11 km; normal). Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır Ege Denizi–Anadolu levha sınırıdır ve 88 km uzaklıktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelleme kabulüdür.

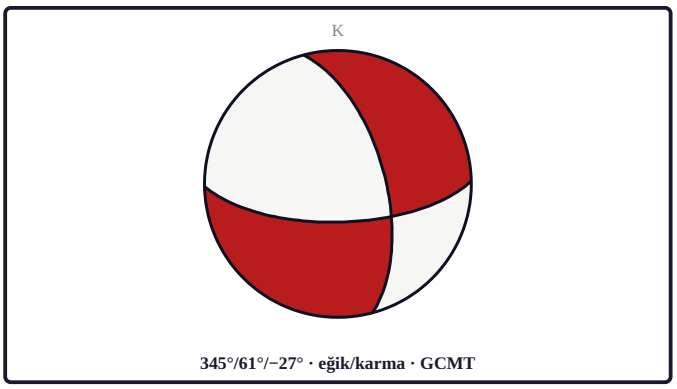
Olay sığ odaklı (h < 70 km) bir kabuk depremidir (odak derinliği 6,1 km).

Kurum ürünü USGS STREC tektonik sınıflaması (ShakeMap sürüm 11, 01.12.2025) olayı aktif kabuk bölgesinde saymaktadır (olasılık %100).

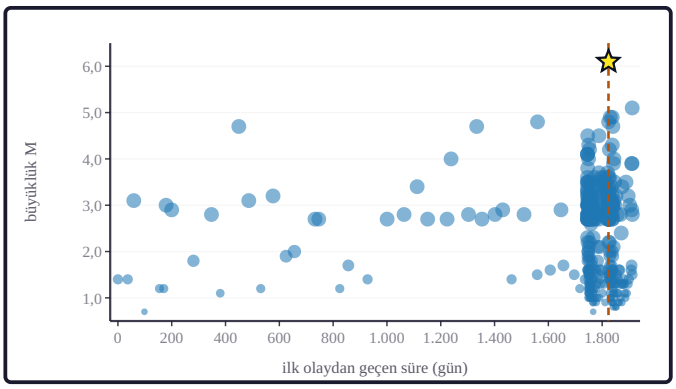
VERİ VE YÖNTEM

Katalog, olay merkezli kutuda 28.10.2020 – 25.01.2026 döneminde kaydedilmiş 15.050 olaydan oluşmaktadır (1.915 gün). Kayıtların kurum dağılımı: AFAD 12.320, KOERI 2.611, ISC 84, EMSC 32, GFZ 2, NOA 1. Büyüklük türü dağılımı: ML 14.921, Mw 128, türü belirtilmemiş 1. Çalışma alanı 109,4 × 109,3 km (≈ 12.000 km²) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = 111,32·cos φ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri 38,703°K–39,692°K ve 27,566°D–28,834°D koordinatlarındadır. Katalog kayıtlarının %1'i ISC kaynağından gelmektedir. ISC gözden geçirilmiş bülteni gerçek zamanın yaklaşık 24 ay gerisinden yayımlanmaktadır (International Seismological Centre, t.y.); buna göre pencerenin yaklaşık son 15 ayında (pencere sonu sorgu anından öncedir; bültenin ufku pencerenin yalnız bu bölümünü dışarıda bırakır) bu kaynağın katkısı gözden geçirilmemiş kurum bildirimlerinden oluşmaktadır. Bu bölüm önceki dönemle aynı tamlıkta değildir; ona ait olay oranları ve tamlık büyüklüğü alt sınır olarak okunmalıdır. Örneklem: 30.842 olaydan 15.801 tanesi tekdüze seyreltmeyle (her 2 olaydan biri) çözümlenmiştir; en büyük 500 olay ayrıca güvenceye alınmıştır.

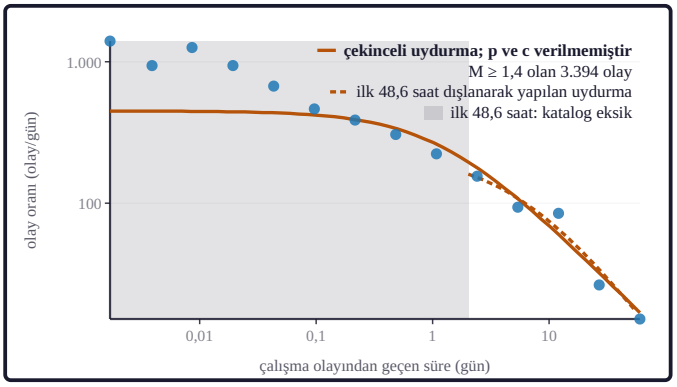
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır



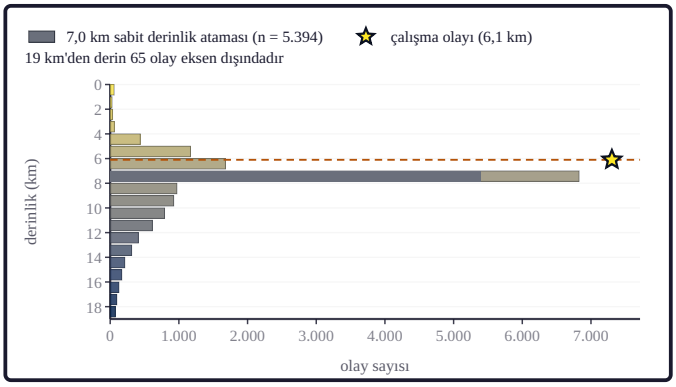
Şekil 2a. *Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; kırmızı kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir; sıkışma (P) ekseni beyaz kadranların, gerilme (T) ekseni kırmızı kadranların ortasındadır.*



Şekil 2b. *Pencere kataloğu 15.050 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay Mw 6,1 büyüklüğündedir (10.08.2025); Mc = 1,5 üstünde 7.775 olay vardır. Büyüklük–zaman dağılımı: yatay eksen ilk olaydan geçen süre (gün), düşey eksen büyüklüktür. Her mavi daire bir olaydır ve daire çapı büyüklükle ölçeklidir; turuncu kesikli düşey çizgi ve yıldız çalışma olayını işaretler (seyreltme eşit adımlıdır; en büyük 10 olay her durumda çizilmiştir).*



Şekil 2c. *Çekinceli kestirim: Omori–Utsu üsteli çekinceyle verilmiştir ve ilk saatlerdeki katalog eksikliğinden etkilenir; p ve c değerleri verilmemiştir. Kayan pencerelerle izlenen zamanla değişen tamlıkta çalışma olayını izleyen ilk pencerenin tamlık eşiği Mc = 2,8'dir; eşik, olay sonrası dönem için benimsenen Mc = 1,4 değerine çalışma olayından 48,6 saat sonra iner. Olay oranı çalışma olayından geçen süreye göre çizilmiştir (iki eksen logaritmik); eğri Omori–Utsu yasasının en büyük olabilirlik uydurmasıdır ve değerleri çekinceli olduğundan şekilde verilmemiştir (Omori–Utsu yasası: Utsu vd., 1995).*



Şekil 2d. *Tam katalogda derinlik değeri taşıyan 15.050 olayın %81'i ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (7,0 km) ölçülmüş derinlik taşımaz. Hiposantr derinlik histogramı (tam katalog): çubuk rengi derinliği gösterir (sığ sarı, derin lacivert); koyu kesim sabit derinlik atamalarıdır; yıldız ve kesikli çizgi çalışma olayının derinliğidir.*

KULLANILAN BAĞINTILAR

(1) Sismik moment	$M_0 = 10^{1{,}5\cdot M + 9{,}1}$ N·m	*Hanks ve Kanamori (1979); sabit: Kanamori (1977)*
(2) Işınan enerji	$\log_{10}E = 1{,}5\cdot M + 4{,}8$ (J)	*Gutenberg ve Richter (1956)*
(3) Büyüklük–frekans	$\log_{10}N(\geq M) = a - b\cdot M$	*Gutenberg ve Richter (1944)*
(4) Artçı sönümü	$n(t) = K/(t + c)^{p}$	*Utsu vd. (1995)*
(5) Artçı dizisi oranı	$\lambda(t,M) = 10^{a+b(M_m-M)}\cdot(t+c)^{-p}$	*Reasenberg ve Jones (1989)*
(6) Gerilme düşümü	$\Delta\sigma = (7/16)\cdot M_0/R^3$	*Eshelby (1957)*

Şekil 2a–2d: Koyu kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme, açık kadranlar çekme olduğu bölgelerdir; gerilme (T) ekseni koyu kadranların, sıkışma (P) ekseni açık kadranların ortasında yer alır (Şekil 2a). Deviatorik (GCMT) tensörün çift kuvvet payı %53'tür. Nokta kaynak (çift kuvvet) yaklaşımında 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. Büyüklük–zaman serimi pencere kataloğunun zaman içindeki gelişimini betimler: 15.050 olay, ilk–son olay arası 1.913 gün, en büyüğü M 6,1 (Şekil 2b). Ortalama büyüklük M 1,59, ortanca M 1,5'tir (tam katalog). Serimin düşey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M 1,2 altında, dörtte biri M 1,8 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 0,6 büyüklük birimidir. Serimdeki en küçük olaylar tamlık eşiğinin 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. Omori–Utsu üsteli bu gözlem süresinde çekinceyle verilmiştir; p ve c değerleri bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiş, sönüm bulgu olarak yorumlanmamıştır (Şekil 2c). Omori üsteli p, sönümün istatistiksel tanımıdır; tek tek olayların zamanını ya da yeni bir büyük depremi öngörmez.

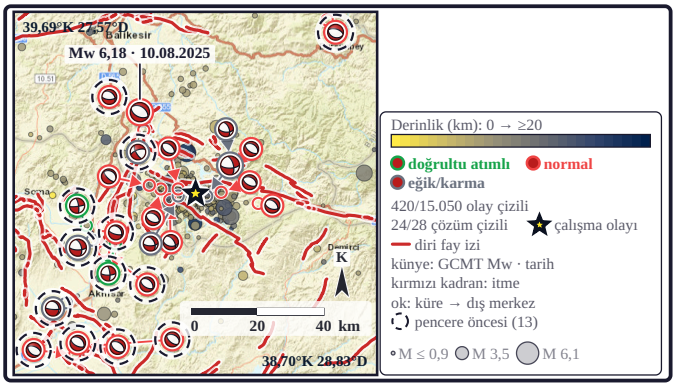
Derinlik histogramı, odakların derinlik kutularına nasıl dağıldığını gösterir (Şekil 2d). Derinliği bilinen 15.050 kaydın 12.264 tanesi (%81) 10 km ve daha sığ, kalanı daha derindedir (tam katalog). Histogramın en yüksek çubuğu 6.827 olayla 7–8 km aralığındadır; bu çubuktaki 5.394 kayıt 7,0 km sabit derinlik atamasıdır ve tepe ölçülmüş bir dağılım tepesi olarak okunmamalıdır.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

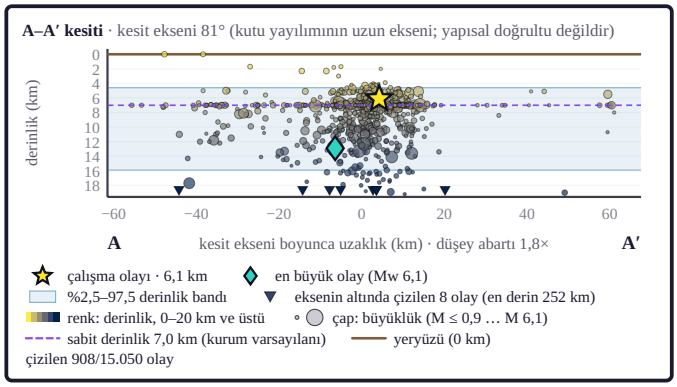
Oran ve sayım türü nicelikler 2 katıyla ölçeklenmelidir. Örneklem dışından güvenceye alınan 191 büyük olay yalnız harita, en büyük olay ve enerji toplamında kullanılmış; büyüklük-sıklık ilişkisi, b-değeri ve oran istatistikleri yalnız tekdüze örneklemden hesaplanmıştır (tekdüze seyreltme dağılımın biçimini korur). Bu rapor, olaydan 367 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi katalog penceresinin sonuna kadarki 90 günle sınırlıdır. Katalog sorgusu 29.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

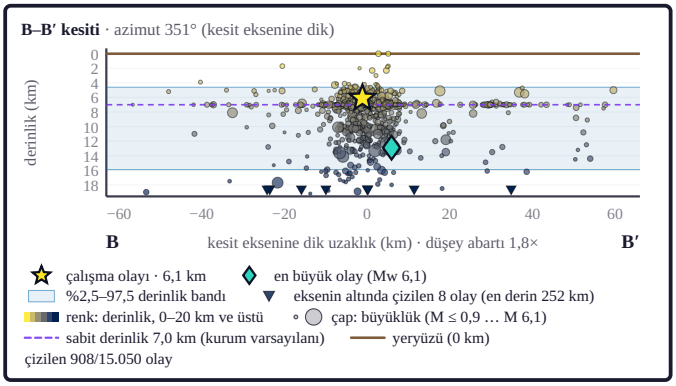
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI



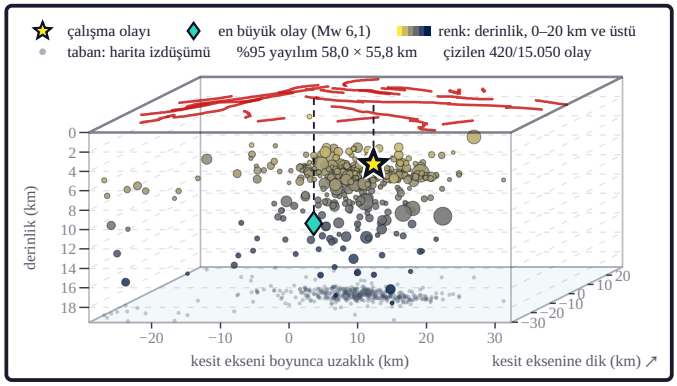
Şekil 3a. *Harita 15.050 olaylık katalogdan 420 olayı gösterir; odak mekanizmaları 28 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindendir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır (n = 49). Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir; kadranlı küreler odak mekanizması çözümleridir; kırmızı kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir. Sarı yıldız çalışma olayı, kırmızı çizgiler diri fay izleridir. Mw sırasıyla en büyük 1 çözüm künyelidir (öbür 23 küre künyesizdir); künye çözümün Global CMT (GCMT) kataloğundaki moment büyüklüğünü (Mw) ve tarihini verir; bu büyüklük gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. İnce çizgi künyeyi küresine, ok küreyi çözümün dış merkezine bağlar. Kesikli halkalı küreler çalışma penceresinden önceki çözümlerdir (faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]; mekanizmalar: bölgesel mekanizma kümesi; katalog: AFAD · KOERI · ISC · EMSC · GFZ · NOA; altlık: Esri, HERE, Garmin, OSM katkıcıları).*



Şekil 3b. *Olayların %95'i 4,6–15,9 km derinlik bandındadır; ortanca derinlik 7,0 km'dir (sabit atamalar dışlanınca 7,9 km). A–A′ kesiti olayları kesit ekseni (kutu yayılımının uzun ekseni) boyunca uzanan düşey düzleme izdüşürür. Sarı yıldız çalışma olayıdır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü verir. Alt kenardaki üçgenler derinlik ekseninin altında kalan olaylardır; kataloğun en derin kaydı (400 km) kurumun bildirdiği yuvarlak bir değerdir. Kesikli yatay çizgi kurumların varsayılan olarak atadığı sabit derinliktir. A–A′ ve B–B′ kesitleri aynı yatay açıklık ve aynı derinlik ekseniyle çizilmiştir (izdüşüm: çalışma kutusundaki olayların çizim örneklemi; derinlikler katalog hiposantrlarıdır).*



Şekil 3c. *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 örneklemi).*



Şekil 3d. *Yatay eksen kesit ekseni (kutu yayılımının uzun ekseni) boyunca, sağ üste kaçan eksen ona dik uzaklığı, düşey eksen derinliği verir. Derinlik ekseni kesitlerle aynıdır. Üst yüzdeki kırmızı çizgiler diri fay izleridir; yıldızdan ve elmastan üst yüze çıkan kesikli çizgiler olayların yüzeydeki izdüşümünü gösterir (kabinet izdüşümü; üç eksen ayrı ölçeklidir; blok kenarları %95 yayılımın 1,06 katıdır).*

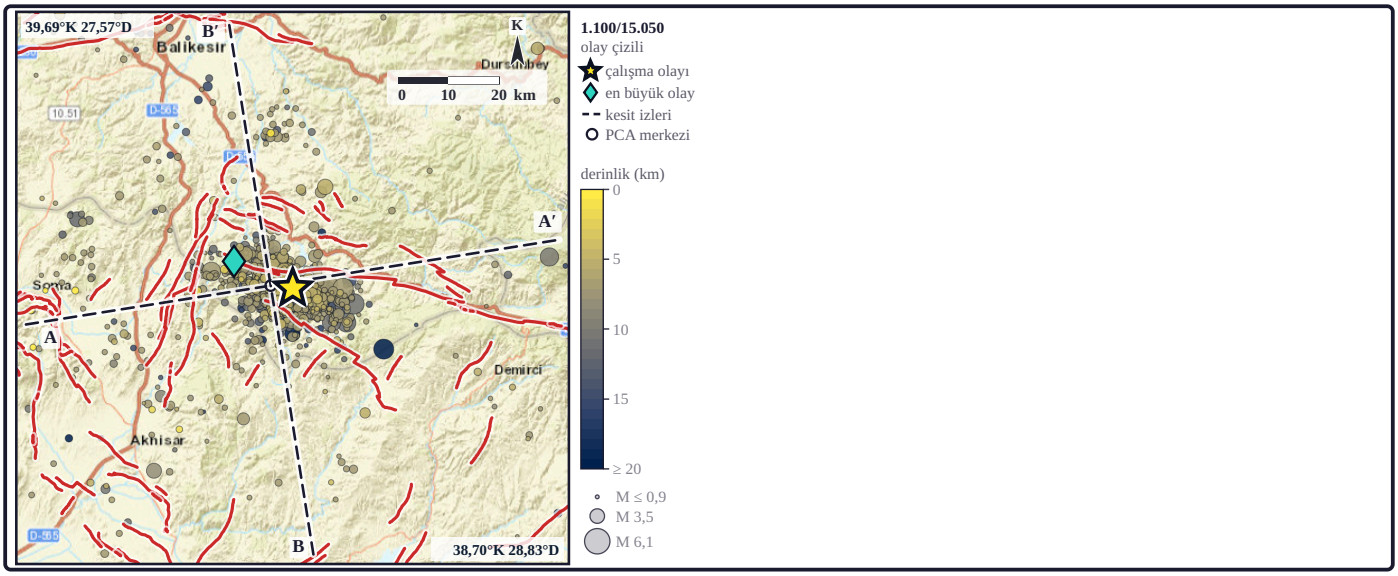
Şekil 3a–3d: Çalışma kutusunda 15.050 olay yer almaktadır ve katalog 1.913 güne yayılmaktadır (Şekil 3a). Kadrajdaki haritalı diri fay izi sayısı 8; dış merkez bulutunun bu izlere göre konumu, etkinliğin bilinen bir yapıyla ilişkilendirilip ilişkilendirilemeyeceğinin ilk göstergesidir. Kadraj içinde 28 yayımlanmış odak mekanizması çözümü bulunmaktadır; mekanizma çözümleri etkinliğin kayma türünü doğrudan sınayan tek gözlemdir. A–A′ kesiti, çalışma kutusundaki olayların ana eksen boyunca 55,8 km'lik (%95) yayılımını göstermektedir; kesitteki odakların derinlik bandı (%2,5–97,5) 4,6–15,9 km'dir (tam katalog ortancası 7,0 km; Şekil 3b). Derinlik ekseni katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 1,04, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,00'dır; bulutun uzama oranı kadrajınkini belirgin biçimde aşmadığından (iki oranın oranı 1,04) ölçülen uzama büyük ölçüde kadrajın geometrisidir ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3c). Dik kesitteki dağınıklık, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırılamaz. Düşey yayılımın uzun yatay kenara oranı 0,19'dur; yatay yayılım düşey yayılımı aşmaktadır (Şekil 3d). 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. 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 (DEVAM)

Çapraz-kaynak kopyaları (1) Δt ≤ 20 s, Δkonum ≤ 54 km ve ΔM ≤ 0,5 ya da (2) Δt ≤ 5 s ve Δkonum ≤ 54 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ya da (4) Δt ≤ 3 s, ΔM ≤ 0,3, Δkonum ≤ 100 km ve temsilci kurumu farklı iki kayıt (bu çalışmanın işletimsel ölçütü; kutu boyutundan bağımsız) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 706 kayıt düşürülmüştür; çakışan kayıtlarda temsilci, kurum önceliği (yurt içinde ulusal ağ önce), moment büyüklüğü tercihi ve en yüksek büyüklük değeri sırasıyla seçilmiştir. Tüm istatistikler tekilleşmiş katalog üzerinde hesaplanmıştır. Kendi hizmet bölgesi dışında kalan bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (uzak ağ kayıtları; M ≥ 2,0) ayrı bir kuralla ele alınmıştır: en az iki kurumun bildirdiği bir olayla Δt ≤ 35 s, Δkonum ≤ 300 km ve büyüklük farkı −0,5 ile +1,5 arasında eşleşen 44 kayıt o olayın kopyası sayılmış, eşi bu ölçütlerle bulunamayan 1 kayıt ise bağımsız bir olay olduğu doğrulanamadığından istatistiklere alınmamıştır. Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (AFAD) kendi büyüklüğüdür: Mw 6,1 (moment büyüklüğü sınıfı). Öteki kurumların bildirdiği büyüklükler olay künyesi bölümünde karşılaştırılmıştır; farklı ölçeklerdeki değerler aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden tek bir yayılım istatistiğinde toplanmamıştır. Moment ve enerji toplamlarında büyüklük türleri arasında ampirik dönüşüm uygulanmamıştır: moment türü büyüklük taşıyan 129 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 14.921 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplamlar bu etiketle verilmiştir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM)



Şekil 4. *Derinlik renkli harita 15.050 olaylık katalogdan 1.100 olayı gösterir. Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; kesikli A–A′ ve B–B′ doğruları kesitlerin harita izleridir.*

Şekil 4: Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, sığ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 15.050 kaydın 12.264 tanesi 10 km ve daha sığ, 2.786 tanesi daha derindir (tam katalog; Şekil 4). Derinlik değerleri kurum çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır). Konum kalitesi alanları — varış artığı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ), en yakın istasyon uzaklığı — birleşik katalogda taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanamamıştır. Derinlik istatistikleri çözüm kalitesine bağlıdır: kayıtların %36'sının derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir (5.343/14.859); bu değer, derinlik çözülemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %38'ini oluşturmaktadır (5.673/15.050); derinlik ortancası ve derinlik bandı bu yapay yığının etkisi altındadır. Derinliğe dayanan ölçüler (derinlik bandı, kesit geometrisi) bu çekinceyle verilmiştir. Hiposantr bulutuna düzlem uydurması raporlanmamıştır; gerekçesi ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesindedir.

Tamlık büyüklüğü Mc, 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). Bu katalogda eşiği azami eğrilik ölçütü belirlemiştir: Mc = 1,5. b-değeri bu eşiğin üzerindeki olaylardan en büyük olabilirlik kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik Mc − ΔM/2 kutulama düzeltmesi (Utsu, 1966) uygulanarak hesaplanmıştır. b değerlerinin belirsizliği için 3 kestirim hesaplanır (Shi ve Bolt, 1982; Aki, 1965; yeniden örnekleme) ve en büyüğü benimsenir; yeniden örneklemede (bootstrap) Mc ve b birlikte yeniden kestirilir. Tamlık büyüklüğü ölçütlerinin sayısal eşikleri bu çalışmanın işletimsel seçimleridir. b değerinin raporlanması ayrıca büyüklük–frekans dağılımının üst kuyruğunda sınanmıştır: yasadan beklenen olay sayısının en az 1 olduğu, 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde bu sayı katalogda gözlenen olay sayısıyla binom olasılığı üzerinden karşılaştırılmış; en küçük olasılık 0,01'in altındaysa b raporlanmamıştır (işletimsel ölçüt).

Olayın moment tensörü kurum çözümüdür (kurum ürünü: Global CMT; Ekström vd., 2012); bölgesel mekanizma popülasyonu GCMT kataloğundandır (bu depremin dizisine ait çözümler kurum ürünü: Global CMT kataloğu; geçmiş olayların çözümleri veri). Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür (μ = 0,6; 3 yineleme; belirsizlik 200 yeniden örneklemenin %2,5–97,5 aralığıyla verilmiştir, yönün kısıtlanma düzeyi ise odak mekanizması açılarına gürültü 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.

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 günü 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 tavanını aşan ama kendi zaman penceresindeki bir öncülün dizisi, çalışma olayından önceki en çok 30 günün sayım yarıçapındaki olay oranının %95 Garwood (1936) alt sınırı aynı yarıçaptaki arka plan oranının en az 3 katıysa sürüyor sayılır. İki olayın büyüklükleri önce aynı kurumun moment tensörü büyüklükleriyle, yoksa aynı kurumun aynı türdeki büyüklükleriyle karşılaştırılmıştır; kurumlar arası karşılaştırma yalnız bu ikisi bulunmadığında ve çekinceyle kullanılmıştır. Süre eşiği ve kırık boyu katsayısı literatürden alınmamıştır; bu çalışmanın işletimsel ölçütleridir.

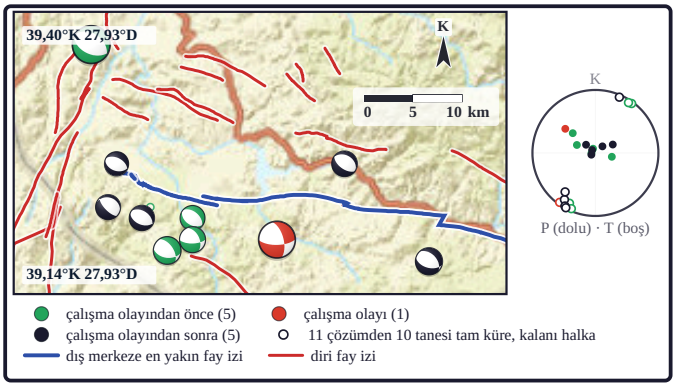
Arka plan dönemi olarak çalışma penceresinin başlangıcından geriye uzanan ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık pencere (30.10.2015 – 28.10.2020) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (14.471 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır.

Diri fay verisi MTA TDFH-2026 (Türkiye Diri Fay Haritası) katmanından alınmıştır (Elmacı vd., 2026). Katmanın çalışma kutusuna düşen parçaları sürekli izlere birleştirilmiştir: kutuda 82 iz bulunmaktadır ve bölge haritalarında tümü, tektonik haritada en uzun 60'ı çizilmiştir; fay çizelgesi için aynı adı taşıyan parçalar ayrıca 1 km toleransla uç uca birleştirilmiş, elde edilen 87 izin (20 farklı ad) en uzun 8'i 5 ad altında çizelgede listelenmiştir. Şekillerdeki harita kadrajları eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan 39,20°K'dir ve harita ölçeği iki eksende eşit tutulmuştur; şekillerdeki tek ölçek çubuğu bu koşulla geçerlidir. Boylam ölçeğinin sapması kutunun kuzey ve güney kenarlarında ters işaretlidir ve en çok %0,7'dir. Altlık karoları Web Mercator karolarından üretilip aynı dikdörtgene indirgenmiştir; altlık ölçülen bir nicelik taşımaz, yalnız coğrafi bağlam verir.

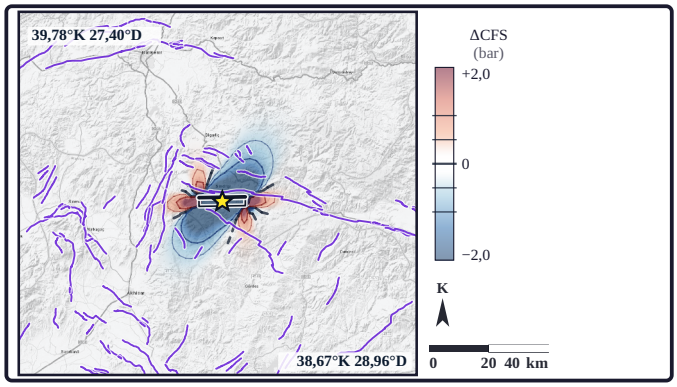
Raporda USGS ComCat'te bu olay için yayımlanmış ShakeMap, “Did You Feel It?” topluluk şiddeti (DYFI), PAGER, yer yenilmesi, moment tensörü ve etki özeti ürünleri kullanılmıştır (U.S. Geological Survey, 2017); her ürünün yayım tarihi ve biliniyorsa sürümü ilgili tümcede verilmiştir. USGS ürünleri arasında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

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

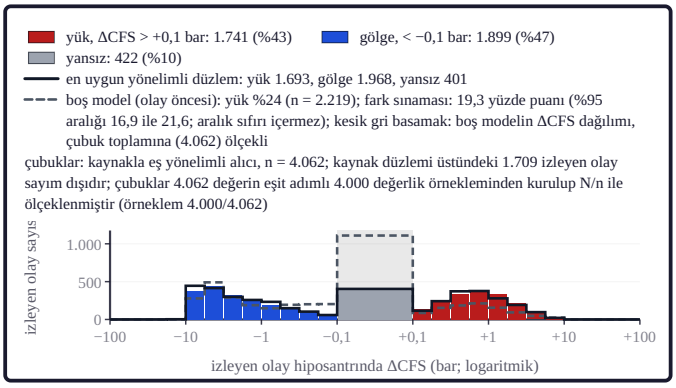
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



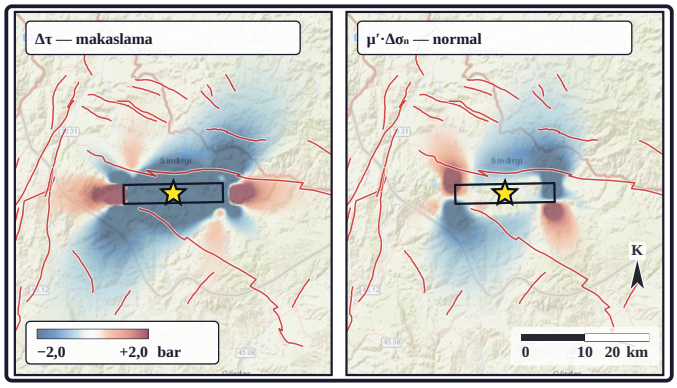
Şekil 5a. *Arama penceresinin (çalışma olayından 180 gün önce – 30 gün sonra, 55 km yarıçap) odak mekanizması haritasında her odak küresi bir moment tensörü çözümüdür. Mw, çözümü yayımlayan kurumun moment tensörü büyüklüğüdür ve gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. Küre rengi çalışma olayına göre zamanı (yeşil önce, kırmızı çalışma olayı, siyah sonra), çapı büyüklüğü taşır. Küreler alt yarıküre eşit alan izdüşümündedir; mavi çizgi dış merkeze en yakın fay izi, ince kırmızı çizgiler haritalanmış diri fay izleridir. Zaman sınıfları bir pencere kuralından gelir ve bir yorum değildir. Arama penceresi raporun analiz penceresinden farklıdır (moment tensörleri ve Mw: Global CMT, Ekström vd., 2012; izdüşüm: Lambert alt yarıküre eşit alan).*



Şekil 5b. *Harita statik Coulomb gerilme değişimini (ΔCFS) gösterir (kırmızı artış, mavi azalma; ±2,0 bar). ΔCFS Wells ve Coppersmith (1994) kaynağının kaynakla eş yönelimli alıcıda (s/d/r = 89°/67°/−148°), 6,1 km derinlikte, μ′ = 0,40 ile hesaplanmıştır. Yıldız dış merkezdir; dörtgen kaynağın yüzey izdüşümüdür (kalın kenar üstte); çizgiler ΔCFS konturlarıdır. Mor çizgiler diri fay izleridir; renk çubuğundaki çentikler kontur düzeyleridir; altlık gri tonludur, renkler yalnız ΔCFS'indir (ΔCFS: Okada, 1992; King vd., 1994; altlık [gri tonlu]: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; diri faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).*



Şekil 5c. *Coulomb nokta sınaması, izleyen olayların kendi hiposantrlarında hesaplanan ΔCFS değerlerinin dağılımını verir. İzleyen olay konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır. Kırmızı çubuklar yük artışını, mavi çubuklar gerilme gölgesini, gri bant iki eşik arasındaki yansız aralığı gösterir; siyah çizgi en uygun yönelimli düzlem için aynı dağılımdır; kesik gri basamak, boş modelin çubuk toplamına ölçeklenmiş dağılımıdır (eşik 0,1 bar = 0,01 MPa: Hardebeck vd., 1998).*



Şekil 5d. *ΔCFS'in iki bileşeni ayrı panellerde gösterilmiştir: solda makaslama gerilmesi değişimi Δτ, sağda fay düzlemine dik normal gerilme katkısı μ′·Δσn (ΔCFS = Δτ + μ′·Δσn; Δσn çekme artı, artı değer fayın kenetlenmesinin azalmasıdır). 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 9 normal, 2 eğik/karma 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 yükleme, 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, USGS moment tensörü çözümlerinin karşılaştırması Tablo 6'da verilmiştir.

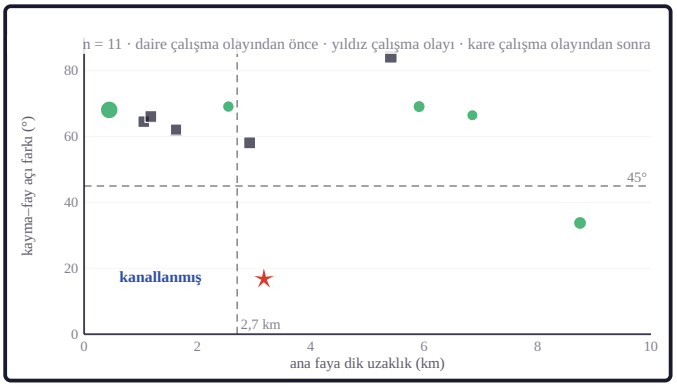
OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

27.10.2025 tarihinde 19:48:29 UTC'de Sındırgı (Balıkesir) çevresinde, 39,1969°K, 28,2006°D koordinatlarında (AFAD çözümü), odak derinliği 6,1 km olan Mw 6,1 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Aynı olay için USGS çözümü (Global CMT kaydının başvurduğu hiposantr) 39,1937°K–28,2425°D konumunu vermektedir; iki dış merkez arasındaki fark 3,6 km'dir. Bu değer kurumlar arası dış merkez farkıdır, bir konum hatası kestirimi değildir; konuma dayanan uzaklık ölçüleri bu farktan daha ince yorumlanmamıştır.

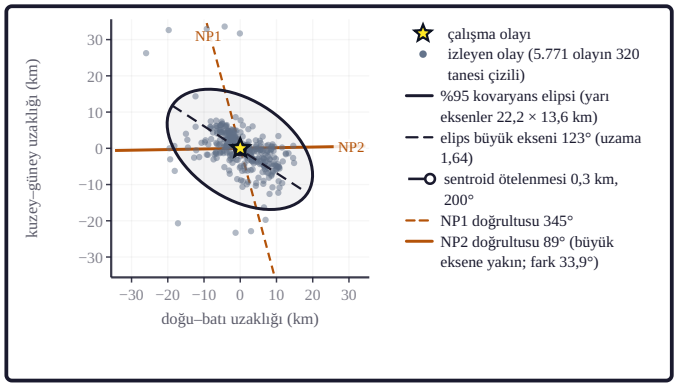
Pencere kataloğunda, M ≥ 3,0 büyüklüğünde ve en az iki kurumun çözdüğü 290 olayda farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 1,8 km, yüzde doksanlık değeri 4,7 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 54 km); bu ölçü de kurumlar arası farktır ve eşleştirme toleransına koşulludur. Olayın moment tensörü sentroid derinliği 12,0 km'dir (GCMT, çözülemeyen sentroid derinliğini sığ olaylarda 12 km'de sabit tutar; bu değer çözülmüş bir derinlik olmayabilir); künyedeki odak derinliği (6,1 km) ile birlikte iki değer de sığ odak sınıfına düşer (h < 70 km). Uzak ağ çözümleri (INGV; derinlik 9,2 km · GSI; derinlik 14,0 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Olayın katalog kaydı GFZ, AFAD, EMSC, USGS, INGV, GSI, ISC ve KOERI çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr AFAD çözümüdür. Moment ölçeğindeki 4 kurum kaydı Mw 6,0–6,1 aralığındadır (en büyük fark 0,1 birim); GCMT moment büyüklüğü Mw 6,07 olarak verilmektedir. Öteki ölçeklerdeki kayıtlar (KOERI ML 6,0) aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Aktarılmış çözüm (ISC Mw 6,1; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum ölçümü sayılmamıştır. Uzak ağ çözümleri — GSI Mw(Mwp) 6,1; INGV Mwp 6,0 — derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmamıştır. Konum çözümünün yayımlanmış tek kalite ölçüsü şudur: varış artığı RMS = 0,43 s. Yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ) bu katalogda yayımlanmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

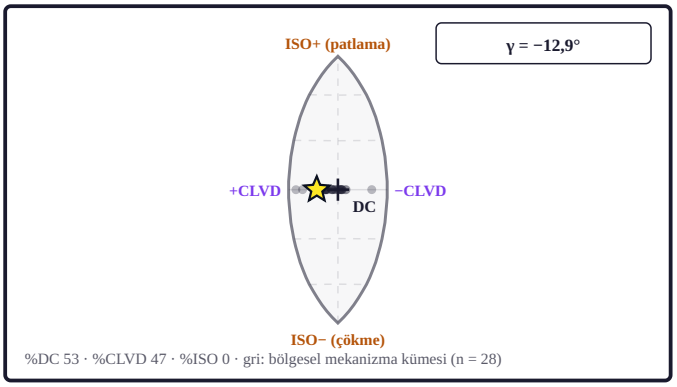
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



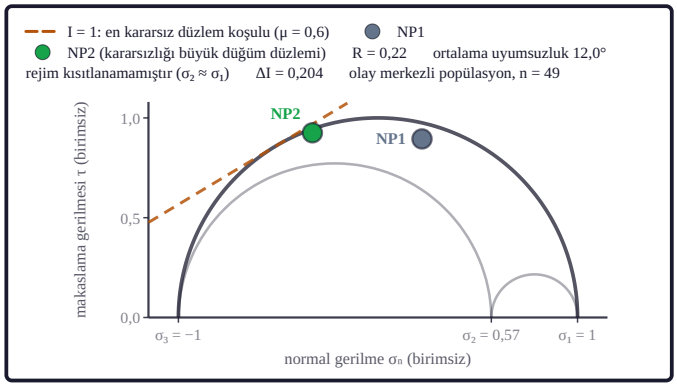
Şekil 6a. *Yatay eksen dış merkezin ana faya dik uzaklığını, düşey eksen kayma–fay açı farkını gösterir. Her nokta bir odak mekanizmasıdır. Şekil sismik kayma kanallanmasını gösterir. Düşey eksendeki açı yerel fay doğrultusu ile sismik kayma vektörü azimutu arasındaki dar açıdır, yatay eksen dış merkezin ana fay yüzeyine dik uzaklığını taşır. Kesikli çizgiler dört bölgeyi ayırır — sol alt "kanallanmış" (kayma ana fay yüzeyine yakın ve onunla eş-eksenli), sağ alt "paralel ama kanallanmamış", sol üst "yakın ama paralel olmayan", sağ üst "dağınık". Simge biçimi olayın zamanını (daire öncü, yıldız çalışma olayı, kare artçı), rengi zaman sınıfını, boyutu büyüklüğü taşır. Bölge adları bir sınıflama aracıdır, fizik iddiası değildir; ayrıca dik uzaklık dış merkez konum hatasını ve fay izinin çizim hassasiyetini de taşır, bu yüzden birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanmamalıdır (Mekanizmalar: Global CMT · fay izleri: MTA Türkiye Diri Fay Haritası [Elmacı vd., 2026] · kayma vektörü: Aki ve Richards [2002] sözleşmesi).*



Şekil 6b. *Çalışma olayına göre yerel yatay düzlemde (doğu ve kuzey artı, km; iki eksen aynı ölçekte) izleyen olay bulutu gri noktalarla, %95 kovaryans elipsi koyu çizgiyle gösterilmiştir; elips bulutun ağırlık merkezine oturur ve yıldız çalışma olayıdır. Kesikli koyu doğru elipsin büyük eksenidir; çalışma olayından çıkan ince çizgi ve içi boş daire izleyen olayların sentroidinin ötelenmesidir. Turuncu doğrular çalışma olayının düğüm düzlemlerinin doğrultularıdır; büyük eksene doğrultuca yakın olan düz, öteki kesikli çizilmiştir. Uzama oranı 1'e yaklaştıkça bulut izotroplaşır ve yön kestirimi zayıflar; elips ölçüleri lejanttadır (telesismik ikinci moment ölçüsünün izleyen olay konumlarına uyarlanmış vekili: McGuire vd., 2002).*



Şekil 6c. *Tape ve Tape kaynak tipi lune'unda sarı yıldız bu olayın moment tensörünü, artı imi saf çift kuvvet (DC) merkezini gösterir. Çerçeve γ ∈ [−30°, +30°] ve δ ∈ [−90°, +90°] aralığının Hammer eşit alan izdüşümüdür; kesikli yaylar δ = 0, ±30° ve ±60° enlemleridir. Sağ ve sol kenarlar ±CLVD uçları, kutuplar izotropik patlama ve çökme uçlarıdır. Gri noktalar bölgesel mekanizma kümesinin çözümleridir; alt satırdaki yüzdeler DC/CLVD/ISO ayrışımıdır (lune: Tape ve Tape, 2012; ayrışım: GCMT tensöründen).*



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

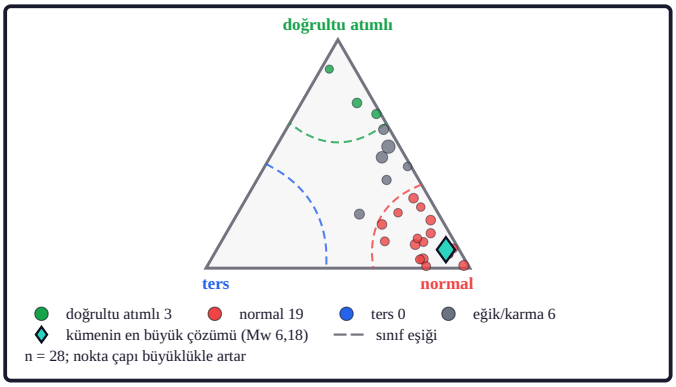
Şekil 6a–6d: Olayların 5 tanesi ana fay yüzeyine 2,7 km'den yakın, 2 tanesi ise kaymanın fay doğrultusuyla 45°'den az açı yaptığı çözümlerdir; iki koşulu birlikte sağlayan çözüm yoktur; kanallanmış bölge boş kalır (Şekil 6a). Dikey sınır dik uzaklık ortancasına en yakın kutu kenarı (2,7 km), yatay sınır 0–90° aralığının ortasına oturan kutu kenarıdır (45°). Çalışma olayının kayma açısı raporun benimsediği düğüm düzleminden (NP2) alınmıştır; öbür çözümlerde birinci düğüm düzlemi kullanılır. Bölge adları bir sınıflama aracıdır, fiziksel bir iddia taşımaz ve sınırlar figürde yazılıdır. İki kısıt korunmalıdır: dik uzaklık dış merkez konum hatasını ve fay izinin haritalama hassasiyetini birlikte taşır, bu yüzden birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanamaz; kayma azimutu ise iki düğüm düzleminden birine aittir ve diğer düzlem seçilseydi noktaların önemli bölümü bölge değiştirirdi. İzleyen olay bulutu kovaryans elipsinin uzun ekseni boyunca uzamıştır; çalışma olayı izleyen olayların sentroidine yakın konumdadır (Şekil 6b). Elips ve sentroid ölçüleri izleyen olay bulutunun geometrisinden türetilmiş vekil niceliklerdir; dalga formlarından yapılmış bir yönlülük ölçümü değildir. Olayın moment tensörü şekilde izotropik payın sıfır olduğu yatay eksen üzerindedir; bu konum Global CMT çözümünün deviatorik kısıtından gelir, izotropik payın ölçümü değildir (Şekil 6c). Mohr diyagramında NP2 düzlemi sürtünme doğrusuna daha yakındır; kararsızlık ölçütüne göre gerilme alanında kaymaya daha elverişli düzlem odur, ancak bu ölçüt düzlemi tek başına seçmez (Şekil 6d).

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)

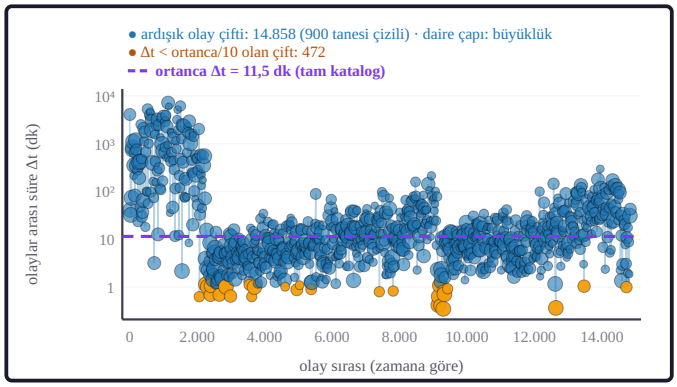
USGS geoserve yer hizmetine göre (sorgu 23.10.2026) olayın Flinn–Engdahl bölgesi Batı Türkiye olarak verilmektedir; USGS'in güncel köken çözümüne göre dış merkez Türkiye'deki Sındırgı'nın yaklaşık 8 km güneydoğusunda, Bigadiç'in yaklaşık 24 km güney-güneydoğusunda ve Gördes'in yaklaşık 29 km kuzeyinde yer almaktadır; uzaklık ve yönler bu çalışmada hesaplanmıştır. USGS ComCat'te bu olay için 2 moment tensörü çözümü yayımlanmıştır (U.S. Geological Survey, 2017): Mww çözümü Mw 6,0 (merkez derinliği 15,5 km, çift kuvvet payı %85) ve Mwb çözümü Mw 6,0 (merkez derinliği 9,0 km, çift kuvvet payı %38); ComCat'in tercih ettiği çözüm Mww çözümüdür; çözümlerin merkez derinlikleri 9,0–15,5 km aralığında kalır; çözümlerin en son güncellemesi 15.01.2026 tarihlidir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

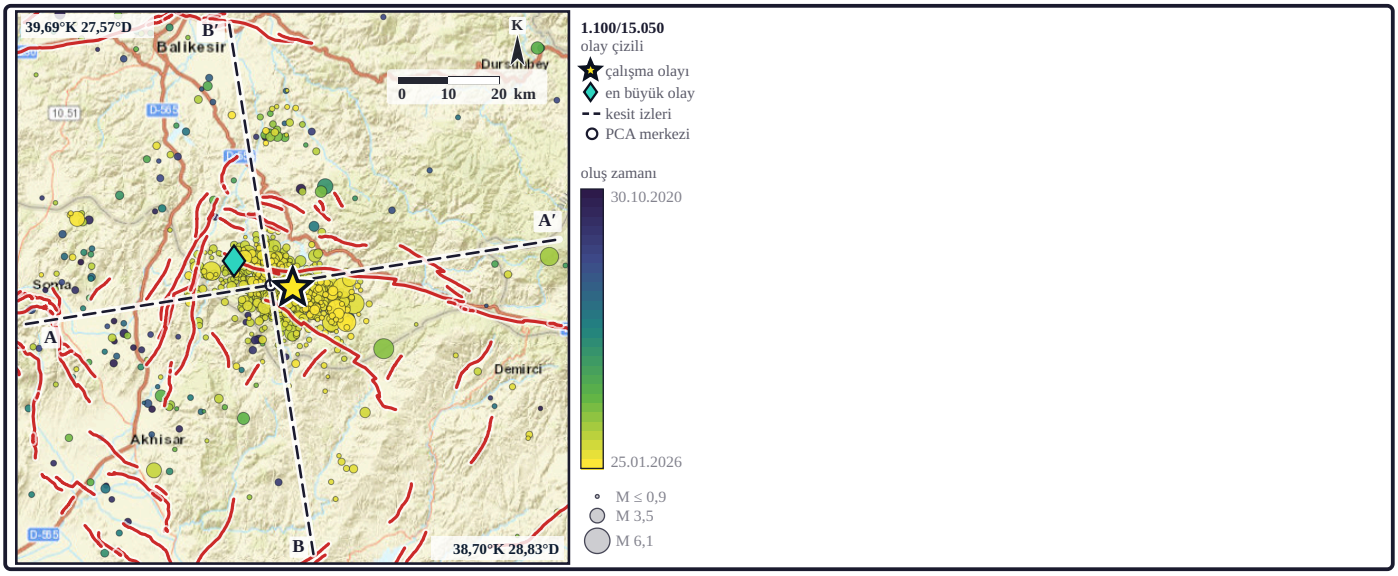
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



Şekil 7a. *Çekinceli sayım: 28 çözümün %68'i normal sınıfındadır (%95 Wilson aralığı %35–89; 8 bağımsız küme). Alt uç %70 baskınlık eşiğinin 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 eşiği aşmayan eğik/karma çözümleri, nokta çapı büyüklüğü, turkuaz elmas kümedeki en büyük çözümü gösterir; sınıf sayımları lejanttadır (Frohlich, 1992 gnomonik üçgeni; Frohlich ve Apperson, 1992 eşikleri; çözümler: Global CMT, Ekström vd., 2012).*



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



Şekil 7c. *Daire rengi oluş zamanını (koyu mor en eski → sarı en yeni), çapı büyüklüğü verir. Öbür imler Şekil 4'teki gibidir.*

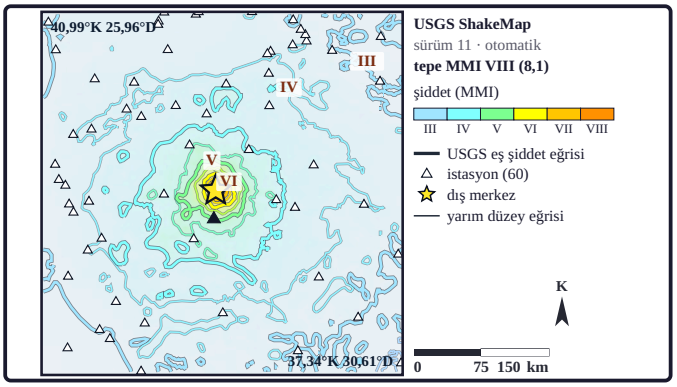
Şekil 7a–7c: Hiçbir eşiği aşmayan 6 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eğik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 7a). Bölgesel mekanizma kümesindeki çözümlerin büyüklükleri Mw 4,67–6,18 aralığındadır; en büyük çözüm normal sınıfındadır. Sınıf sayımı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir. Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 7b). Ortanca bekleme süresi 11,5 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değerin onda birinden kısa 472 aralık ölçülmüştür (14.858 aralıkta); pencere, çalışma olayını izleyen yoğun dizi dönemini arka plan dönemiyle birlikte içerdiğinden seri durağan değildir; tek bir üstel (Poisson) bekleme dağılımıyla kıyas bu karışımda kümelenmeyi ölçmediğinden kurulmamıştır (yoğun dönemdeki kısa aralık açığı büyük olayların kodasından ve katalogdaki algılama ölü zamanından da kaynaklanabilir). Dış merkezler oluş zamanına göre renklendirilerek etkinliğin kadraj içinde nasıl dolduğu gösterilmektedir (15.050 olay; ilk–son olay arası 1.913 gün; Şekil 7c). Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzif ayrımına gidilmemiştir.

KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ

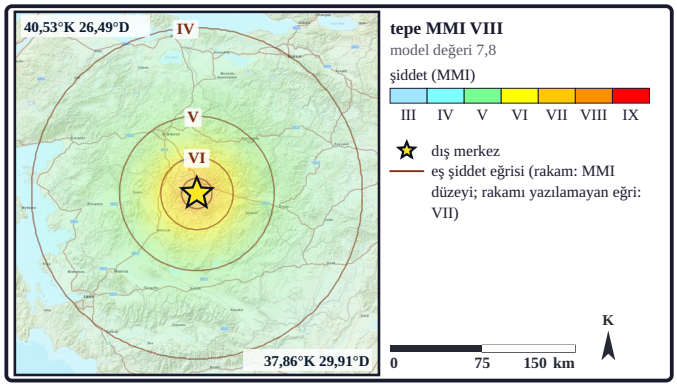
Sismik moment M_0 = 1,616×10¹⁸ N·m'dir (Mw 6,07; GCMT skaler momenti). Bu büyüklükten $\log_{10}E = 1{,}5 \cdot Mw + 4{,}8$ bağıntısıyla türetilen nominal ışınan enerji E ≈ 8,1×10¹³ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5\times10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ışınan enerji değildir. Gerilme düşümü, kaynak dikdörtgeninin boyutlarıyla ve dikdörtgen fay bağıntısıyla $\Delta\sigma \approx$ 0,56–1,6 MPa aralığında kestirilmiştir; alt sınır yüzeye ulaşan, üst sınır derine gömülü kırığa karşılık gelir. Kırığın üst kenar derinliği gözetildiğinde nokta değer $\Delta\sigma \approx$ 0,90 MPa'dır. Duyarlılık sınamasında ampirik ölçekleme dikdörtgeniyle eşit alanlı dairesel çatlak (R = 6,1 km; GCMT M_0 = 1,62×10¹⁸ N·m) 3,1 MPa vermektedir. Birincil kestirimle birlikte incelenen 2 seçeneğin tümünde nokta değer 3,1 MPa, aralığın sınırları 1,2–3,1 MPa arasında kalmaktadır; artçı zonundan türetilen yarıçap kaynak boyutu olmadığından bu aralığa alınmamıştır. Bu aralık yalnız incelenen seçeneklerin yayılımıdır: yayımlanmış öbür boyut seçenekleri (ör. sonlu fay modelinin kendi düzleminin boyutları) yerel arşivde bulunmadığından aralığa girmemiştir; aralık bu nedenle kırık boyutu belirsizliğinin tamamını göstermez. Duyarlılık olarak erken artçı zonu (çalışma olayına uzaklıkların %90 yüzdeliği; ilk 2 gün) üzerinden alınan R = 9,7 km yarıçaplı dairesel çatlak (Eshelby, 1957) $\Delta\sigma \approx$ 0,79 MPa (n = 583 olay) vermektedir; artçı zonu kaynak yarıçapı olmadığından bu değer benimsenen kestirim değildir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

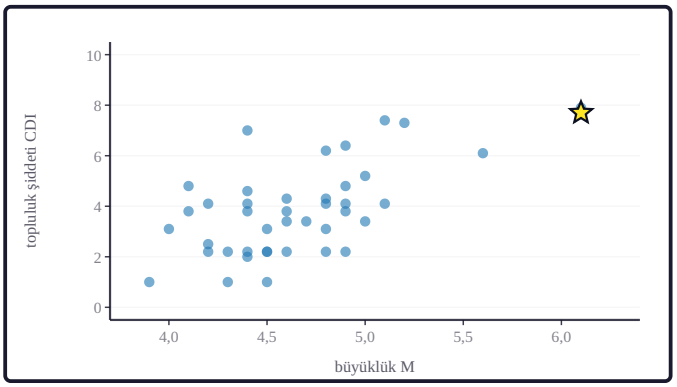
YER HAREKETİ VE ETKİ



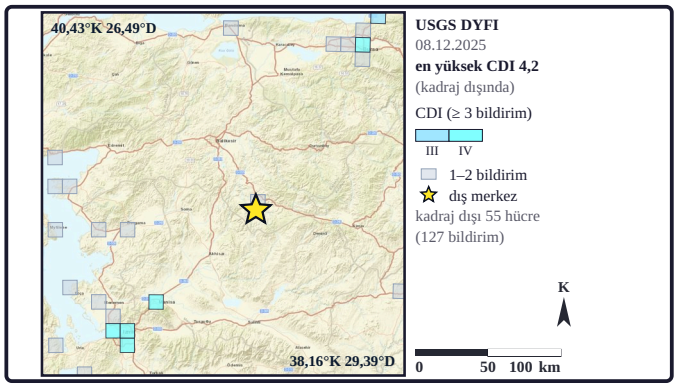
Şekil 8a. *Harita USGS ShakeMap model kestiriminin (sürüm 11; otomatik ürün; 01.12.2025) eş şiddet (MMI) eğrilerini gösterir; ince eğriler yarım düzeylerdir; bu sürümde 257 sismik istasyon kaydından işaretlenmeyen 253'ü ve 147 şiddet gözleminden işaretlenmeyen 8'i yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır; dış merkezin 32 km içinde ShakeMap'in kullandığı sismik istasyon kaydı yoktur; bu alandaki değerler yer hareketi bağıntılarının kestirimidir; üçgenler ShakeMap listesindeki 257 sismik istasyondan kadraj içinde kalan 60'ını gösterir (dolu üçgen: en yüksek PGA); yıldız çalışma olayının dış merkezidir; renkli zemin orta çözünürlüklü USGS ShakeMap şiddet ızgarasının her 3. hücresidir; zeminin en büyük değeri 7,7'dir (ürünün beyan ettiği tepe 8,1) (kurum ürünü: USGS ShakeMap; yöntem: Wald ve Worden, 2020; Worden vd., 2018).*



Şekil 8b. *Harita modellenmiş makrosismik şiddet (MMI) alanını gösterir; yıldız dış merkezdir (şiddet-azalım bağıntısı: Allen vd., 2012).*



Şekil 8c. *Bölgedeki depremlerin topluluk şiddeti (CDI) büyüklüklerine karşı çizilmiştir; yıldız çalışma olayının bildirim kaydıdır (veri: USGS "Did You Feel It?" [DYFI]; yöntem: Atkinson ve Wald, 2007).*



Şekil 8d. *Harita USGS "Did You Feel It?" (DYFI) ürününün (08.12.2025) 10 km'lik hücrelerindeki topluluk şiddetini (CDI) gösterir; CDI hücredeki bildirimlerden hesaplanan gözlem değeridir; ürünün 193 bildiriminin 192'si 79 hücrededir; renkli hücreler en az 3 bildirimli 16 hücredir ve rengi CDI değerinin en yakın tam şiddet düzeyidir; bunlarda en yüksek CDI 4,2 (3 bildirim, hücre merkezi dış merkeze 153 km, kadraj dışında); kadraj dışında 55 hücre (10'u renkli, 9'u şüpheli; 127 bildirim) kalır; dış merkeze en uzak renkli hücre 221 km uzaktadır; gri hücreler 1–2 bildirimlidir ve renklendirilmemiştir; yıldız çalışma olayının dış merkezidir; altlık: Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community (veri: USGS "Did You Feel It?" [DYFI]; yöntem: Wald vd., 2011; eşik: Atkinson ve Wald, 2007).*

Şekil 8a–8d: En yüksek gözlenen yer ivmesi 0,0366 g ile KO.GORD istasyonundadır (Şekil 8a). Şekildeki renkli zeminin (ızgaranın her 3. hücresi) en büyük değeri 7,7'dir. Şekildeki bulut, bölgede DYFI kaydı bulunan 41 olayın bildirilen en büyük topluluk şiddetini (CDI) büyüklüğe karşı vermektedir; yıldız çalışma olayının kaydıdır (Şekil 8c). Bölge bulutunda topluluk şiddeti çalışma olayınınkinden yüksek 1 kayıt vardır (10.08.2025 M 6,1, CDI 7,9, 238 bildirim). CDI gönüllü çevrimiçi bildirimlerden derlenir ve yerleşim yoğunluğuna bağlıdır; aletsel şiddetin yerine geçmez. USGS DYFI ürününde en az 3 bildirimli 16 hücrenin topluluk şiddeti (CDI) 2,1 ile 4,2 arasındadır; en yüksek değer bir hücrede 3 bildirime dayanır ve hücre merkezi dış merkeze 153 km uzaklıktadır (Şekil 8d). Dış merkeze en yakın renkli hücre 94 km uzaklıktadır (CDI 3,8, 5 bildirim). Birkaç bildirime dayanan CDI değerleri gürültülü olduğundan (Atkinson ve Wald, 2007) 1–2 bildirimli 54 hücre renklendirilmemiştir; bu çalışmanın ölçütüyle şüpheli sayılan 9 hücre de renklendirilmemiştir. Gözlenen yer hareketi azalımı (tek olay regresyonu) Tablo 7'de, dalga formu kaydının künyesi Tablo 8'de, USGS ShakeMap istasyonlarında gözlenen ve bağıntılarla kestirilen yer ivmeleri Tablo 9'da, USGS PAGER modelinin şiddet düzeylerine göre kestirdiği maruz nüfus Tablo 10'da, USGS PAGER modelinin yerleşimler için kestirdiği şiddet Tablo 11'de, USGS yer yenilmesi ürününün heyelan ve sıvılaşma model kestirimleri Tablo 12'de, USGS PAGER'ın kıyas için seçtiği tarihsel depremler Tablo 13'te verilmiştir.

Model şiddet alanı, şiddet-azalım bağıntısının uzaklıkla düşen halkalarını harita üzerinde verir; dış merkez yakınında hesaplanan tepe şiddet MMI VIII (model değeri 7,8) düzeyindedir (Şekil 8b). Model hesabına yerel zemin etkisi katılmamıştır; gözlenen şiddet dağılımı bu haritadan değil makrosismik verilerden okunur.

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

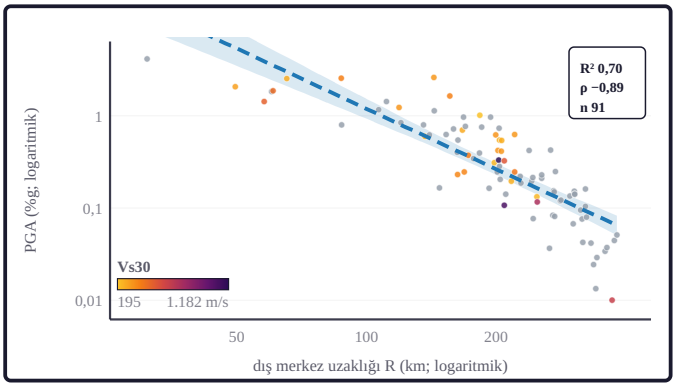
Ampirik ölçekleme (Wells ve Coppersmith, 1994; doğrultu atımlı kolu) Mw 6,07 için 15,7 km yer altı kırık uzunluğu vermektedir; kol, mekanizmanın baskın kayma bileşenine göre seçilmiştir.

ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

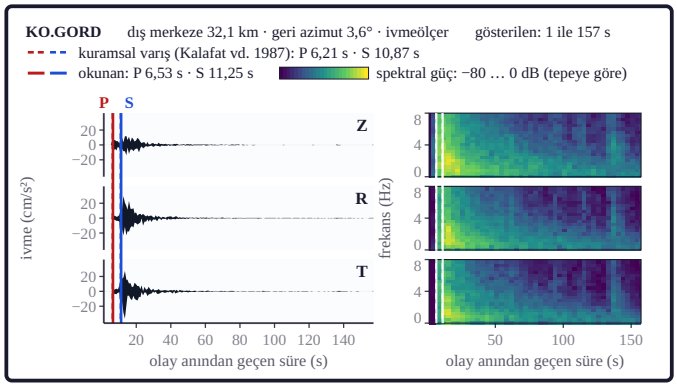
GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açılarıyla 345°/61°/−27° (NP1) ve 89°/67°/−148° (NP2) olarak verilmektedir; kayma NP1 üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü Mw 6,07'dir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

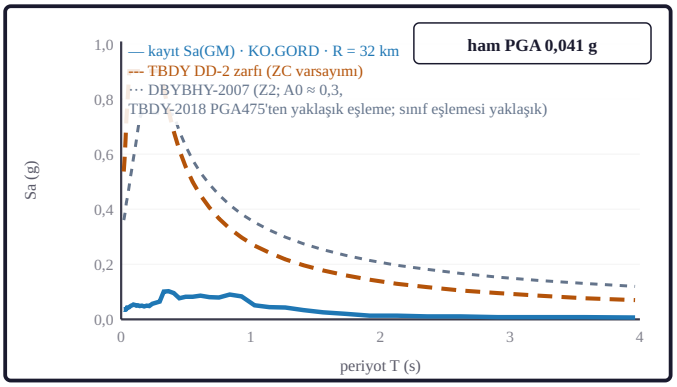
YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM) · GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



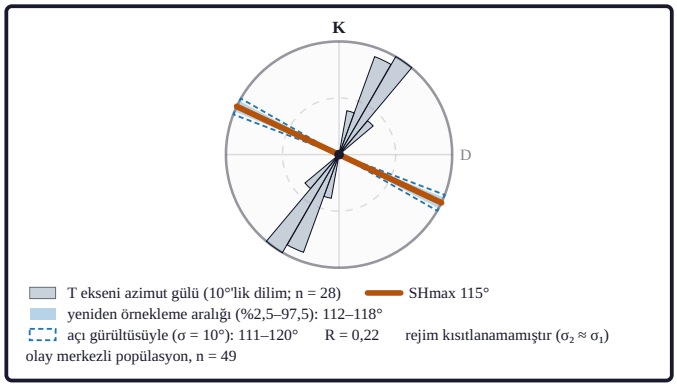
Şekil 9a. *Her iki eksen de logaritmiktir, yatay eksen dış merkez uzaklığı R (km), düşey eksen PGA gösterir. Figür, kayıt istasyonlarında ölçülen en büyük yatay yer ivmesinin (PGA) dış merkez uzaklığıyla azalımını verir ve PGA birimi eksen başlığında yazılıdır. Küçük daireler gözlemdir: her biri bir kuvvetli yer hareketi kaydıdır ve dolgu rengi o istasyonun Vs30 değerini kodlar — açık kehribar yumuşak zemin (düşük Vs30), koyu mor sağlam kaya (yüksek Vs30), gri ise Vs30 ölçümü olmayan istasyondur ve rampanın hiçbir ucuna atanmaz; renk ölçeği sol alttaki şeritte, uçlarındaki sayılar veri aralığının gerçek Vs30 sınırlarıdır. Kesikli mavi doğru modeldir: log PGA = a + b·log R biçiminde en küçük karelerle oturtulan azalım bağıntısı; çevresindeki soluk mavi kuşak bu doğrunun %95 güven bandıdır ve çözümün döndürdüğü band dizisinden olduğu gibi çizilir, yeniden hesaplanmaz (Azalım regresyonu: log-log en küçük kareler + t-kuantili %95 güven bandı [Joyner ve Boore, 1981 geleneği] · sıra korelasyonu: Spearman, 1904 · Vs30/zemin sınıfı: TADAS–AFAD istasyon tablosu).*



Şekil 9b. *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 lejanttadır. Dalga formunda yatay eksen olay anından geçen süre (s), düşey eksen cm/s² birimindedir ve bileşenler ortak ölçektedir; spektrogramda düşey eksen frekans (Hz), renk tepeye göre dB'dir ve üç bileşen ortak renk ölçeğindedir. Yatay bileşenler geri azimuta göre ışınsal (R) ve teğetsel (T) bileşene döndürülmüştür. Genlikler cihaz yanıtı giderilerek fiziksel birime çevrilmiştir. Kesikli düşey çizgiler kuramsal P ve S varışlarını, dolu çizgiler kayıttan okunan varışları gösterir. Kuramsal P, okunan P'den yalnız 0,32 s ayrıldığından, kuramsal S, okunan S'den yalnız 0,38 s ayrıldığından bu ölçekte dolu çizginin altında kalır (kayıt: KO ağı, KOERI veri merkezi, FDSN dataselect; süzgeç: Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı, 0,025–8,0 Hz).*



Şekil 9c. *Yatay eksen periyot T (s), düşey eksen %5 sönümlü spektral ivme Sa (g), mavi eğri kayıt, turuncu kesikli eğri tasarım zarfıdır. Şekil kaydedilen yer hareketinin tepki spektrumunu tasarım zarfıyla karşılaştırır, mavi eğri en yakın ivme-ölçer istasyonunun iki yatay bileşeninin geometrik ortalaması Sa(T), turuncu kesikli eğri aynı sahanın zemin sınıfı ve harita spektral ivme katsayılarıyla kurulan TBDY DD-2 tasarım spektrumu, gri noktalı eğri varsa 2007 deprem yönetmeliğinin (DBYBHY-2007) karşılığıdır; mavi eğrinin turuncu zarfı aştığı periyot bandı, o periyoda denk yapı stoğu için tasarım düzeyinin aşıldığı banttır (Sa: Newmark-β SDOF çözümü, Newmark, 1959; TBDY 2018 tasarım spektrumu; gri eğri: DBYBHY-2007, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı; kayıt: FDSN ham ivme).*

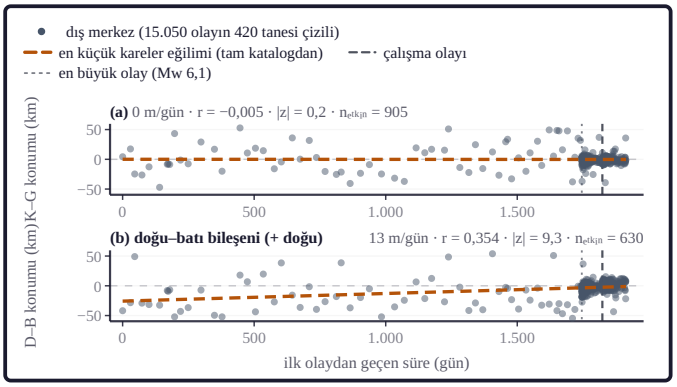


Şekil 9d. *SHmax = 115°; rejim sınıfı kısıtlanamamıştır (R = 0,22; olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu). Kuzeyi yukarıda olan gül diyagramında turuncu çift uçlu eksen gerilme inversiyonundan bulunan SHmax azimutunu, mavi yelpaze bu azimutun %2,5–97,5 yüzdelik aralığını (eksenel olduğundan karşı ucuyla birlikte) gösterir. Kesikli mavi sınır, her mekanizmanın doğrultu, eğim ve kayma açısına σ = 10°'lik rastgele gürültü de eklenerek yinelenen tersinimin aynı yüzdelik aralığıdır (Vavryčuk, 2014). Gri sektörler bölgesel mekanizma kümesinin T ekseni (uzama) azimut gülüdür (10°'lik dilimler; yarıçap sayımın kareköküyle orantılı); kümede normal faylanma salt çoğunlukta olduğundan yatay yön bilgisini T ekseni taşır ve SHmax bu eksene dik beklenir. İç kesikli çember yarı ölçek halkasıdır; şekil oranı R ve rejim sınıfı lejanttadır (SHmax yönü: Lund ve Townend, 2007; rejim sınıfı: Dünya Gerilme Haritası kuralı).*

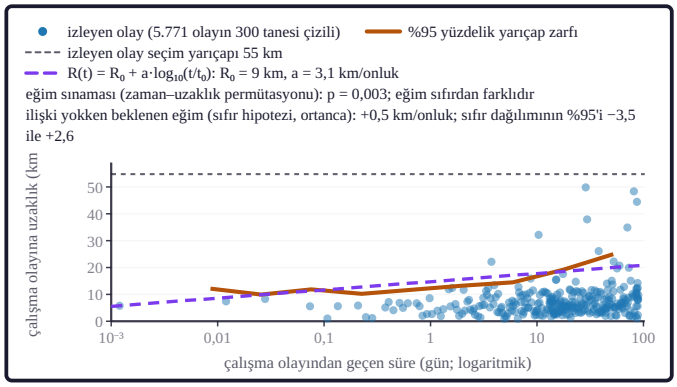
Şekil 9a–9d: Uydurmaya 91 aletsel kayıt girmiştir; topluluk (hissedilirlik) noktaları ayrı simgeyle çizilmiş, uydurmaya dâhil edilmemiştir (Şekil 9a ve 9c). Belirtme katsayısı R^2 = 0,70, artık karekök ortalaması 0,30 logaritmik birimdir. Sıralamaya dayalı Spearman korelasyonu ρ = −0,89; bu ölçüt aykırı değerlere dayanıklıdır ve doğrusallıktan bağımsız olarak azalma eğiliminin tekdüzeliğini sınar. İstasyonların %31,9'unda kayma dalgası hızı eşleştirilebilmiştir; renk kodlaması bu alt kümeye dayanır ve aynı uzaklıkta yumuşak zeminli istasyonların üstte yer alması zemin büyütmesinin doğrudan görüntüsüdür. Bu doğru yayımlanmış bir yer hareketi kestirim denklemi değildir: tek bir olayın kendi istasyon kümesine uydurulmuş ampirik bir doğrudur ve başka olaylara genellenemez. Kayıtta en büyük tepe genlik teğetsel bileşendedir; tepe genliğin düşey bileşendeki değere oranı ışınsal bileşende 1,5, teğetsel bileşende 1,9 olarak ölçülmüştür (Şekil 9b). Şekil oranı uç değerde olduğundan ara asal gerilme σ_2, σ_1'den ayrışmamaktadır; Anderson rejim sınıfı kısıtlanamamış, SHmax yalnız yön sonucu olarak raporlanmıştır (Şekil 9d). Gürültülü yeniden örneklemede kullanılan 10° açı gürültüsü ölçülmüş değil varsayılmış bir mekanizma belirsizliğidir; tek tek çözümlerin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından (GCMT tensör bileşenlerinin standart hataları kullanılmamıştır) gürültülü aralık bu varsayıma bağlıdır. Güldeki T eksenlerinin (n = 28) en kalabalık 10°'lik dilimi 30–40° aralığındadır; bu dilime dik yön ile inversiyonun verdiği en büyük yatay sıkışma yönü arasındaki eksenel fark 10°'dir ve iki yön işletimsel 20° tolerans içinde örtüşmektedir. Gül (bölgesel mekanizma kümesi) ile inversiyon (olay merkezli mekanizma popülasyonu) örtüşen mekanizma örneklemlerine dayandığından karşılaştırma bağımsız bir doğrulama değildir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

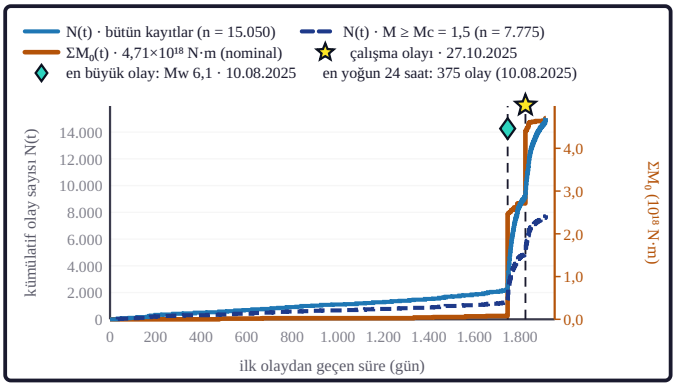
ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



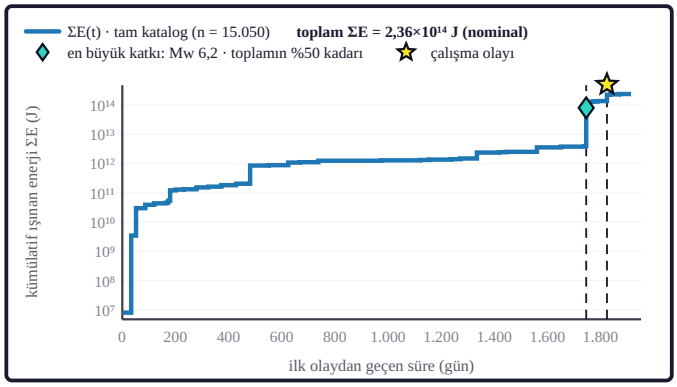
Şekil 10a. *Dış merkez koordinatlarının zaman serisi iki şeritte verilmiştir: (a) kuzey–güney, (b) doğu–batı bileşeni. Düşey eksen pencere kutusunun merkezine uzaklıktır (km; kuzey ve doğu artı) ve iki şerit aynı ölçektedir; yatay eksen pencerenin ilk olayından geçen süredir (gün). Turuncu kesikli doğrular iki bileşenin en küçük kareler eğilimidir; eğim, Pearson korelasyon katsayısı ve etkin örneklem büyüklüğüyle hesaplanan Fisher z değeri şerit başlığındadır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının, noktalı düşey çizgi pencerenin en büyük olayının anını işaretler.*



Şekil 10b. *Mavi noktalar izleyen olayların çalışma olayına uzaklığını çalışma olayından geçen süreye karşı gösterir (yatay eksen logaritmiktir). Turuncu eğri logaritmik zaman kutularında hesaplanan %95 yüzdelik yarıçap zarfıdır. Kesikli yatay çizgi izleyen olayların seçildiği yarıçaptır; uzaklıklar bu sınırı aşamaz. Mor kesikli doğru zarfa oturtulan $R(t) = R_0 + a \cdot \log_{10}(t/t_0)$ modelidir; katsayılar ve eğim sınamasının ölçüsü lejanttadır (logaritmik zamanda genişleme deseni; zarf %95 yüzdelik).*



Şekil 10c. *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 ($M_0 = 10^{\wedge}[1{,}5 \cdot M + 9{,}1]$ N·m; 9,1 sabiti Kanamori, 1977).*



Şekil 10d. *Mavi basamak eğrisi kümülatif ışınan sismik enerjidir (ΣE, logaritmik eksen). Kesikli düşey çizgiler çalışma olayını ve en büyük tek katkıyı işaretler (Gutenberg ve Richter, 1956 enerji bağıntısı).*

Şekil 10a–10d: Dış merkez koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 10a). Kuzey–güney ve doğu–batı bileşenleri kutu merkezine göre kilometre cinsinden aynı ölçekte verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Olaylar zaman ekseninde dengesiz dağılmıştır (2.200 olaylık çizim örnekleminin ilk yarısında 160, ikinci yarısında 2.040 olay); bu dağılımda eğim birkaç uç olayın kaldıracıyla belirlenir ve korelasyon katsayısıyla birlikte okunmadan yorumlanmamalıdır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının, noktalı düşey çizgi pencerenin en büyük olayının anını işaretler. İzleyen olay bulutunun yarıçap zarfı logaritmik zamanla genişlemektedir; zarfın eğimi sıfırdan anlamlı biçimde büyüktür (Şekil 10b). Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 10c). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 7,9 olay/gün düzeyindedir; M ≥ Mc eğrisindeki dikleşmeler, tamlık eşiği üstündeki olayların kendi ortalama hızının belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Kümülatif ışınan enerji basamakları, toplam boşalımın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 10d). Pencerede ışınan toplam enerji 2,36×10¹⁴ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden). Pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 14'te, raporlanmayan çözümlemeler ve eleme gerekçeleri Tablo A3'te, çekince düşülen çözümlemeler ve çekince gerekçeleri Tablo A4'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A5'te verilmiştir.

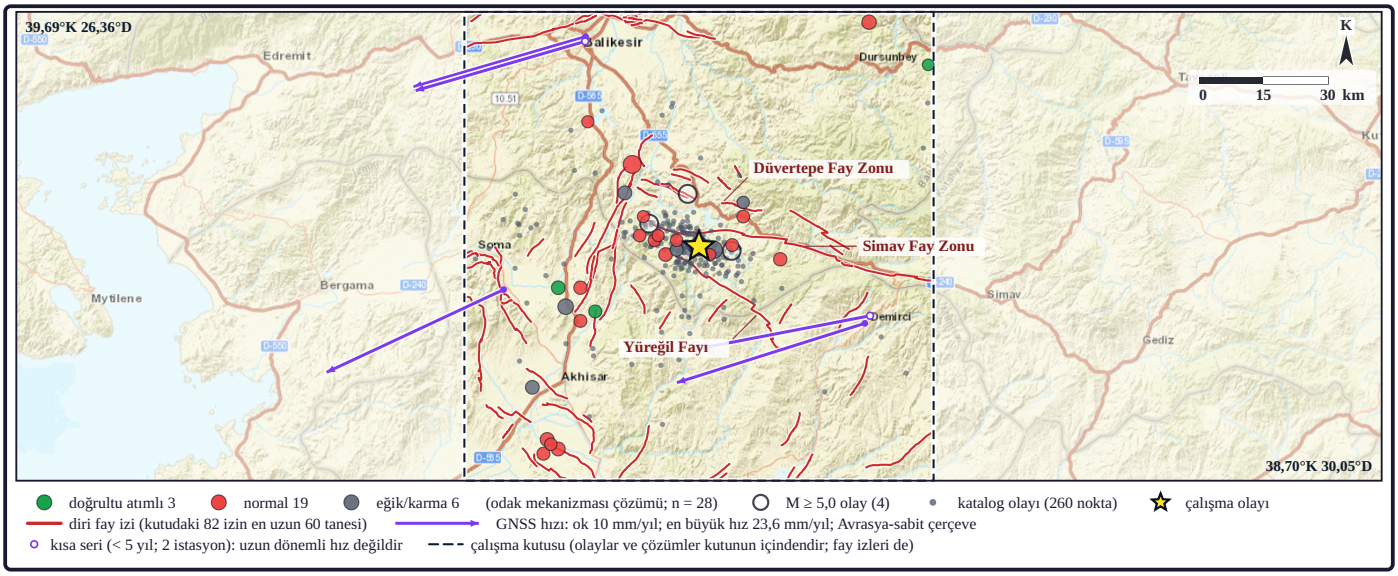
ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ (DEVAM)

Moment tensörünün asal eksenlerinin (P, T, B) dalımları (39°, 4°, 51°) Frohlich ve Apperson (1992) eşiklerinin (B > 60°, P > 60°, T > 50°) hiçbirini aşmadığından mekanizma tek bir faylanma sınıfına atanmamıştır. Kayma açılarına göre kaymanın doğrultu boyunca bileşeni NP1 düzleminde %89, NP2 düzleminde %85 düzeyindedir: kayma iki düzlemde de ağırlıkla doğrultu atımlıdır. GCMT deviatorik moment tensörünün özdeğer ayrışımı %DC = 53,3, %CLVD = 46,7 vermektedir (lune boylamı γ = −12,9°; %ISO = 0 ve δ = 0 değerleri ölçüm değil, GCMT çözümünün deviatorik kısıtı gereğidir).

Olayın |%CLVD| değeri bölgesel mekanizma kümesindeki 28 çözümün %89 yüzdeliğinde olup dağılımın üst çeyreğindedir, ancak bu çalışmanın belirginlik eşiğinin (%90 yüzdelik) altında kalmaktadır (kümenin ortanca %DC değeri 83,5); tensör bileşenlerinin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından CLVD payı kaynak karmaşıklığı olarak yorumlanmamıştır. Ayrışım olayın kendi GCMT çözümü (±180 s eşleşmesi) tensöründen hesaplanmıştır. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan yinelemeli gerilme inversiyonu (olay merkezinden ±1,2°; kataloğun bütün dönemi, çözüm yılları 1979–2026; n = 49; ortalama uyumsuzluk 12,0°) en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 115° (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: 112–118°) olarak vermektedir; gerilme şekil oranı R = 0,22 (0,09–0,35). SHmax değeri bir yön sonucudur: R = 0,22 değerinde ara asal gerilme σ_2, σ_1'den ayrışmadığından Anderson rejimi bu inversiyonla kısıtlanamamıştır. Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Bölgesel mekanizma kümesinin (aynı dönem; n = 28) çözümleri Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle (B dalımı > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; geri kalanı eğik/karma) sınıflanmış ve Frohlich (1992) üçgeninde gösterilmiştir: 3 doğrultu atımlı, 19 normal, 0 ters ve 6 eğik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf normal faylanmadır: 28 çözümün 19'u (%68) bu sınıftadır. Oranın %95 Wilson (1927) aralığı %35–89'dur; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrılan 8 bağımsız kümeye göre hesaplanmıştır. Aralığın alt sınırı (%35) bu çalışmanın baskın sınıf nitelemesi için aradığı işletimsel eşiğin (%70) altında kaldığından küme tek sınıflı olarak nitelenmemiştir. Eşik kullanmayan en dik eksen sınıflamasında sayım 6 doğrultu atımlı, 22 normal ve 0 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.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

BÖLGESEL TEKTONİK ÇERÇEVE



Şekil 11. *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 lejanttadır). İçi boş halkalar M ≥ 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 11: Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını bölgesel fay sistemleri ve 5 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 11). Vektörler istasyonların levha-sabit çerçevedeki uzun dönemli hızlarıdır; pencere içindeki dizinin anlık deformasyonunu göstermez. Seri süresi 5 yıldan kısa BAL1, DEI1 istasyonlarının hızı kısa seriden kestirilmiştir; uzun dönemli hız olarak okunmamalıdır ve şekilde içi boş istasyon imiyle gösterilmiştir. Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri 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, 55 km yarıçapta ve Mw ≥ 4,0 eşiğinde 11 çözüm bulunmuştur; 5 çözüm çalışma olayından önceki döneme, 1 çözüm çalışma olayının kendisine, 5 çözüm olaydan sonraki döneme aittir. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: çözümlerin 11'i dizinin 55 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi içindedir. Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla dağılım 9 normal, 2 eğik/karma çözüm biçimindedir. Mekanizmaların haritalı ana faya dik uzaklığı 0,4–8,7 km aralığında olup ortancası 2,9 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 = 49) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle mekanizma karışımı 6 doğrultu atımlı, 32 normal, 0 ters ve 11 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukarıdaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

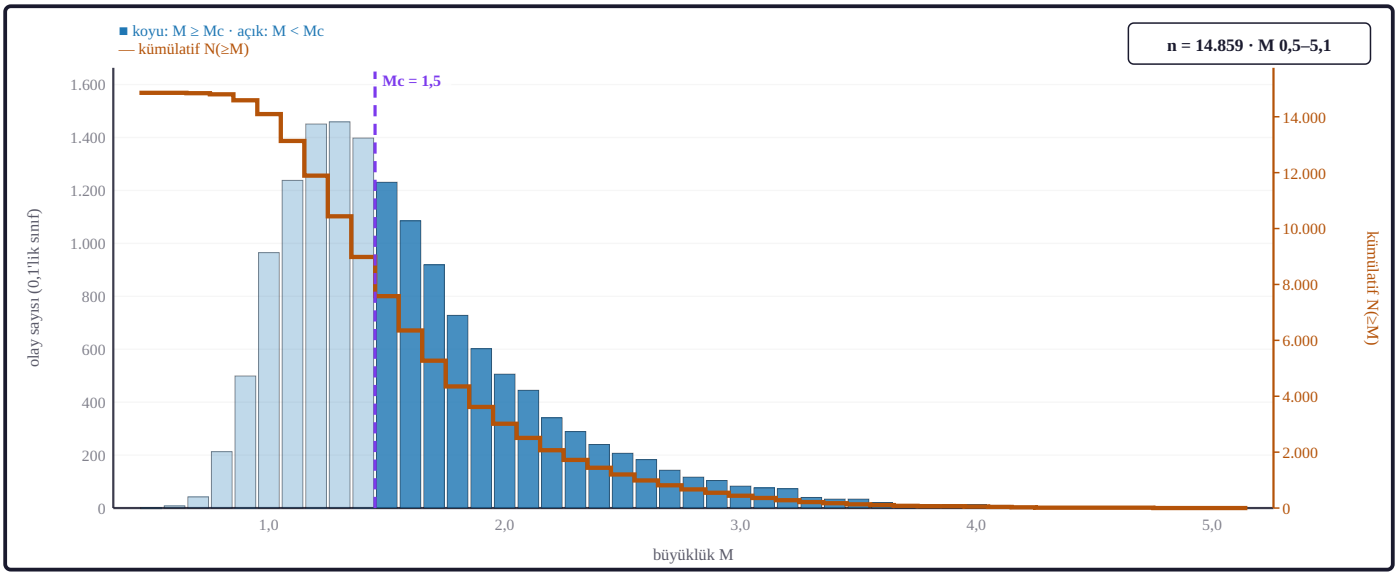
Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı 58,0 × 55,8 km boyutundadır (uzun × kısa eksen); olayların %95'i 4,6–15,9 km derinlik bandındadır (%2,5–97,5 yüzdelik); kayıtların önemli bölümü sabit derinlikli olduğundan bandın tabanı sismojenik kalınlık olarak yorumlanmamıştır (sabit derinlik payı Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir). İzleyen olay bulutunun uzun ekseni 123° doğrultusundadır (%95 güven aralığı 120–126°); uzama oranı 1,64'tür (n = 5.771). İzleyen olay kümesinin yatay boyutu 33,0 × 20,4 km olarak ölçülmüştür. İzleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden bulut ölçüleri çalışma olayının kendi artçılarına özgülenemez ve bu çekinceyle okunmalıdır. Aynı bulutun %95 kovaryans elipsinin yarı eksenleri 22,2 ve 13,6 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 0,3 km olarak ölçülmüştür (oran 0,01; azimut 200°); izleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden bu oranla kırılmanın tek ya da çift taraflılığı hükme bağlanmamıştır. İzleyen olay uzanımına en yakın düğüm düzlemi NP2 olup doğrultu farkı 33,9°'dir; izleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden bu yakınlık düzlem seçiminde kanıt sayılmamıştır.

Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri I(NP1) = 0,771 ve I(NP2) = 0,975 olup aradaki fark 0,204 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 eşiğin üzerindedir; bu ölçüte göre kırık düzlemi adayı NP2'dir. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (14 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda (n = 35) I(NP1) = 0,750 ve I(NP2) = 0,982 bulunmuştur; düzlem tercihi aynı kalmaktadır.

DİZİ İSTATİSTİĞİ

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde, 55 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 11.467 izleyen olay kaydedilmiştir; bunların en büyüğü M 5,1 büyüklüğündedir. Çalışma olayı, kendisinden önce kaydedilen ve kendisinden büyük bir depremin uzay–zaman penceresi içindedir: 10.08.2025 tarihli Mw 6,2 (çalışma olayından 78,1 gün önce, dış merkezine 13 km uzaklıkta). Aradaki süre bu çalışmanın süren dizi zaman tavanını (30 gün) aşmaktadır; ancak çalışma olayından önceki 28,8 günde 55 km yarıçaplı alandaki olay oranı (27,8 olay/gün) arka plan oranının (1,07 olay/gün) 26 katıdır; bu çalışmanın işletimsel ölçütünde (oranın %95 alt sınırı arka planın en az 3 katı) bu durumda dizi sürmektedir. Bu nedenle 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, 55 km yarıçaplı izleyen olay sayım alanında çemberin içindeki en erken öncülün (10.08.2025 tarihli Mw 6,2) zamanından olay sonrası gözlemin sonuna kadar kaydedilen olayların toplam sismik momentiyle kurulmuştur (çalışma olayından önce 1.015, sonra 5.771 kayıt; öbür kayıtların momenti katalog büyüklüğünden, moment büyüklüğü sayılarak): çalışma olayı bu toplamın %41 kadarını taşımaktadır. Yalnız çalışma olayı ve onu izleyen kayıtlar sayıldığında pay %81 olur; bu değer öncülleri dışarıda bıraktığından dizinin moment payı olarak kullanılmamıştır. İzleyen olayların (M ≥ 1,4) günlük oranı, ilk ölçüm aralığında (3,6–8,1 gün) günde 94 olaydan (%95 güven aralığı 84–110) son ölçüm aralığında (40–90 gün) günde 15,2 olaya (%95 güven aralığı 14–17) inmiştir; ilk aralıktaki oran son aralıktakinin 6,2 katıdır (%95 güven aralığı 5,4–7,0) ve azalma kesin Poisson güven sınırlarıyla (Garwood, 1936) istatistiksel olarak ayırt edilebilir düzeydedir; ilk 49 saatin kaydı eksik olduğundan ilk ölçüm aralığı kaydın tamlaştığı andan sonraki ilk aralıktır. Omori–Utsu sönüm yasası $n(t) = K/(t + c)^p$ bu diziye en büyük olabilirlik yöntemiyle (Ogata, 1983) uydurulmuştur (n = 3.394 olay, 90 günlük pencere); p ve c değerleri bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiştir. Değerlerin verilmemesinin gerekçesi ilk saatlerdeki katalog eksikliğidir. Uydurma çalışma olayından başlamaktadır; tamlık eşiği çalışma olayını izleyen ilk pencerede 2,8'dir ve 1,4 değerine çalışma olayından 48,6 saat sonra inmektedir. İlk saatlerin olay sayısı eksik olduğundan c yukarı yanlı olabilir, p de bu eksiklikten etkilenebilir. Sönüm bu nedenle yalnız yukarıda verilen gözlenen günlük oranlarla betimlenmiştir.

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI



Şekil 12. *Tamlık büyüklüğü Mc = 1,5 olarak benimsenmiştir (azami eğrilik + 0,2 ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %97,6 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı M 5,1 büyüklüğündedir. Mavi çubuklar 0,1 genişliğindeki büyüklük sınıflarına düşen olay sayısıdır (sol eksen); turuncu eğri kümülatif N(≥M) sayımıdır (sağ eksen). Mor kesikli çizgi tamlık büyüklüğüdür; altındaki sınıflar açık dolguludur (tam katalog, n = 14.859).*

Şekil 12: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sınar (Şekil 12). Mc altındaki düşüş fiziksel bir eksiklik değil, ağ duyarlılığının sınırıdır: küçük olaylar meydana gelmiş ancak yeterli istasyonda kaydedilemedikleri için katalogda yer almamıştır. Tüm büyüklük–frekans istatistikleri yalnız Mc üstü örneklemle kurulmuştur; eşik altı veriyi katmak b değerini sistematik olarak düşürürdü. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması Tablo 15'te, USGS ürün çözümlerinin sürümden sürüme değişimi Tablo 16'da, tarihsel eşik üstü depremler Tablo A7'de verilmiştir.

DİZİ İSTATİSTİĞİ (DEVAM)

Çalışma olayı ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı ΔM = 1,0 olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri M 6,1 ve M 5,1); 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. Aynı fark moment tensörü büyüklükleriyle ΔM = 1,13 değerindedir; iki ölçek ayrı ayrı verilmiş, birbirine karıştırılmamıştır. Aynı dizi için büyüklük–frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi M* ≈ 6,3'tür (kestirimde kullanılan b = 0,73; 55 km yarıçaplı dizi penceresinde M ≥ 1,4 olan 3.394 izleyen olay üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Buradaki b, dizi penceresindeki izleyen olaylardan kestirilmiştir: ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle b aşağı yanlı olabilir; b küçüldükçe M* büyüdüğünden kestirim yukarı yanlı olabilir: ilk 48,6 saat dışlanarak kurulan ikinci kestirimde (b = 0,81, olay sonrası dönemin ikinci b kestiriminden; M ≥ 1,4 olan 2.832 izleyen olay) M* ≈ 5,6'dır ve aynı alt listede gözlenen en büyük izleyen olay M 5,1'dir. Reasenberg–Jones dizi modeli çalışma olayını dizinin baş olayı olarak aldığından ve çalışma olayı bu çalışmanın ölçütüyle dizinin en büyük olayı olmadığından modelin olasılıkları bu raporda verilmemiştir. Etkinlik zonunun mekânsal evrimi $R(t) = R_0 + a \cdot \log_{10}(t/t_0)$ biçiminde modellenmiş (Tajima ve Kanamori, 1985); R_0 = 9 km, a = 3,1 km/onluk (zamanın her on katına karşılık yarıçap artışı; boyutsuz oran 0,355, n = 5.771) bulunmuştur. Ölçülebilir log-zaman genişlemesi vardır (zaman–uzaklık permütasyonu p = 0,003; eğimin %95 yeniden örnekleme aralığı 2,1–4,0 km/onluk). Zarf kestiricisi yanlıdır: zaman ile uzaklık arasında ilişki yokken de eğimin ortancası 0,5 km/onluk çıkar; yanlılık düzeltilmiş eğim ise 2,6 km/onluk olarak bulunur. Bu genişleme literatürde deprem sonrası kayma (afterslip) cephesi ya da gözenek-basıncı difüzyonuyla ilişkilendirilir. Seçim yarıçapı sabit (55 km) olduğundan ve dizi oranı zamanla azalırken aynı alandaki arka plan etkinliği sabit kaldığından uzak olayların payı zamanla büyür; zarfın genişlemesinin bir bölümü bu seçim etkisinden kaynaklanabilir ve genişleme fiziksel bir cephe olarak yorumlanmamıştır. R(t) modeli izleyen olay bulutunun istatistiksel sınır evrimini betimler; kırığın fiziksel ilerlemesinin doğrudan ölçümü değildir.

Çalışma olayından önceki 90 günlük pencerede 54,7 km yarıçapta 7.017 olay kayıtlıdır (pencerenin oranı 77,97 olay/gün; pencereden önceki dönemin aynı yarıçaptaki ortalama arka plan oranı 1,07 olay/gün); taban döneminin pencereye bitişik 19 adet 90 günlük kutusunun aşırı yayılımı (VMR = 18,3) hesaba katıldığında negatif binom üst-kuyruk p < 0,001 (Poisson P < 0,001, duyarlılık) ile etkinlik arka plandan istatistiksel olarak ayrışmaktadır ve retrospektif öncü kümesi adayıdır (ampirik sıra muhafızı 19 taban kutusuyla 0,05 düzeyine erişemediğinden karar negatif binom kuyruğuna dayanır; gözlenen sayım taban kutularının tümünü aşmaktadır); ters Omori uydurması arama sınırına dayandığından q raporlanmamıştır. Öncü etiketi yalnızca ana şok gerçekleştikten sonra, geriye dönük konabilir.

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 μ′ = 0,40 ile 6,1 km derinlikte ve 68 × 62 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi ampirik ölçeklemeyle (Wells ve Coppersmith, 1994) kurulan, hiposantr merkezli dikdörtgenden alınmıştır (doğrultu/eğim/kayma 89°/67°/−148°; L = 15,7 km, W = 7,6 km). Bu geometri ölçülmüş bir kırık değil, bir çalışma varsayımıdır. Gözlemsel sınama olarak ΔCFS her izleyen olayın kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 4.062 izleyen olayın 1.741 tanesi (%43) +0,1 bar üzerindeki yükleme alanında, 1.899 tanesi (%47) −0,1 bar altındaki gölge alanında, 422 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 1.709 izleyen olay bu sayımın dışında tutulmuştur. İzleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden sınamanın sayımları çalışma olayının kendi artçılarına özgülenemez ve bu çekinceyle okunmalıdır. Yansız bant eşiği 0,1 bar olarak alınmıştır. Bu eşiğin karşılığı olan 0,01 MPa düzeyinin altındaki statik gerilme değişimlerinin saptanabilecek sayıda olay tetiklemeyebileceği öne sürülmüştür (Hardebeck vd., 1998). Karşılaştırma için bir boş model kurulmuştur: boş model, izleyen olayların yerleşiminin gerilme değişimi alanından bağımsız olduğu varsayımını temsil eden uzamsal karşılaştırma modelidir ve burada olay öncesi sismisitenin konumlarından oluşur. Boş modelde yükleme alanına düşen pay %24 olarak ölçülmüştür (523/2.219); izleyen olay payı ile boş model payı arasındaki fark 19,3 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı 16,9 ile 21,6 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 mertebe betimlemesi olarak okunmalıdır. En uygun yönelimli alıcı düzlemlerle yapılan sayım bir bölgesel gerilme alanı varsayımı gerektirir: SHmax doğrultusu 126° ve doğrultu atımlı rejim çalışma olayının kendi mekanizmasından, gerilme şekil oranı 0,5 varsayılan değer olarak, diferansiyel gerilme 100 bar olarak alınmıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

Bu bölgesel alan varsayımıyla (SHmax 126°; şekil oranı 0,5; 100 bar) sayım 1.693 yükleme, 1.968 gölge ve 401 yansız bant biçimindedir; diferansiyel gerilme 10 bar alındığında 3.014 yükleme, 669 gölge ve 379 yansız bant elde edilir (iki sayım arasında sınıfı değişen olay sayısı 1435). Varsayılan bölgesel alan, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonundan çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (14 çözüm) dışlanarak (n = 35) elde edilen alandan (SHmax = 113°, şekil oranı 0,23) farklıdır; birincil sayımda bu çalışmanın kuralı gereği çalışma olayının kendi mekanizmasından türetilen alan kullanılmış, inversiyon alanı duyarlılık olarak ayrıca sınanmıştır: aynı diferansiyel gerilmeyle inversiyon alanı 2.237 yükleme, 1.507 gölge ve 318 yansız bant vermektedir (sınıfı değişen olay sayısı 886). Sayım varsayılan gerilme büyüklüğüne ve gerilme alanının seçimine bu ölçüde bağlı olduğundan yorumlanmamıştır. Sayımların kaynak derinliği seçimine duyarlılığı da ölçülmüştür: kaynak dikdörtgeni GCMT moment tensörü sentroid derinliğine (12,0 km) ortalandığında izleyen olayların 2.306 tanesi yükleme, 1.779 tanesi gölge alanına, 544 tanesi yansız banda düşmektedir (benimsenen 6,1 km merkez derinliğinde 1.741, 1.899 ve 422); kaynak üstünde kaldığı için sayım dışı tutulan izleyen olay sayısı 1.709 yerine 1.142 olur. Bu karşılaştırma bu çalışmanın işletimsel duyarlılık sınamasıdır; iki derinlik arasındaki fark, sayımların kaynak geometrisi varsayımına ne ölçüde bağlı olduğunu gösterir. Sonlu kaynak dikdörtgeni 89°/67°/−148° geometrisinde kurulmuştur (NP2; 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. Alanın büyük bölümü küçük genliklidir: ızgaranın yalnız %17 kadarında |ΔCFS|, bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır. Düğüm değerlerinin ortancası −0,0027 bar, %5–95 aralığı −0,33 ile 0,11 bar arası, %1–99 aralığı −3,3 ile 0,42 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 Δτ ve fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta\sigma_n$ ($\Delta CFS = \Delta\tau + \mu' \cdot \Delta\sigma_n$). 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 Reasenberg, 1988) hesaplanmış; 36×36 düğümlü haritada 1.146 düğümde oran artışı (β > 2), 40 düğümde sismik gölge (β < −2) ölçülmüştür (ana şok öncesi 5 yıl, sonrası 90 gün fiilî gözlem; yalnız kuramsal beklenen sayımı E ≥ 1 olan 1.296 düğüm değerlendirilmiştir; n = 14.859). Bu sayımlar tekil düğüm eşiğine göredir: 1.296 düğüm birlikte sınandığında, gerçek bir değişim olmasa dahi her yönde yaklaşık 30 düğümün eşiği yalnız şans eseri aşması beklenir; düğümler örtüşen toplama yarıçapları nedeniyle bağımsız da değildir. Tekil düğüm sayısı bu nedenle tek başına anlamlılık kanıtı sayılmamıştır. Model loblarıyla örtüşme kanıt niteliğindedir, öngörü değildir.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM

Olay merkezli bölgesel kataloğun b değeri raporlanmamıştır: uydurulan üstel yasa dağılımın üst kuyruğunu betimlememektedir (M ≥ 5,0 için yasadan beklenen olay sayısı 18,1 iken katalogda 4 olay bulunmaktadır; binom olasılığı < 0,001, bu çalışmanın işletimsel eşiği 0,01). Gerekçe ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde verilmiştir. Tarihsel eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta M ≥ 6,0 (17 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca 5,0 ≤ M < 6,0 (28 kayıt); toplam 45 kayıt. Yakın kuşaktaki M ≥ 5,0 kayıtların sayısı 31'dir; bunların 3'ü M ≥ 6,0 büyüklüğündedir ve ilk ölçütte sayılmıştır. Derlemedeki en büyük olay 1953 yılında, dış merkeze 119 km uzaklıkta gerçekleşen M 7,3 depremidir. Derlemenin öteki büyük kayıtları şunlardır: 1970 M 7,2 (113 km); 1919 M 7,0 (47 km); 1964 M 6,8 (123 km); 1969 M 6,8 (75 km). Derlemenin dış merkeze 20 km'den yakın 5 kaydı şunlardır: 28.10.1942 M 5,3 (8,2 km); 21.09.2025 M 5,0 (13 km); 10.08.2025 M 6,2 (13 km); 07.10.1969 M 5,4 (17 km); 03.09.1972 M 5,1 (20 km). Gardner–Knopoff uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış bağımsız M ≥ 6,1 olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce 4 kez gözlenmiştir (126 yıllık gözlem süresi). Bağımsız olayların ortalama yinelenme aralığının %95 güven aralığı 12–120 yıldır (kesin Poisson sınırları: Garwood, 1936). Kataloğun bu büyüklükteki tamlık başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi kataloğun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca M ≥ 6,1 için tam varsayılmıştır; varsayım sınanamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlı olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde 55 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlık eşiğinde (M ≥ 1,6) 4.487 olay kaydedilmiştir; bu sayı 49,9 olay/gün oranına karşılık gelir. Çalışma penceresinden önceki ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık arka plan dönemi (30.10.2015 – 28.10.2020) aynı dairede ve aynı eşikte 5.713 olay içermektedir; bu dönemin oranı 3,1 olay/gün düzeyindedir. Oran katı 16'dır (%95 güven aralığı 15–17); 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 (ilk pencerede tamlık eşiği 2,8) olay sonrası sayım ve dolayısıyla oran katı alt sınırdır; güven aralığı bu eksikliği taşımaz. Olaydan önceki 365 günün aynı dairedeki oranı da arka planın üzerindedir (5,4 kat; %95 güven aralığı 5,3–5,6): pencere önceki bir dizinin sönümünü de içerdiğinden oran farkı yalnız bu olayın dizisine bağlanmamıştır. 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 eşiğinde (Mc = 1,8) yeniden kestirilerek kıyaslanmıştır: pencere b = 0,83 ± 0,01 (N = 4.349; belirsizlik kestiricisi: Aki, 1965), arka plan b = 0,88 ± 0,02 (N = 4.938; belirsizlik kestiricisi: yeniden örnekleme). Fark |Δb| = 0,05, birleşik belirsizlik 0,02 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını (0,04) aştığından iki dönem b bakımından ayrışmaktadır (fark, birleşik belirsizliğin 2,5 katıdır). Birleşik belirsizlik yalnız örnekleme belirsizliğini taşıdığından bu ayrışma, b değerinde fiziksel bir değişimin kanıtı olarak yorumlanmamıştır. İki dönem zamanda örtüşmemektedir. Arka plan dönemi çalışma kutusunda 3 büyük depremi ve dizilerini içermektedir (tarihsel derlemeden: 22.01.2020 M 5,6; 18.02.2020 M 5,1; 26.06.2020 M 5,2). Bu depremlerin Gardner–Knopoff zaman pencereleri (0,8, 0,4 ve 0,5 yıl) arka plan döneminin zamanca %15'ini kapsadığından dönemin olay sayısı ve oranı, ayrıştırılmış (bağımsız) sayım dâhil, bu dizilerden etkilenir; arka plan oranı bu nedenle dizilerden arınmış bir taban değildir.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk %10 ve son %10 olay (her dilimde 1.505 olay) arasında 17,7 km yer değiştirmiştir (azimut 94°; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.243,2 gün; ortalama 14 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 91° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 3°'dir (ağırlık merkezi farkı pencerenin iki ucunu, regresyon bütün pencereyi tartar). Eğilimin anlamlılığı, kümelenmeye karşı etkin örneklem büyüklüğüyle (n_{etkin}; Gardner–Knopoff bağımsız küme sayısı ile birinci dereceden öz bağlanım ve öz ilişki düzeltmelerinin en küçüğü) ve Fisher z dönüşümüyle sınanmıştır: kuzey–güney bileşeninde r = −0,005, n_{etkin} = 905 ile |z| = 0,2; doğu–batı bileşeninde r = 0,354, n_{etkin} = 630 ile |z| = 9,3. En büyük |z| değeri 1,96 eşiğini aştığından eğilim istatistiksel olarak sıfırdan ayrışmaktadır; 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, 15.050 olayın kümülatif eğrisinin eşit aralıklı 800 noktalık örneği üzerinde yapılmıştır. Bölütleme 8 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 1.745 gün, 1,3 olay/gün; 5,4 gün, 304,9 olay/gün; 13 gün, 162,8 olay/gün; 28 gün, 81,1 olay/gün; 32 gün, 30,6 olay/gün; 4,5 gün, 233,9 olay/gün; 19 gün, 121,8 olay/gün; 66 gün, 36,0 olay/gün. Pencerenin toplam sismik momenti $4{,}71\times10^{18}$ N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; GCMT çözümü bulunan öbür 15 olay toplama GCMT skaler momentiyle girmiştir; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki payı %34'tür. Moment bütçesinin üst kanalında (M ≥ 5,1) 3 olay toplam nominal momentin %85 kadarını, kalan 15.047 olay %15 kadarını taşımaktadır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI

USGS ShakeMap'in (sürüm 11; otomatik ürün; 01.12.2025) model kestirimine göre tepe şiddet MMI 8,1, en büyük yer ivmesi (PGA) 0,655 g ve en büyük yer hızı (PGV) 47,2 cm/s olarak hesaplanmıştır (Wald ve Worden, 2020); bu sürümde 257 sismik istasyon kaydından işaretlenmeyen 253'ü ve 147 şiddet gözleminden işaretlenmeyen 8'i yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır (Worden vd., 2018); 4 sismik istasyon kaydı ile 139 şiddet gözlemi ShakeMap tarafından işaretlenmiştir; dış merkezin 32 km içinde ShakeMap'in kullandığı sismik istasyon kaydı yoktur; bu alandaki değerler yer hareketi bağıntılarının kestirimidir. Haritada KothaEtAl2020ESHM20 yer hareketi bağıntıları (ShakeMap yapılandırma adları) kullanılmıştır; yer hareketi–şiddet dönüşümü için Worden vd. (2012) bağıntısı uygulanmıştır; ShakeMap'in kendi belirsizlik derecesi C olarak verilmiştir. ShakeMap istasyon listesinde en yüksek gözlenen PGA 0,0366 g ile KO.GORD istasyonundadır (hiposantra 33,2 km); en yüksek PGA'lı 10 istasyonun 5 tanesinde gözlem bağıntı kestiriminin üstünde, 5 tanesinde altındadır. Topluluk şiddeti verisi (USGS “Did You Feel It?”, DYFI) 193 bildirim ile topluluk ondalık şiddeti (CDI) 7,7 değerini vermektedir. USGS ShakeMap model şiddeti MMI 8,1 olarak yayımlanmıştır; topluluk değerinin en yüksek ucu en az 3 bildirim eşiğini karşılamadığından iki değer arasında kıyas kurulmamıştır. Topluluk şiddeti ve model şiddeti değerleri ürünlerin 23.08.2026 16:54:18 UTC'deki durumuna aittir; bildirim sayısı ve şiddet değerleri sonraki güncellemelerle değişir. USGS DYFI ürününde (08.12.2025) en yüksek topluluk şiddeti CDI 7,7, yalnız Sındırgı (2 bildirim) yerleşiminden gelir; en az 3 bildirimli yerleşimlerde en yüksek değer Kütahya'da (3 bildirim) CDI 4,2 olarak hesaplanmıştır (Wald vd., 2011). Birkaç bildirime dayanan değerler gürültülüdür (Atkinson ve Wald, 2007). USGS PAGER (sürüm 10; 17.11.2025) model kestirimine göre MMI VII ve üzeri şiddete maruz kalan nüfus yaklaşık 25 bin kişidir; can kaybı uyarı düzeyi sarı (ölüm sayısının en az 1.000 kişi olma olasılığı %1’den az) ve ekonomik kayıp uyarı düzeyi sarı (kaybın en az 1 milyar ABD doları olma olasılığı %4,3); bu kestirim ShakeMap sürüm 10 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 11). PAGER değerleri USGS modeli kestirimidir (can kaybı modeli: Jaiswal ve Wald, 2010; ekonomik kayıp modeli: Jaiswal ve Wald, 2013); sayım ya da gözlenmiş kayıp değildir. USGS PAGER'ın model kestirimine dayanan uyarı yorumu (U.S. Geological Survey, 2017; sürüm 10; 17.11.2025; özgün dilde): “Yellow alert for shaking-related fatalities and economic losses. Some casualties and damage are possible and the impact should be relatively localized. Past yellow alerts have required a local or regional level response.” “Estimated economic losses are less than 1% of GDP of Turkey.” USGS PAGER'ın yapı stoku yorumu (özgün dilde): “Overall, the population in this region resides in structures that are a mix of vulnerable and earthquake resistant construction. The predominant vulnerable building types are adobe block and dressed stone/block masonry construction.” USGS PAGER'ın tarihsel kıyas yorumu (özgün dilde): “A magnitude 7.6 earthquake 241 km northeast of this event struck Kocaeli, Turkey on August 17, 1999 (UTC), with estimated population exposures of 1,263,000 at intensity VIII and 396,000 at intensity IX or greater, resulting in a reported 17,439 fatalities.” Yorumdaki uzaklık PAGER'ın kendi kayıtlarıyla tutmamaktadır; PAGER'ın girdi kökeni ve tarihsel kaydındaki koordinatlara göre anılan 17.08.1999 depremi PAGER'ın girdi kökeninden 225 km uzakta ve kuzeydoğu yönündedir (azimut 39°). USGS yer yenilmesi ürününe (ground failure; sürüm 10; 17.11.2025) göre heyelan modeli (Nowicki Jessee vd., 2018) sarı uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı heyelan alanını yaklaşık 3,7 km² (±0,76) ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 78 kişi (±15) olarak, sıvılaşma modeli (Zhu vd., 2017) yeşil uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı sıvılaşma alanını yaklaşık 0,42 km² (±0,1) ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 45 kişi (±12) olarak kestirmektedir; bu kestirim ShakeMap sürüm 10 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 11). Yer yenilmesi değerleri USGS modeli kestirimidir; gözlenmiş heyelan ya da sıvılaşma envanteri değildir.

Şiddet-azalım bağıntısıyla (Allen vd., 2012) modellenen alan, dış merkez yakınında MMI VIII düzeyinde tepe şiddet vermektedir (hesap odak derinliği 6,1 km); MMI IV eşiği dış merkezden yaklaşık 134 km uzaklığa kadar aşılmaktadır. Modelde yerel zemin etkisi ayrıca hesaba katılmamıştır. Bu çalışmanın şiddet-azalım modeliyle (Allen vd., 2012) kestirilen tepe şiddeti (MMI 7,8), topluluk gözleminin en yüksek değeri en az 3 bildirim eşiğini karşılamadığından bu değerle kıyaslanmamıştır; tek tek az bildirimli hücrelerle kurulan uyum bir doğrulama sayılmaz. KO.GORD istasyonunun (R = 32,1 km, Manisa) ham ivme kaydından, sayaç değerleri kanal duyarlılığıyla fiziksel birime dönüştürülerek %5 sönümlü elastik tepki spektrumu SDOF sayısal integrasyonuyla (Newmark-β yöntemi; Newmark, 1959) hesaplanmıştır. Yatay bileşenlerin geometrik ortalaması T = 0,36 s periyodunda Sa = 0,10 g tepe değerine ulaşmakta, süzgeçsiz ham kayıtta zemin ivmesi PGA = 0,041 g ölçülmektedir (kayıt kaynağı: KOERI). KO.GORD istasyonunun tepe yer ivmesi işlem türüne göre farklıdır: süzgeçsiz ham kayıtta 0,0410 g, 0,025–8,0 Hz süzgeç sonrası yatay tepe değeri 0,0375 g ve USGS ShakeMap'in işlenmiş istasyon değeri 0,0366 g; değerler aynı kaydın farklı işlemlerinden gelir. İstasyonun 5 km yakınında TADAS zemin kaydı bulunmadığından Vs30 ve zemin sınıfı eşlenmemiştir (azalım şekliyle aynı eşleme kuralı; bu çalışmanın işletimsel ölçütü); tasarım spektrumu ZC sınıfı varsayımıyla ve harita parametreleri Ss = 0,751, S_1 = 0,184, 475 yıllık PGA = 0,312g (en yakın TADAS noktası 4505, 9,9 km) ile kurulmuştur. TBDY-2018 DD-2 elastik tasarım spektrumu (ZC, SDS = 0,901g, SD1 = 0,276g, TA = 0,061 s, TB = 0,306 s) ile kıyaslandığında KO.GORD kaydında gözlenen/tasarım oranı en çok 0,28 olarak ölçülmüştür; zarf bu kayıtta hiçbir periyot bandında aşılmamıştır. Fiziksel tutarlılık denetiminden geçen 5 istasyonun her biri kendi zemin sınıfının tasarım spektrumuyla kıyaslandığında en büyük gözlenen/tasarım oranı 0,28'dir (KO.GORD, R = 32,1 km, T = 0,93 s, ZC sınıfı); zarf hiçbir istasyonda aşılmamıştır. Çevredeki 4 ivme-ölçer istasyonu ana istasyonla birlikte 32–58 km gibi dar bir uzaklık aralığındadır (0,26 onlu); bu aralıkta PGA'nın uzaklıkla azalımı gözlenmemektedir (Spearman ρ = −0,90, p = 0,08, n = 5). Kayıt ağının tamamı kullanıldığında yer hareketinin uzaklıkla azalımı doğrudan ölçülebilmektedir: 91 kuvvetli yer hareketi kaydına oturtulan $\log_{10}\mathrm{PGA} = a + b\cdot\log_{10}R$ doğrusu a = 4,42 ± 0,35, b = −2,17 ± 0,15 vermekte, açıklanan değişkenlik R^2 = 0,70 olmaktadır (uzaklık aralığı 31–381 km, 1,1 onlu). Uzaklık–genlik ilişkisinin sıra korelasyonu Spearman ρ = −0,89'dur (n = 91, p < 0,001); negatif işaret uzaklık arttıkça ivmenin düştüğünü doğrular. Bu doğru bu olaya özgü gözlenen azalımdır; yayımlanmış bir yer hareketi kestirim denklemi (GMPE) değildir ve başka olaylara uygulanamaz. Spektral karşılaştırma geçmiş yer hareketinin mühendislik değerlendirmesidir; yapısal karar için sahaya özel zemin etüdü esastır.

DALGA FORMU KAYDI

Olayın dalga formu KO.GORD istasyonunda kaydedilmiştir (dış merkez uzaklığı 32,1 km, geri azimut 4°; algılayıcı: ivmeölçer) ve 3 bileşen (Z, R, T) 100 Hz örnekleme sıklığıyla incelenmiştir. Kayıt KOERI veri merkezinin FDSN dataselect 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 31 s önce başlar ve 599 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. Işınsal (R) ve teğetsel (T) bileşenler, yatay kanalların geri azimut açısıyla döndürülmesinden elde edilmiştir; kanal yönelimi istasyon üstverisinden alınmıştır. Cihaz yanıtı giderilmiştir (kutup–sıfır aktarım işleviyle); genlikler cm/s² biriminde verilmiştir. Kuramsal P ve S varışları oluş anından 6,21 s ve 10,87 s sonradır (Kalafat vd., 1987 hız modeli). 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 6,53 s'dedir (kuramsal değerden farkı +0,32 s; sinyal/gürültü oranı 58.000). S varışı 11,25 s'de okunmuştur (sinyal/gürültü oranı 11); S−P süresi 4,72 s'dir (kuramsal değeri 4,66 s; fark +0,06 s). S okuması benimsenen konuma göre kurulan pencerede arandığından bu süre bağımsız bir konum ölçüsü sayılmamıştır. P dalgasının parçacık hareketinden, kovaryans matrisinin özvektörleriyle (Jurkevics, 1988), ölçülen geri azimut 279°, benimsenen konumdan hesaplanan 4°'dir (fark 85°; ölçümün kendi saçılımı ±26°; doğrusallık 0,96). Fark bu çalışmanın işletimsel eşiğini (30°) aşmaktadır; ancak bu sapmanın konumdan kaynaklanması için dış merkezin en az 32 km ötelenmesi gerekir ve bu, 8 kurum çözümünün benimsenen konuma en büyük uzaklığının (4,2 km) bu çalışmanın işletimsel ölçütü olan 3 katını aşmaktadır. Sapma bu nedenle konumdan çok algılayıcı yönelimi, kutupluluk ya da istasyon üst verisi kaynaklı olabilir; ölçüm üst veri şüphesiyle değerlendirilmiş ve polarizasyon konum sınamasında kullanılmamıştır. Bağımsız konum sınaması, dış merkeze en yakın istasyonların kayıtlarında konumdan bağımsız okunan P varışlarının kuramsal varış zamanından farkıyla (P artığı) 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.GORD (32,1 km) +0,32 s; KO.AKS (48,7 km) +0,14 s; KO.SOMA (57,6 km) +0,10 s. P artığı benimsenen oluş zamanına, odak derinliğine ve kullanılan tek boyutlu hız modeline de bağlıdır; bu nedenle ölçü yalnız konum hatasına bağlanmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

USGS ETKİ ÖZETİ (ÖZGÜN DİLDE)

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

Etki özeti (impact-text; 15.01.2026; bildirilen etkilerin USGS derlemesidir, bu çalışmanın sayımı değildir): “At least 42 people injured and 83 buildings damaged in Manisa; 26 people injured and 80 buildings damaged in Balikesir.”

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

27.10.2025 tarihli Sındırgı (Balıkesir) depremi (Mw 6,1; odak derinliği 6,1 km) meydana gelmiştir; dış merkeze en yakın haritalı faylar Simav Fay Zonu'nun Sındırgı Fayı parçası (22-1) (3,2 km) ve Yüreğil Fayı (4,4 km) olarak belirlenmiştir. Çalışma olayı, Mw 6,2 (78,1 gün önce, 13 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 %41 kadarını taşımaktadır. GCMT moment tensörü çözümü (M_0 = 1,616×10¹⁸ N·m; Mw 6,07) 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 %53 düzeyindedir. Kaynak dikdörtgeninin boyutlarıyla gerilme düşümü 0,56–1,6 MPa aralığında, üst kenar derinliği gözetildiğinde 0,90 MPa olarak kestirilmiştir. İzleyen olay bulutunun uzun ekseni 123° doğrultusundadır. 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 çözümlemeler şunlardır: USGS sonlu fay modelinin moment hızı fonksiyonu, USGS artçı deprem kestirimi ve en yakın komşu kümelenme, bu olay için gerekli veri kullanılan kaynaklarda bulunmadığından kurulamamış; kosismik yatay yer değiştirme karşılaştırması, kosismik düşey deformasyon alanı ve kayma modelinin yüzey izdüşümü, sonlu fay modelinin kayma dağılımı yerel arşivde bulunmadığından kurulamamıştır. Çözümlemelerin rapora girişi önceden tanımlı ölçütlerle belirlenmiştir: verisi bulunmayanlar yukarıda sayılmıştır (veri yeterliliği); aradığı büyüklük ya da geometri koşulunu sağlamayan (ölçek/geçerlilik), örneklemi ya da gözlem süresi bu çalışmanın alt sınırının altında kalan (istatistiksel güç) ve yöntemin kendi ölçütüyle güvenilir bulunmayan (yöntemin kendi güvenilirlik beyanı) 6 çözümleme raporlanmamış ve gerekçeleriyle birlikte ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde listelenmiştir; örneklemi, belirsizliği ya da girdi verisi eşiğe yakın kalanlar elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır. Çekinceyle raporlanan çözümlemeler şunlardır: Omori–Utsu artçı sönümü, Reasenberg–Jones artçı dizisi oranı, yinelenme aralığı (nadirlik), mekanizma sınıflarının dağılımı (Frohlich üçgeni) ve bağımsız konum sınaması. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlemelerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 28.10.2020 – 25.01.2026 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 15.050 kayıt üzerinden üretilmiştir (sonuç kümesi sınırla kesilmiştir; sayımlar alt sınırdır). Kurum hiposantrları yeniden konumlandırılmamıştır; konum ve derinlik belirsizlikleri kurum çözümlerinin kalitesiyle sınırlıdır. Katalog tamlığı zamanla ve büyüklükle değişmektedir; uzun dönemli sayımlara dayanan ölçüler (tarihsel derleme, yinelenme aralığı, arka plan oranı) erken dönem kayıtlarının eksikliğinden etkilenir.

VERİ ERİŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem kataloğu, 28.10.2020 – 25.01.2026 dönemi için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (AFAD, KOERI, ISC, EMSC, GFZ, NOA); 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), KOERI (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, 1971), ISC (International Seismological Centre, t.y.), EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre, t.y.), GFZ (GEOFON Data Centre, 1993) ve NOA (National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens, 1975). Pencere kataloğunun kurumlarına ek olarak çalışma olayının kurum çözümlerinde GSI, INGV ve USGS (U.S. Geological Survey, 2017); tarihsel derlemede NIEP (National Institute for Earth Physics, 1994) kayıtları kullanılmıştır; doğrulanmış künyesi bulunmayan kurumlar yalnız adıyla verilmiştir.

Tarihsel derlemenin büyüklükleri, kayda birleşik arşivde bağlı bir ISC-GEM raporu varsa onun moment büyüklüğüdür (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018); yoksa kaydın moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik kataloğun temsilci değeridir (45 kaydın 30 tanesinde ISC-GEM). Moment tensörleri Global CMT kataloğundandır (Dziewonski vd., 1981; Ekström vd., 2012). Tepki spektrumunun ivme kaydı KO ağının (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, 1971) KO.GORD istasyonundandır. İstasyon zemin parametreleri (Vs30, zemin sınıfı) ivme istasyonuna en yakın AFAD TADAS istasyonundan (4505, 9,9 km uzakta) alınmıştır (AFAD, t.y.); bu istasyon Türkiye ulusal kuvvetli yer hareketi ağına aittir (Disaster and Emergency Management Authority, 1973). Birleşik çok-kaynaklı katalog, bu çalışmada kurum çözümlerinin çapraz-kaynak tekilleştirilmesiyle derlenmiş türetilmiş bir üründür; kaynakçada ayrı bir eser olarak listelenmez. Harita altlığı karoları için sağlayıcının istediği atıf: “Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community” (erişim: 29.10.2026). GNSS hız vektörleri Nevada Geodetic Laboratory'nin (NGL) MIDAS hız ürünündendir (Blewitt vd., 2016, 2018) (erişim: 29.10.2026). Dalga formu kaydı (KO.GORD) KOERI veri merkezinin FDSN dataselect servisinden alınmıştır; istasyon, Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) künyeli KO ağına aittir (erişim: 29.10.2026). Topluluk şiddeti verisi USGS “Did You Feel It?” ürününden ve model şiddeti USGS ShakeMap ürününden, uyarı düzeyi USGS PAGER ürününden alınmıştır (erişim: 29.10.2026). Levha sınırları sayısal levha sınırı modelindendir (Bird, 2003). Tarihsel derlemede yer künyesi ülke adından ibaret olan ya da Latin dışı yazılmış kayıtların yer adları GeoNames yerleşim veritabanından (cities1000 yerleşim dosyası ve admin1CodesASCII idari birim çizelgesi; geonames.org) (GeoNames, t.y.) alınmıştır (CC BY 4.0; erişim: 26.10.2026).

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (AFAD, KOERI, ISC, EMSC, GFZ, NOA) ilgili kurumların kendi yayım ve kullanım koşullarına tabidir; bu çalışma ham katalog kayıtlarının yeniden dağıtımını yapmaz, yalnız türetilmiş istatistikleri, şekilleri ve çizelgeleri yayımlar. Diri fay katmanı, harita altlığı karoları ve yardımcı veri setleri de kendi sağlayıcılarının koşullarıyla bağlıdır — bu veriler için yeniden kullanım izni doğrudan sağlayıcıdan alınmalıdır. Diri fay katmanının kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): MTA resmî yayını — kaynak gösterilerek kullanım. Levha sınırı modelinin kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): ODC-BY 1.0. Tarihsel büyüklüklerin kaynağı olan ISC-GEM kataloğunun kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): CC BY-SA 3.0 (Unported). Kaynakçadaki veri setinin kullanım koşulu: GeoNames geographical database (cities1000, countryInfo) (GeoNames, t.y.) — CC BY 4.0, sağlayıcı beyanı. © 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN. Bu raporun metni, şekilleri, haritaları, çizelgeleri ve hesap sonuçları yazarın özgün çalışmasıdır; tüm hakları saklıdır. Yazarın yazılı izni olmadan çoğaltılamaz, değiştirilemez, yayımlanamaz ve ticari amaçla kullanılamaz. Bilimsel çalışmalarda kaynak gösterilerek kısa alıntı yapılabilir. Üçüncü taraf verilerinin lisansları saklıdır: ISC-GEM kataloğundan türetilen veri çizelgeleri CC BY-SA 3.0 koşullarına tabidir.

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ

Tablo 2. Kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr.

Kurum	Oluş zamanı (UTC)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	M	Tür	Çözüm durumu	Arşive alınma (UTC)
AFAD*	27.10.2025 19:48:29	39,1969°K	28,2006°D	6,1	6,1	Mw	—	22.08.2026 18:45
KOERI	27.10.2025 19:48:28	39,1900°K	28,1988°D	10,9	6,0	ML	—	27.10.2026 20:58
USGS	27.10.2025 19:48:28	39,1937°K	28,2425°D	8,0	6,0	Mww	gözden geçirilmiş	23.08.2026 16:54
EMSC	27.10.2025 19:48:28	39,1839°K	28,2308°D	6,0	6,0	Mw	—	22.08.2026 19:45
GFZ	27.10.2025 19:48:29	39,233°K	28,187°D	10,0	6,0	Mw	—	22.08.2026 18:23
ISC (NEIC)	27.10.2025 19:48:28	39,1937°K	28,2425°D	8,0	6,1	Mw	aktarılmış çözüm; konumu USGS ile özdeş	28.08.2026 17:10
INGV	27.10.2025 19:48:30	39,2186°K	28,2173°D	9,2	6,0	Mwp	uzak ağ çözümü	25.08.2026 01:02
GSI	27.10.2025 19:48:30	39,1734°K	28,1949°D	14,0	6,1	Mw(Mwp)	uzak ağ çözümü	25.08.2026 03:04

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği 687395). Benimseme sırası: olağan çözümler aktarılmış ve 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. Aktarılmış çözüm: ISC'nin başka bir kurumdan aktardığı çözüm (parantezde üreten kurum); uzak ağ çözümü: bölgesel ağın kendi hizmet bölgesi dışındaki çözümü; konumu USGS ile özdeş: enlem, boylam ve derinlik USGS çözümüyle birebir aynıdır (bağımsız konum çözümü sayılmaz). Kısaltma: GSI Geological Survey of Israel. Değerler kurumun bildirdiği ondalıkladır ("—": alan kayıtta yok). "Arşive alınma", raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 29.10.2026 13:40 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

Tablo 3. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	58,0 × 55,8 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 15.050)
İzleyen olay bulutu (uzun × kısa)	33,0 × 20,4 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · izleyen olay bulutu (n = 5.771)
Derinlik bandı	4,6–15,9 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay bulutu ana ekseni	123° (%95: 120–126°)	ana bileşen ekseni · izleyen olay bulutu · uzama 1,64 (kovaryans elipsinin yarı eksen oranı)
Kesit ekseni (kutu yayılımının uzun ekseni)	81°	ana bileşen ekseni · 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	89°/67°/−148°	GCMT odak mekanizması · NP2 düzlemi: diri fay izi doğrultusuna açı farkı 2°, öteki düzlem 74°
Kırılma uzunluğu L	15,7 km	Wells ve Coppersmith (1994) — doğrultu atımlı kol
Kırılma genişliği W	7,6 km	üst kenar 2,6 km, alt kenar 9,6 km derinlikte
Ortalama kayma ū	0,45 m	$M_0 = \mu \cdot L \cdot W \cdot \bar{u}$ denkliğinden; rijitlik μ = 30 GPa
Sürtünme katsayısı μ′	0,40	etkin sürtünme (gözenek basıncı dâhil)
Hesap derinliği	6,1 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli
Izgara	68 × 62	134 × 123 km
Ortanca ΔCFS	−0,0027 bar	ızgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca |ΔCFS|	0,022 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	−0,33 ile 0,11 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90'ı
%1–%99 aralığı	−3,3 ile 0,42 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
|ΔCFS| > 0,1 bar olan ızgara düğümleri	%17	hesap ızgarasında |ΔCFS| yansız bant eşiğini aşan düğümlerin payı (yükleme ve gölge alanları birlikte)
Gösterim ölçeği	±2,0 bar	renk ölçeğinin doyum sınırı
Sınamaya giren izleyen olay	5.771	nokta hesabı · 1.709 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	1.741 / 1.899 / 422	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 4.062 · yük %43, gölge %47
Yük / gölge / yansız — en uygun yönelim	1.693 / 1.968 / 401	alıcı: en uygun yönelimli düzlem · n = 4.062 · yük %42, gölge %48
— en uygun yönelim için bölgesel gerilme	SHmax 126° · 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	3.014 / 669 / 379	duyarlılık · 1.435 izleyen olayın sınıfı değişir: en uygun yönelim sayımı bu varsayıma bağlıdır
— gerilme inversiyonu alanıyla	2.237 / 1.507 / 318	duyarlılık · SHmax 113°, şekil oranı 0,23: olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 49) çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (14 çözüm) dışlanarak yapılan inversiyon (n = 35); birincil alandan farkı 12,5° (125,9° ↔ 113,4°) · 886 izleyen olayın sınıfı değişir; birincil alan çalışma olayının mekanizmasından alınmıştır
Yük / gölge / yansız — boş model	523 / 1.090 / 606	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 2.219 · yük %24, gölge %49
— yalnız serbest derinlikli izleyen olaylar	1.247 / 1.140 / 250	kurum varsayılanı derinlikler dışlandı · n = 2.637 · yük %47, gölge %43

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 dikdörtgen 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 |ΔCFS| < 0,1 bar; kaynak dikdörtgenine 2,0 km'den yakın olaylar (kaynak üstü) sayım dışıdır. İzleyen olay konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 5. Arama penceresindeki odak mekanizmaları — 11 çözümden Mw'ye göre en büyük 10 tanesi (arama penceresi: çalışma olayından 180 gün önce – 30 gün sonra, 55 km yarıçap, Mw ≥ 4,0).

Tarih (UTC)	Mw	Doğrultu/eğim/kayma (°)	Tip	Çalışma olayına göre zaman	Dış merkeze uzaklık (km)	Faya dik (km)
10.08.2025	6,18	305/42/−82	normal	çalışma olayından önce	12,8	0,4
27.10.2025	6,07	345/61/−27	eğik/karma	çalışma olayı	0,0	3,2
21.09.2025	5,14	98/46/−127	normal (eşiğe yakın)	çalışma olayından önce	12,6	8,7
03.11.2025	5,08	316/44/−67	normal	çalışma olayından sonra	12,5	5,4
07.09.2025	4,97	334/47/−34	eğik/karma	çalışma olayından önce	4,5	5,9
28.10.2025	4,92	300/33/−95	normal	çalışma olayından sonra	6,9	2,9
10.11.2025	4,89	304/44/−82	normal	çalışma olayından sonra	6,7	1,2
10.11.2025	4,86	289/24/−115	normal	çalışma olayından sonra	5,7	1,1
24.08.2025	4,85	122/42/−96	normal	çalışma olayından önce	3,9	2,5
13.11.2025	4,77	109/41/−96	normal	çalışma olayından sonra	6,9	1,6

Not: Tip dağılımı, Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla: normal 9, eğik/karma 2; çalışma olayına göre zaman dağılımı: çalışma olayından önce 5, çalışma olayı 1, çalışma olayından sonra 5 (“çalışma olayından önce” yalnız oluş zamanının sırasını gösterir, çözümün dizideki rolünü nitelemez). Mw sütunu GCMT moment tensörü büyüklüğüdür; birleşik katalogdaki büyüklük bundan 0,15 birimden fazla ayrılan çözümler: 03.11.2025 12:35 UTC olayı için Mw 4,9; 10.11.2025 02:49 UTC olayı için Mw 4,5; 24.08.2025 18:58 UTC olayı için ML 3,3 (gövdedeki dizi istatistikleri katalog büyüklüklerini kullanır). Arama penceresi dizinin kendisi değildir: dizi içi sayılan çözümlerin dış merkezi Gardner ve Knopoff (1974) uzay penceresi içindedir (55 km); 11 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. 10.08.2025 satırının uzaklığı gövdedeki dizi rolüyle (öncül) aynı kayıttandır.

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

Çözüm	Mw	M_0 (N·m)	Düğüm düzlemi 1 (°)	Düğüm düzlemi 2 (°)	Merkez derinliği (km)	Çift kuvvet payı	Durum
Mww*	6,0	$1{,}30\times10^{18}$	86/70/−150	345/62/−23	15,5	%85	gözden geçirilmiş
Mwb	6,0	$1{,}30\times10^{18}$	81/80/−168	349/79/−10	9,0	%38	gözden geçirilmiş

Not: Kaynak: USGS ComCat moment tensörü ürünleri, son güncelleme 15.01.2026 (U.S. Geological Survey, 2017); * ComCat'in tercih ettiği çözüm. Çözümlerin hepsi merkez (centroid) moment tensörüdür; merkez derinliği tensör çözümünün kendi merkez derinliğidir ve hiposantr derinliğinden ayrışabilir. Düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açısı (°) olarak verilmiştir; karşılaştırma için her çözümde 1. düzlem, tercih edilen çözümün 1. düzlemine en yakın düzlemdir. Türler: Mww W-fazı moment tensörü, Mwb cisim dalgası moment tensörü.

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

Nicelik	Değer	Belirsizlik / not
Kesişim a	4,42	± 0,35
Eğim b	−2,17	± 0,15
Açıklanan değişkenlik R^2	0,70	RMSE 0,30
Spearman ρ	−0,89	p < 0,001
Kayıt sayısı	91	
Uzaklık aralığı	31–381 km	1,1 onlu
PGA aralığı	0,01–4,11 %g	
Vs30 eşleşen istasyon	29	renk kodlaması bu alt kümede
Güven bandı	%95	t = 1,99

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

Tablo 8. Dalga formu kaydının künyesi — 27.10.2025 Mw 6,1 çalışma olayı, KO.GORD istasyonu, algılayıcı ivmeölçer (Güralp CMG-5T), dış merkez uzaklığı 32,1 km, geri azimut 3,6°; istenen pencere oluş anından 60 s önce – 600 s sonra; süzgeç öncesinde konik pencereyle yumuşatılan iki ucun her birinden 33 s kırpılmıştır; çözümlenen kayıt oluş anından 31 s önce başlar ve 568 s sonra biter (599 s); süzgeç Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı (ileri–geri) 0,025–8,0 Hz (mertebe 2, etkin 4); spektrogram Hann pencereli kısa zamanlı Fourier dönüşümüyle (pencere 2,56 s) hesaplanmıştır; kayıt Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) künyeli KO ağına aittir ve KOERI veri merkezinin FDSN dataselect servisinden alınmıştır.

Bileşen	Kanal	Örnekleme (Hz)	Süre (s)	Örnek sayısı	Süzgeç sonrası tepe |genlik| (cm/s²)
Z	HNZ	100	599	59.927	19,5
R	HNN/HNE → R	100	599	59.927	29,6
T	HNN/HNE → T	100	599	59.927	36,7

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

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 9. USGS ShakeMap istasyon kayıtları — en yüksek yer ivmeli sismik istasyonlarda gözlem ve bağıntı kestirimi.

İstasyon	Hiposantral uzaklık (km)	Vs30 (m/s)	PGA gözlem (g)	PGA bağıntı (g)	ln(gözlem/bağıntı)	PGV (cm/s)
KO.GORD	33,2	662	0,0366	0,0712	−0,67	3,57
KO.GOMA	61,4	637	0,0291	0,0282	+0,03	1,84
KO.MDNY	142	571	0,0250	0,00679	+1,30	1,52
KO.SMAA	65,0	275	0,0246	0,0331	−0,30	2,38
KO.SHAP	87,0	496	0,0244	0,0173	+0,35	1,05
KO.SOMA	61,7	798	0,0191	0,0262	−0,32	2,57
KO.BALB	60,9	463	0,0187	0,0316	−0,52	1,79
KO.BMYO	157	384	0,0163	0,00624	+0,96	1,59
KO.ORLT	110	610	0,0147	0,0108	+0,31	1,25
KO.DST	56,9	480	0,0143	0,0346	−0,88	0,924

Not: Kaynak: USGS ShakeMap sürüm 11 (otomatik ürün; 01.12.2025) istasyon listesi (Wald ve Worden, 2020). Listedeki 257 sismik istasyondan PGA'sı bildirilmiş ve USGS tarafından işaretlenmemiş olanların en yüksek PGA'lı 10 tanesi verilmiştir; işaretli ya da PGA'sı bildirilmemiş 4 kayıt dışarıdadır. Gözlem kaydın en büyük yer ivmesidir; bağıntı değeri ShakeMap'in yer hareketi bağıntılarının istasyon konumundaki kestirimidir; ln(gözlem/bağıntı) bu çalışmada hesaplanmıştır. KO.GORD istasyonunun tepe yer ivmesi işlem türüne göre farklıdır: süzgeçsiz ham kayıtta 0,0410 g, 0,025–8,0 Hz süzgeç sonrası yatay tepe değeri 0,0375 g ve USGS ShakeMap'in işlenmiş istasyon değeri 0,0366 g; değerler aynı kaydın farklı işlemlerinden gelir. ShakeMap bu sürümde kırık modeli kullanmamıştır (nokta kaynak); uzaklık hiposantra göredir; Vs30 ShakeMap'in istasyona atadığı zemin değeridir.

Tablo 10. USGS PAGER maruz nüfus kestirimi — şiddet düzeylerine göre kestirilen nüfus (bin kişi).

Şiddet (MMI)	Kestirilen nüfus (bin)	Türkiye	Yunanistan
VIII	4,9	4,9	0
VII	20	20	0
VI	46	46	0
V	514	514	0
IV	12.172	12.127	45
III	≥ 10.163	≥ 10.033	≥ 130
II	≥ 29	≥ 29	≥ 0

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 10 (17.11.2025) model çıktısı (U.S. Geological Survey, 2017); değerler PAGER'ın ShakeMap şiddet alanı ve nüfus verisiyle hesapladığı model kestirimidir, sayım ya da gözlem değildir; bin kişi biriminde, 10.000 kişinin altında bir ondalıkla yuvarlanmıştır. PAGER genel uyarı düzeyi sarı. Ülke sütunları MMI VI ve üzeri şiddete maruz kestirilen nüfusa göre sıralanmıştır. ShakeMap alanının kenarında şiddet MMI 3,8'e ulaştığından III ve altındaki dilimler yalnız harita alanındaki nüfusu kapsar (alt sınır, ≥ ile gösterilmiştir). Bu kestirim ShakeMap sürüm 10 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 11).

Tablo 11. USGS PAGER yerleşim listesi — kestirilen şiddete göre ilk yerleşimler.

Yerleşim	Kestirilen şiddet (MMI)	Nüfus	Dış merkeze uzaklık (km)
Sındırgı	7,5	10.907	5,3
Düvertepe	5,8	—	21,1
Bigadiç	5,8	15.242	22,6
Gölcük	5,7	—	22,7
Gelembe	5,4	—	30,4
Gördes	5,3	11.168	30,4
Yağcılar	5,3	—	29,0
Akhisar	5,1	84.659	43,9
Konakpınar	4,9	—	41,0
Kireç	4,8	—	42,3

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 10 (17.11.2025) şehir listesi (U.S. Geological Survey, 2017); şiddet PAGER'ın kullandığı ShakeMap alanından okunan model değeridir. Nüfusu — ile gösterilen yerleşimler için kaynak listede nüfus bilgisi yoktur (PAGER'da 0). Türkçe yazımı pakette bulunmayan yerleşim adları PAGER şehir listesindeki ASCII yazımla verilmiştir. Uzaklık, PAGER şehir listesindeki yerleşim koordinatından çalışma olayının dış merkezine ölçülmüştür. Bu kestirim ShakeMap sürüm 10 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 11).

Tablo 12. USGS yer yenilmesi kestirimi — heyelan ve sıvılaşma modellerinin kestirdiği alan ve maruz nüfus.

Tür	Model	Uyarı (alan / nüfus)	Kestirilen alan (km²)	Maruz nüfus (kişi)	Girdi ShakeMap sürümü
Heyelan	Nowicki Jessee vd. (2018)*	sarı / yeşil	3,7 ± 0,76	78 ± 15	10 (güncel 11)
Heyelan	nowicki_2014_global	—	68	2.117	10 (güncel 11)
Heyelan	godt_2008	—	10	121	10 (güncel 11)
Sıvılaşma	Zhu vd. (2017)*	yeşil / yeşil	0,42 ± 0,1	45 ± 12	10 (güncel 11)
Sıvılaşma	zhu_2015	—	1	100	10 (güncel 11)

Not: Kaynak: USGS yer yenilmesi ürünü (ground failure) sürüm 10 (17.11.2025) model çıktısı (U.S. Geological Survey, 2017); değerler olasılık ağırlıklı model kestirimidir, gözlenmiş heyelan ya da sıvılaşma envanteri değildir. * USGS'in tercih ettiği model; uyarı düzeyi alan ve nüfus kestirimleri için ayrı verilir; ± ürünün bildirdiği bir standart sapmadır. Öteki modeller ürünün model kimliğiyle verilmiştir; USGS bu modeller için uyarı düzeyi ve belirsizlik vermez, alan ve nüfus ürünün aynı modelle hesapladığı olasılık toplamlarıdır (hagg0.1g, popexp0.1g). Bu kestirim ShakeMap sürüm 10 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 11).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 13. USGS PAGER tarihsel kıyas depremleri — PAGER'ın bu olay için seçtiği geçmiş depremler ve bu çalışmanın kataloğuyla eşleşme.

Tarih (UTC)	M (PAGER)	Derinlik (km)	Dış merkeze uzaklık (km)	MMI ≥ VI kestirilen nüfus (bin)	Bildirilen ölü (sarsıntı / toplam)	İkincil etkiler	Bu çalışmanın kataloğunda M
17.08.1999	7,6	17,0	227	10.748	17.439 / 17.439	tsunami	kapsam dışı
13.09.1999	5,8	16,6	228	757	6 / 6	yok	kapsam dışı
15.12.2000	6,0	12,0	278	258	6 / 6	yok	kapsam dışı

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 10 (17.11.2025) tarihsel kıyas listesi (U.S. Geological Survey, 2017); PAGER'ın bu olay için seçtiği tarihsel depremler PAGER kataloğundaki değerleriyle verilmiştir. MMI VI ve üzeri nüfus PAGER'ın o deprem için kestirdiği maruziyettir (model kestirimi, bin kişi); ölü sayıları PAGER kataloğunda bildirilen değerlerdir ve toplam, ikincil etkilere bağlanan ölümleri de içerir; ikincil etkiler PAGER kataloğunda işaretli olanlardır. Dış merkeze uzaklık bu çalışmada çalışma olayının dış merkezinden hesaplanmıştır. Son sütun bu çalışmanın tarihsel kataloğunda ±1 gün ve 100 km içinde eşleşen kaydın büyüklüğüdür; katalog dış merkezin 150 km çevresinde M ≥ 6, 60 km içinde M ≥ 5 ve 188 km içinde M ≥ 7 kayıtları kapsar; — eşleşen kayıt olmadığını, kapsam dışı ibaresi depremin bu ölçütlerin dışında kaldığını gösterir.

Tablo 14. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (30.10.2015 – 28.10.2020), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	15.050	14.471
Oran (olay/gün)	7,86	7,93
Mc (dönemin kendi eşiği)	1,5	1,8
Derinlik ortancası (km)	7,0	7,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	1.242 (%8)	1.786 (%12)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	0,65	0,98

Not: Bağımsız olay satırları Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış sayımdır; yüzde, ham kayıt içindeki payıdır. Sayım ve oran satırları eşiksizdir ve dönemlerin tamlık eşikleri farklıdır (Mc 1,5 ↔ 1,8); bu satırlardaki fark tamlık farkını da içerir. Arka plan döneminde kutuda M ≥ 5 üç deprem vardır (22.01.2020 M 5,6; 18.02.2020 M 5,1; 26.06.2020 M 5,2); Gardner–Knopoff pencereleri (303 gün / 47 km, 163 gün / 41 km ve 184 gün / 42 km) dönemin %15'ini kapsadığından bağımsız olay satırlarındaki fark ayrıştırmanın etkisini de taşır ve tek başına sismisite değişimi değildir.

Tablo 15. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
GSI	6,1	Mw(Mwp)
AFAD	6,1	Mw
KOERI	6,0	ML
INGV	6,0	Mwp
USGS	6,0	Mww
ISC	6,1	Mw
EMSC	6,0	Mw
GFZ	6,0	Mw
GCMT (moment)	6,07	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 4 kurum değeri 6,0–6,1 aralığındadır (en büyük fark 0,1). Aktarılmış çözüm (ISC Mw 6,1; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum değeri sayılmamıştır. Öteki ölçek sınıflarındaki değerler ayrı niceliklerdir ve bu karşılaştırmaya katılmamıştır: GSI Mw(Mwp) 6,1 (türü belirsiz büyüklük; uzak ağ çözümü); KOERI ML 6,0 (yerel büyüklük); INGV Mwp 6,0 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü). GCMT satırı moment tensörü referansıdır ve kurum sayımına dâhil değildir. Değerler birleşik arşivin 29.10.2026 13:40 UTC kayıtlarıdır; sonraki kurum güncellemeleri çizelgede yoktur.

Tablo 16. USGS çözümü nasıl değişti — köken, ShakeMap, PAGER ve moment tensörü sürümleri (ComCat sürüm geçmişi).

Ürün	Kaynak · sürüm	Güncelleme (UTC)	İnceleme	Değer	Son sürüme göre
Köken	us	27.10.2025 20:06	gözden geçirilmiş	39,19°K 28,25°D · 10,0 km · Mww 6,0	yatay 0,4 km; Δz +2,0 km
Köken	us	15.01.2026 22:46	gözden geçirilmiş	39,19°K 28,24°D · 8,0 km · Mww 6,0	güncel çözüm
ShakeMap	sürüm 1	27.10.2025 20:12	otomatik	en büyük MMI 8,1	ΔMMI +0,1
ShakeMap	sürüm 10†	17.11.2025 19:02	otomatik	en büyük MMI 8,1	ΔMMI 0,0
ShakeMap	sürüm 11	01.12.2025 20:08	otomatik	en büyük MMI 8,1	son sürüm
PAGER	—	27.10.2025 20:15	otomatik	uyarı sarı	—
PAGER	sürüm 10	17.11.2025 19:05	otomatik	uyarı sarı	raporda kullanılan
Moment tensörü	Mww · 6 sürüm	27.10.2025 – 15.01.2026	—	Mw 6,0	—
Moment tensörü	Mwb · 5 sürüm	27.10.2025 – 15.01.2026	—	Mw 6,0	—

Not: Kaynak: USGS ComCat sürüm geçmişi (FDSN olay hizmeti, includesuperseded=true; sorgu 23.10.2026 19:08 UTC) (U.S. Geological Survey, 2017); geçmiş sorgu anındaki kayıttır. Ara sürümlerden yalnız bir öncekine (köken için aynı ağın bir önceki çözümüne) göre paketteki değişim eşiklerini (yatay 10 km, derinlik 10 km, büyüklük 0,2, en büyük MMI 0,5) aşanlar ve PAGER uyarı düzeyinin değiştiği sürümler gösterilmiştir; ilk ve son sürüm her zaman satır alır. Geçmişteki sürüm sayısı: köken 6, ShakeMap 11, PAGER 10. Köken farkları us ağının güncel çözümüne (15.01.2026 22:46 UTC) göredir; Δz o sürümün derinliği eksi güncel derinliktir, eksi değer daha sığ çözüm demektir. ShakeMap en büyük MMI ve PAGER uyarı düzeyi USGS model kestirimidir. † Raporda kullanılan PAGER ve yer yenilmesi ürünlerinin girdi ShakeMap sürümü. PAGER sürüm numarası ComCat sürüm geçmişinde yer almaz, yayın işareti (release) ise yer alır; çizelge sürüm numarasını yalnız raporda kullanılan sürüm için, paketteki değeriyle verir. moment tensörü satırları sürüm sayısını, ilk ve son güncellemeyi ve büyüklüğü verir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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	14.859	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	7,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 14.859)
Ortanca derinlik (serbest)	7,9 km	0/5/7/10/33 km atamaları dışlandı · n = 9.377 (5.673 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	5,0–13,9 km	%5–95 yüzdelik
Derinlik bandı	4,6–15,9 km	%2,5–97,5 yüzdelik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 400,0 km arası	en sığ / en derin kayıt
Yuvarlak derin değerler	1 kayıt	50 km ve daha derin, 50 km'nin tam katı: 400 km'de 1 kayıt · kurum değeridir, bağımsız olarak doğrulanmamıştır; varsayılan sabit derinlikler arasında olmadığından sabit derinlik sayımına girmemiştir
Histogram tepesi	7–8 km	6.827 olay · 1 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	7,0 km · %36	5.343/14.859 olay
Varsayılan sabit derinlikler	276 olay	0/5/10/33 km · n = 14.859

Tablo A2. Çalışma alanındaki adı bulunan diri fay izleri — fay katmanının aynı adlı parçaları uçtan uca dikilerek kurulan 87 izden (20 ad) uzunluğa göre en uzun 8 tanesi, 5 ad altında; haritalardaki iz envanteri ayrı bir birleştirmedir (kutuda 82 iz); 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
Soma–Kırkağaç Fay Zonu	42,9	73,7	3	N	70 KD
Simav Fay Zonu	3,2	61,9	1	SaD	—
Balıkesir Fayı	48,6	52,0	1	SaD+N	—
Gelenbe Fay Zonu	18,9	44,4	2	SaD	—
Yüreğil Fayı	4,4	20,7	1	N+SaD	70–80 KD

Not: İz uzunluğu haritalanmış parçaların toplamıdır (parçalar arasındaki boşluklar sayılmaz); uzaklık, en yakın parçanın dış merkeze yatay uzaklığıdır. Şu ad tek bir fayın değil, izlerin bağlı olduğu fay sisteminin adıdır; satır o sisteme bağlı listelenen parçaları verir (aynı adı taşıyan izlerin kutudaki toplam uzunluğu ayraç içinde): Simav Fay Zonu (82,3 km). Kayma türü kodları: SaD sağ yönlü doğrultu atımlı; N normal. Eğim sütunu, listelenen izlerin veri tabanındaki ham değeridir (eğim açısı aralığı ve eğim yönü); aynı adlı öteki parçalarda değer farklı olabilir; —: veri tabanında sayısal eğim yoktur (yalnız kategorik “düşey” etiketi ya da boş).

Tablo A3. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlemeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
Gutenberg–Richter büyüklük–sıklık dağılımı	ölçek/geçerlilik	kuyruk uyumu olasılığı ≥ 0,01 · mevcut < 0,001	Benimsenen b değeri, tamlık eşiği uyum iyiliği ya da b-kararlılığı ölçütüyle doğrulandığında ve eşik üstünde N ≥ 50, göreli belirsizlik ≤ 0,15 iken bulgu sayılır; N ≥ 30 ve göreli belirsizlik ≤ 0,25 iken çekinceyle raporlanır, bunun altında raporlanmaz. 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde üstel yasadan beklenen olay sayısı ile gözlenen olay sayısının binom olasılığının en küçüğü 0,01'in altındaysa da b raporlanmaz (işletimsel ölçütler). Kestirim en büyük olabilirlik bağıntısıyla (Aki, 1965) yapılmıştır; belirsizliğin kestirim yöntemi Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Bu olayda: büyüklük–frekans dağılımının kuyruğunun uydurulan üstel yasayla uyuşmaması (M ≥ 5,0 için beklenen 18,1, gözlenen 4 olay; binom olasılığı < 0,001).
Artçı dönemi b değeri	ölçek/geçerlilik	kuyruk uyumu olasılığı ≥ 0,01 · mevcut 0,002	Dizi b değeri kendi tamlık eşiğinde kestirilir; bulgu için eşiğin doğrulanması, Mc üstü N ≥ 50 ve göreli belirsizlik ≤ 0,15, çekinceli raporlama için N ≥ 30 ve göreli belirsizlik ≤ 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 eşiği zamanla değişir: eşik zamana göre sıralı kayıtlarda kayan pencereyle izlenir (Woessner ve Wiemer, 2005) ve ilk pencerelerin eşiği benimsenen eşiği aşıyorsa tek eşikle kurulan b çekinceyle verilir, ilk saatler dışlanarak ikinci kez kestirilir. Bu olayda: büyüklük–frekans dağılımının kuyruğunun uydurulan üstel yasayla uyuşmaması (M ≥ 5,0 için beklenen 8,3, gözlenen 1 olay; binom olasılığı 0,002).
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	n ≥ 6 · mevcut 5	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 = 5 < 6).
Hiposantr bulutuna düzlem oturtma (PCA)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Ana bileşen çözümlemesiyle oturtulan düzlem, ancak bulut düzlemselse, bu olayın artçı bulutuna oturtulmuşsa, bulutta en az 50 olay varsa ve kurum varsayılanı (sabit) derinlikli kayıtlar ayrıldıktan sonra oturtma için en az 12 nokta kalıyorsa kırık düzlemi olarak yorumlanabilir (işletimsel ölçütler). Bu olayda: hiposantr bulutu düzlemsel değil çizgiseldir (Westin vd., 2002 çizgisellik ölçüsü cl = 0,43; düzlemsellik ölçüsü cp = 0,30); çizgisel bir buluta oturtulan düzlem, çizgi etrafında serbestçe döner.
Sismisite göç zarfı (doğrusal / difüzif)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	|ΔAICc| ≥ 2 · mevcut < 2	ΔAICc < 2 iken model seçimi yapılamaz; bu durumda modellerden birini seçilmiş gibi sunmak veriye dayanmaz. Bu olayda: doğrusal ve difüzif modellerin bu veriyle ayırt edilememesi (|ΔAICc| < 2).
Hiposantr konum kalite notu	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Konum kalite notu, kalite ölçüleri benimsenen hiposantrı veren kurumun çözümüne aitse ve çözüm türüne (yerel, bölgesel, telesismik) uygun eşiklerle kurulur; yerel ağ eşikleri en yakın istasyonu 100 km'den uzak çözümlere uygulanmaz (işletimsel ölçüt; ölçütlerin tartışması için Husen ve Hardebeck, 2010). Bu olayda: çözüm türünün (yerel, bölgesel, telesismik) belirlenememesi — yerel ağ eşikleri bu çözüme doğrudan uygulanamaz.

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

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A4. Çekince düşülen çözümlemeler.

Çözümleme	Çekince
Omori–Utsu artçı sönümü	Sönüm üsteli p ancak uydurma kısıtlıyken ölçümdür. Uydurma en az 20 artçıyla kurulur; değerin bulgu olarak raporlanması için bu çalışmanın ölçütü n ≥ 50, p'nin standart sapması ≤ 0,20 ve gözlem süresinin c değerinin en az 10 katı olmasıdır (işletimsel ölçütler; en büyük olabilirlik kestirimi için Ogata, 1983; Utsu vd., 1995). Bu olayda: uydurmanın çalışma olayından başlaması ve ilk saatlerde tamlık eşiğinin benimsenen eşiğin üzerinde olması (ilk pencerede Mc 2,8 > 1,4; eşik benimsenen değere çalışma olayından 48,6 saat sonra inmektedir) — ilk saatlerin olay sayısı eksik olduğundan c yukarı yanlı olabilir.
Reasenberg–Jones artçı dizisi oranı	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: bağlı olduğu Omori–Utsu sönüm parametrelerinin (p, c) çekinceyle raporlanması; b değerinin de ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle aşağı yanlı olabilmesi.
Yinelenme aralığı (nadirlik)	Yinelenme aralığı, çalışma olayı dışlanarak ve kataloğun tamlık döneminde eşik üstü bağımsız olayların sayımından kestirilir; n ≥ 5 iken nokta değer %95 aralığıyla, 1 ≤ n < 5 iken yalnız aralık, n = 0 iken yalnız alt sınır verilir (işletimsel ölçüt). Tamlık dönemi saptanamadığında değer çekinceyle raporlanır. Bu olayda: eşik üstü bağımsız olay azlığı (n = 4 < 5; yalnız %95 aralığı verilebilir); tamlık başlangıcı saptanamadığından katalog 1900'den beri tam varsayılmıştır.
Frohlich kaynak-tipi üçgeni	Üçgen bir dağılım gösterimidir; birkaç mekanizmayla rejim ifadesi kurulamaz. Bu olayda: en sık sınıfa ilişkin oranın (normal; 19/28, %68) %95 Wilson (1927) aralığının (%35–89; 8 bağımsız küme) işletimsel %70 eşiğini içermesi.
Bağımsız konum sınaması (istasyon kaydı)	Konumun bağımsız sınaması 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, doğrusallık 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 hücresindedir.

Tablo A5. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	18.04.2021 15:55:50	AFAD	38,958°K	28,146°D	ML 1,9
	18.04.2021 15:55:47	KOERI	39,136°K	28,113°D	ML 2,2
2	18.04.2021 23:18:01	AFAD	39,118°K	28,108°D	ML 1,9
	18.04.2021 23:18:01	KOERI	39,125°K	28,116°D	ML 1,9
3	10.03.2022 03:38:33	AFAD	38,789°K	27,755°D	ML 1,7
	10.03.2022 03:38:30	KOERI	38,969°K	27,770°D	ML 2,0
4	08.05.2022 00:28:13	AFAD	39,496°K	28,389°D	ML 1,1
	08.05.2022 00:28:13	KOERI	39,449°K	28,552°D	ML 1,1
5	17.07.2022 11:55:39	AFAD	39,264°K	27,669°D	Mw 4,3
	17.07.2022 11:55:39	KOERI	39,289°K	27,695°D	ML 4,4
6	05.11.2022 03:01:41	AFAD	39,204°K	27,752°D	ML 1,1
	05.11.2022 03:01:40	KOERI	39,006°K	27,598°D	ML 1,0
7	29.04.2023 13:40:09	AFAD	39,254°K	27,881°D	ML 2,5
	29.04.2023 13:40:10	NOA	39,373°K	27,922°D	MLh 2,7
8	01.12.2023 06:10:35	AFAD	38,933°K	27,881°D	ML 1,3
	01.12.2023 06:10:35	KOERI	38,785°K	27,776°D	ML 1,2
9	05.12.2023 09:52:43	AFAD	39,213°K	27,911°D	ML 1,2
	05.12.2023 09:52:45	ISC (ISK)	39,239°K	27,738°D	ML 1,2
10	05.07.2024 06:39:07	AFAD	39,637°K	28,766°D	ML 1,6
	05.07.2024 06:39:09	KOERI	39,618°K	28,590°D	ML 1,7
11	09.07.2024 10:26:10	AFAD	39,527°K	28,204°D	ML 1,8
	09.07.2024 10:26:10	KOERI	39,541°K	28,090°D	ML 1,6
12	27.10.2024 04:35:03	AFAD	39,374°K	28,001°D	ML 1,8
	27.10.2024 04:35:03	KOERI	39,366°K	28,000°D	ML 1,6
Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 639 · 20 km → 673 · 40 km → 703 · 70 km → 709					
Uzak ağ kayıtları (M ≥ 2,0) — yerel otorite kaydına bağlanan kopya: 44; eşi bulunamayan kayıt: 1. Eşleme ölçütü: Δt ≤ 35 s, Δkonum ≤ 300 km, ΔM −0,5 ile +1,5 arası ve eş kaydın en az 2 kurumca bildirilmiş olması. İlk 6 kayıt listelenmiştir.					
kopya	19.11.2023 19:44:16	NIEP	39,4155°K	28,0597°D	ML 4,0
kopya	24.06.2024 22:36:47	INGV	39,1693°K	27,7321°D	mb 4,7
kopya	10.08.2025 15:05:22	NIEP	39,2186°K	27,7418°D	ML 3,5
kopya	10.08.2025 17:25:46	NIEP	39,2929°K	27,7489°D	ML 3,5
kopya	10.08.2025 18:27:48	NIEP	38,8078°K	28,1432°D	ML 4,3
kopya	10.08.2025 19:12:48	NIEP	38,9901°K	28,2579°D	ML 4,1

Not: İki kayıt (1) Δt ≤ 20 s, Δkonum ≤ 54 km ve ΔM ≤ 0,5 ya da (2) Δt ≤ 5 s ve Δkonum ≤ 54 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ya da (4) Δt ≤ 3 s, ΔM ≤ 0,3, Δkonum ≤ 100 km ve temsilci kurumu farklı iki kayıt (bu çalışmanın işletimsel ölçütü; kutu boyutundan bağımsız) koşulunu sağladığında aynı olay sayılmıştır; konum toleransı kutu boyutuyla ölçeklenmiştir (54 km). Her küme bir fiziksel olayı temsil eder; ilk satır seçilen temsilcidir. Tekilleştirmede düşen 706 kaydın kümelerinden ilk 12 tanesi listelenmiştir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği ondalıkla verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A6. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 28 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir.

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	10.08.2025	39,37	28,02	10	305	42	−82	6,18	normal
2	27.10.2025	39,19	28,24	8	345	61	−27	6,07	eğik/karma
3	22.01.2020	39,07	27,84	6	345	56	−26	5,60	eğik/karma
4	18.07.1979	39,67	28,66	10	111	34	−85	5,31	normal
5	25.07.1999	39,31	28,00	10	250	67	−158	5,21	eğik/karma (eşiğe yakın)
6	26.06.2020	38,79	27,79	10	313	34	−76	5,20	normal
7	27.05.2017	38,77	27,82	10	304	44	−91	5,19	normal
8	12.09.2016	38,90	27,75	10	340	26	−26	5,16	eğik/karma
9	21.09.2025	39,18	28,11	10	98	46	−127	5,14	normal (eşiğe yakın)
10	18.02.2020	39,11	27,82	10	351	75	−8	5,12	doğrultu atımlı
11	03.11.2025	39,17	28,42	10	316	44	−67	5,08	normal
12	28.01.2020	39,11	27,88	10	327	28	−51	5,06	normal (eşiğe yakın)
13	28.05.2017	38,76	27,78	3	132	41	−73	4,99	normal
14	07.09.2025	39,19	28,14	10	334	47	−34	4,97	eğik/karma
15	24.02.2020	39,06	27,92	11	89	72	−163	4,97	doğrultu atımlı
16	04.02.2020	39,04	27,88	5	317	37	−76	4,95	normal
17	23.01.2026	39,20	28,29	9	299	34	−89	4,94	normal
18	28.10.2025	39,26	28,32	10	300	33	−95	4,92	normal
19	10.11.2025	39,21	28,08	10	304	44	−82	4,89	normal
20	10.11.2025	39,22	28,04	10	289	24	−115	4,86	normal

Not: Tip, P, T ve B eksen dalımlarına göre Frohlich ve Apperson (1992) sınıflarıdır: B > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; hiçbiri sağlanmazsa eğik/karma; “eşiğe yakın”: sınıfı belirleyen eksenin dalımı sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır (atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır). Tüm çözümler GCMT kataloğundandır: Mw moment tensöründen, enlem ve boylam kaydın başvuru hiposantrındandır (moment tensörünün ağırlık merkezi konumu değildir). Aynı olayın tarihsel çizelgedeki büyüklüğü (ISC-GEM Mw ya da katalog M) ve konumu başka kaynaktandır: büyüklük ayrışabilir, iki konum eşleşen olaylarda en çok 15,1 km ayrışır (21.09.2025); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzay–zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 8 bağımsız küme (en büyük küme 14 çözüm).

Tablo A7. Tarihsel eşik üstü depremler (1900 sonrası, olay anından önce).

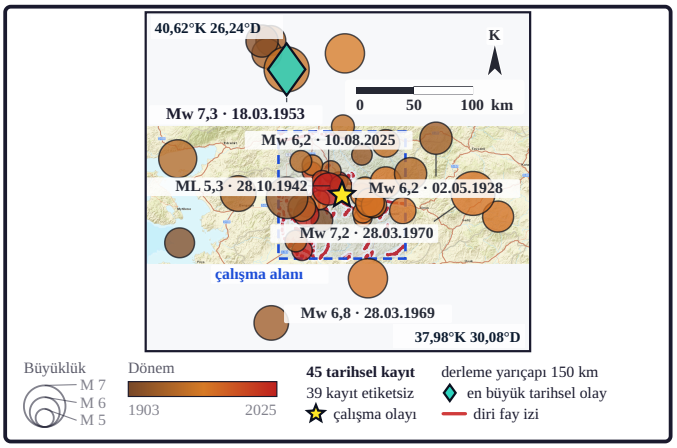
Tarih	M	Tür	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Ölçüt	Yer	E/E_0
18.03.1953◆	7,3	Mw	10	119	M ≥ 6, 150 km içinde	Gönen — 8 km K (Balıkesir)	×63
28.03.1970	7,2	Mw	18	113	M ≥ 6, 150 km içinde	KIZIK-CAVDARHISAR (KÜTAHYA)	×45
18.11.1919	7,0	Mw	10	47	M ≥ 6, 150 km içinde	Soma — 3 km DGD	×22
06.10.1964	6,8	Mw	34	123	M ≥ 6, 150 km içinde	OKCULAR-KARACABEY (BURSA)	×11
28.03.1969	6,8	Mw	4	75	M ≥ 6, 150 km içinde	SOGANLI-ALASEHIR (MANISA)	×11
06.10.1944	6,7	Mw	40	145	M ≥ 6, 150 km içinde	EDREMIT KÖRFEZI (EGE DENIZI)	×7,9
22.09.1939	6,5	Mw	35	89	M ≥ 6, 150 km içinde	Kınık — 23 km KB (İzmir)	×4,0
31.03.1928	6,4	Mw	10	126	M ≥ 6, 150 km içinde	Torbalı — 14 km D (İzmir)	×2,8
Yakın kuşakta (≤ 60 km) dış merkeze en yakın kayıtlar (yukarıda listelenmeyenler, uzaklık sırasıyla)							
28.10.1942	5,3	ML	10	8,2	M ≥ 5, 60 km içinde	CAYGOREN-SINDIRGI (BALIKESIR)	×0,063
21.09.2025†	5,0	Mw	22	13	M ≥ 5, 60 km içinde	Sındırgı — 7 km K (Balıkesir)	×0,022
10.08.2025†	6,2	Mw	13	13	M ≥ 6, 150 km içinde	Sındırgı (Balıkesir)	×1,4
07.10.1969	5,4	Mw	13	17	M ≥ 5, 60 km içinde	CIKRIKCI-SINDIRGI (BALIKESIR)	×0,089
03.09.1972	5,1	Mw	30	20	M ≥ 5, 60 km içinde	AKKOCALI-AKHISAR (MANISA)	×0,032

Not: Büyüklükler, kayda birleşik arşivde bağlı bir ISC-GEM (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018) raporu varsa onun moment büyüklüğüdür (Mw), yoksa kaydın moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik kataloğun temsilci değeridir; 45 kaydın 30 tanesinde büyüklük ISC-GEM'dendir; 29 kayıtta değer ya da tür katalogdakinden ayrışır. Derleme, dış merkeze 60 km içindeki M ≥ 5 ve 150 km içindeki M ≥ 6 depremlerden oluşur (kutudaki 150 km'den uzak olaylar girmez); her kaydın ölçütü “Ölçüt” sütunundadır. 45 tekil kayıttan en büyük 8 olay listelenmiştir (yakın kuşağın kayıtları alt bölümde); 9 kopya kayıt tekilleştirilmiştir ($\Delta t \le 60$ s ve ≤ 100 km). ISC-GEM 25.03.1969 için iki ayrı kayıt tutar ($\Delta t \approx 20$ s, uzaklık ≈ 33 km); derlemede iki ayrı olay sayılmıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 6 kayıttan 5 tanesinin büyüklüğü ISC-GEM'in yeniden değerlendirmesi, 1 tanesininki kataloğun bülten değeridir; bu dönemin büyüklükleri kaynağa göre ≈ 0,3–0,5 birim ayrışabilir. E/E_0: ışınan enerjinin bu olayınkine oranı (büyüklük farkından); ◆ en büyük kayıt. 4 kaydın Yer hücresi GeoNames yerleşim veritabanından (GeoNames, t.y.) kurulmuştur: kurum adı ülke ya da bölge adından ibaretse ya da eşlenemezse kayda en yakın idari merkez (Türkiye'de ilçe merkezi, ayraç içinde il); uzaklık ve yön yerleşimden kayda ölçülmüştür (GeoNames (geonames.org), CC BY 4.0, erişim 26.10.2026). Alanın hemen dışındaki M ≥ 7 depremler (150–188 km): 09.08.1912 M 7,2 (178 km KKB); 23.07.1949 M 7,2 (161 km BGB, Ege Denizi).

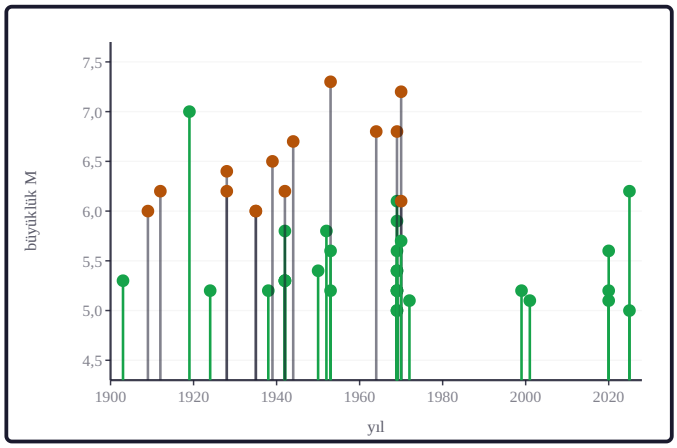
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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

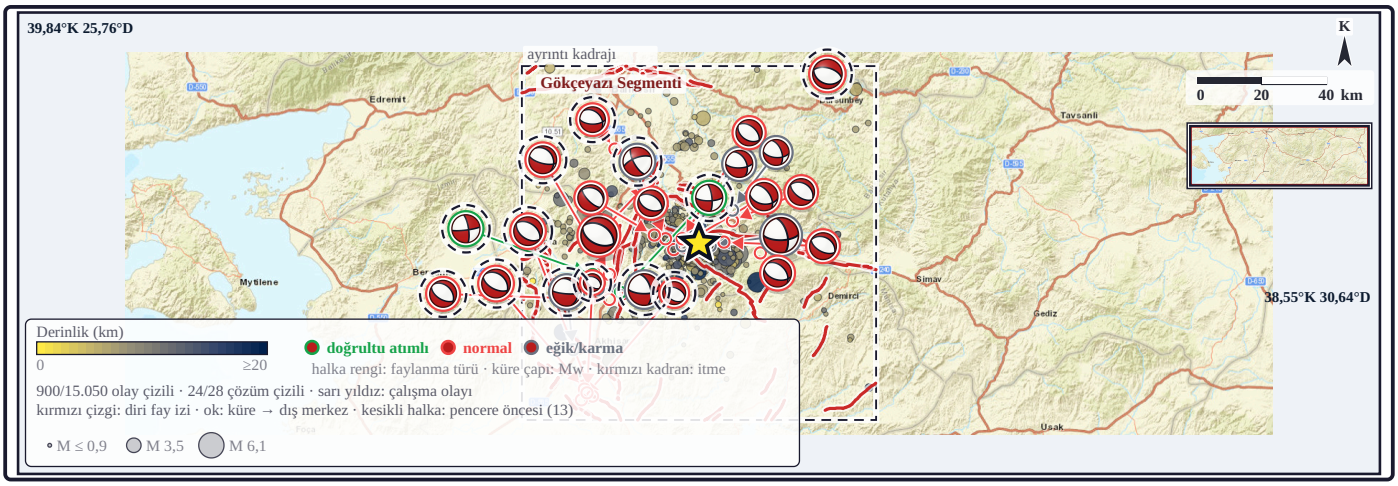
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 13a ve 13b'de, bölgesel odak mekanizması çerçevesi Şekil 13c'de verilmiştir.



Şekil 13a. *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 ≥ 5, bölge kuşağında M ≥ 6 olarak alınmıştır. Mavi kesikli dikdörtgen çalışma alanıdır (birleşik katalog, 1900 sonrası; derleme yarıçapı 150 km, yakın kuşak 60 km).*



Şekil 13b. *Tarihsel eşik üstü depremlerin büyüklükleri yıllara göre çizilmiştir; yeşil yakın kuşak, turuncu bölge kuşağıdır; sap rengi aynı ayrımı verir (yeşil sap yakın kuşak, gri sap bölge kuşağı) (birleşik katalog, 1900 sonrası; büyüklükler, varsa ISC-GEM Mw: International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018).*



Şekil 13c. *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 kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir. Küreler künyesizdir. Küçük daireler pencere olayları, kesikli dikdörtgen ayrıntı haritasının kadrajıdır (mekanizma kümesi: bölgesel küme [n = 28]; gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır [n = 49]; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).*

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

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: 29.10.2026)

Aki, K. (1965) Maximum likelihood estimate of b in the formula log N = a − bM and its confidence limits. Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 43(2), 237–239. doi:10.15083/0000033631

Aki, K. ve Richards, P. G. (2002) Quantitative Seismology. 2. bs., University Science Books, Sausalito.

Allen, R. V. (1978) Automatic earthquake recognition and timing from single traces. Bull. Seismol. Soc. Am. 68(5), 1521–1532. doi:10.1785/BSSA0680051521

Allen, T. I., Wald, D. J. ve Worden, C. B. (2012) Intensity attenuation for active crustal regions. J. Seismol. 16(3), 409–433. doi:10.1007/s10950-012-9278-7

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

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. T.C. Resmî Gazete, 6 Mart 2007, Sayı 26454. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3.htm

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

Dziewonski, A. M., Chou, T.-A. ve Woodhouse, J. H. (1981) Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity. J. Geophys. Res. 86(B4), 2825–2852. doi:10.1029/JB086iB04p02825

Ekström, G., Nettles, M. ve Dziewoński, A. M. (2012) The global CMT project 2004–2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. Phys. Earth Planet. Inter. 200–201, 1–9. doi:10.1016/j.pepi.2012.04.002

Elmacı, H., Kürçer, A., Özalp, S., Altuntaş, G., Avcı, H. O., Aydoğan, H., Yüce, A. A., Öztürker, A. R., Karayazı, O., Bayrak, A., Özdemir, E., Çal, Ç., Güven, C. ve Yalvaç, O. (2026) Türkiye Diri Fay Haritası. MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-60, Ankara. ISBN 978-625-8107-74-6.

Eshelby, J. D. (1957) The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems. Proc. R. Soc. Lond. A 241(1226), 376–396. doi:10.1098/rspa.1957.0133

European-Mediterranean Seismological Centre (t.y.) Deprem parametreleri (çevrimiçi katalog). https://www.emsc-csem.org (erişim: 29.10.2026)

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

GeoNames (t.y.) GeoNames geographical database (cities1000, countryInfo). https://www.geonames.org/ (erişim: 26.10.2026)

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

Hanks, T. C. ve Kanamori, H. (1979) A moment magnitude scale. J. Geophys. Res. 84(B5), 2348–2350. doi:10.1029/JB084iB05p02348

Hardebeck, J. L., Nazareth, J. J. ve Hauksson, E. (1998) The static stress change triggering model: Constraints from two southern California aftershock sequences. J. Geophys. Res. 103(B10), 24427–24437. doi:10.1029/98JB00573

Husen, S. ve Hardebeck, J. L. (2010) Earthquake location accuracy. Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis (CORSSA). doi:10.5078/corssa-55815573

International Seismological Centre (2026) ISC-GEM Earthquake Catalogue. doi:10.31905/d808b825

International Seismological Centre (t.y.) ISC Bulletin. doi:10.31905/D808B830 (erişim: 29.10.2026)

Jaiswal, K. ve Wald, D. (2010) An empirical model for global earthquake fatality estimation. Earthq. Spectra 26(4), 1017–1037. doi:10.1193/1.3480331

Jaiswal, K. ve Wald, D. J. (2013) Estimating economic losses from earthquakes using an empirical approach. Earthq. Spectra 29(1), 309–324. doi:10.1193/1.4000104

Joyner, W. B. ve Boore, D. M. (1981) Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake. Bull. Seismol. Soc. Am. 71(6), 2011–2038. doi:10.1785/BSSA0710062011

Jurkevics, A. (1988) Polarization analysis of three-component array data. Bull. Seismol. Soc. Am. 78(5), 1725–1743.

Kalafat, D., Gürbüz, C. ve Üçer, S. B. (1987) Batı Türkiye'de kabuk ve üst manto yapısının araştırılması. Deprem Araştırma Bülteni 59, 43–64.

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

King, G. C. P., Stein, R. S. ve Lin, J. (1994) Static stress changes and the triggering of earthquakes. Bull. Seismol. Soc. Am. 84(3), 935–953. doi:10.1785/BSSA0840030935

Kreemer, C., Blewitt, G. ve Klein, E. C. (2014) A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model. Geochem. Geophys. Geosyst. 15(10), 3849–3889. doi:10.1002/2014GC005407

Lund, B. ve Townend, J. (2007) Calculating horizontal stress orientations with full or partial knowledge of the tectonic stress tensor. Geophys. J. Int. 170(3), 1328–1335. doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03468.x

Maeda, N. (1985) A method for reading and checking phase time in auto-processing system of seismic wave data (Japonca, İngilizce özetli). Zisin (J. Seismol. Soc. Japan, 2nd ser.) 38(3), 365–379. doi:10.4294/zisin1948.38.3_365

Matthews, M. V. ve Reasenberg, P. A. (1988) Statistical methods for investigating quiescence and other temporal seismicity patterns. Pure Appl. Geophys. 126(2–4), 357–372. doi:10.1007/BF00879003

McGuire, J. J., Zhao, L. ve Jordan, T. H. (2002) Predominance of unilateral rupture for a global catalog of large earthquakes. Bull. Seismol. Soc. Am. 92(8), 3309–3317. doi:10.1785/0120010293

Michael, A. J. (1984) Determination of stress from slip data: Faults and folds. J. Geophys. Res. 89(B13), 11517–11526. doi:10.1029/JB089iB13p11517

National Institute for Earth Physics (1994) Romanian Seismic Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/RO

National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens (1975) Hellenic Unified Seismological Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/HL

Newcombe, R. G. (1998) Interval estimation for the difference between independent proportions: Comparison of eleven methods. Stat. Med. 17(8), 873–890. doi:10.1002/(SICI)1097-0258(19980430)17:8<873::AID-SIM779>3.0.CO;2-I

Newmark, N. M. (1959) A Method of Computation for Structural Dynamics. J. Eng. Mech. Div. ASCE 85(3), 67–94. doi:10.1061/JMCEA3.0000098

Nowicki Jessee, M. A., Hamburger, M. W., Allstadt, K., Wald, D. J., Robeson, S. M., Tanyas, H., Hearne, M. ve Thompson, E. M. (2018) A global empirical model for near-real-time assessment of seismically induced landslides. Journal of Geophysical Research: Earth Surface 123(8), 1835–1859. doi:10.1029/2017JF004494

Ogata, Y. (1983) Estimation of the parameters in the modified Omori formula for aftershock frequencies by the maximum likelihood procedure. J. Phys. Earth 31(2), 115–124. doi:10.4294/jpe1952.31.115

Okada, Y. (1992) Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. Bull. Seismol. Soc. Am. 82(2), 1018–1040. doi:10.1785/BSSA0820021018

Reasenberg, P. A. ve Jones, L. M. (1989) Earthquake hazard after a mainshock in California. Science 243(4895), 1173–1176. doi:10.1126/science.243.4895.1173

Shi, Y. ve Bolt, B. A. (1982) The standard error of the magnitude-frequency b value. Bull. Seismol. Soc. Am. 72(5), 1677–1687. doi:10.1785/BSSA0720051677

Spearman, C. (1904) The proof and measurement of association between two things. Am. J. Psychol. 15(1), 72–101. doi:10.2307/1412159

Tajima, F. ve Kanamori, H. (1985) Global survey of aftershock area expansion patterns. Phys. Earth Planet. Inter. 40(2), 77–134. doi:10.1016/0031-9201(85)90066-4

Tape, W. ve Tape, C. (2012) A geometric setting for moment tensors. Geophys. J. Int. 190(1), 476–498. doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05491.x

U.S. Geological Survey (2017) Advanced National Seismic System (ANSS) Comprehensive Catalog. doi:10.5066/F7MS3QZH

Utsu, T. (1966) A statistical significance test of the difference in b-value between two earthquake groups. J. Phys. Earth 14(2), 37–40. doi:10.4294/jpe1952.14.37

Utsu, T., Ogata, Y. ve Matsu’ura, R. S. (1995) The centenary of the Omori formula for a decay law of aftershock activity. J. Phys. Earth 43(1), 1–33. doi:10.4294/jpe1952.43.1

Vavryčuk, V. (2014) Iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms. Geophys. J. Int. 199(1), 69–77. doi:10.1093/gji/ggu224

Wald, D. J. ve Worden, C. B. (2020) ShakeMap Manual. U.S. Geological Survey. doi:10.5066/F7D21VPQ

Wald, D. J., Quitoriano, V., Worden, C. B., Hopper, M. ve Dewey, J. W. (2011) USGS “Did You Feel It?” Internet-based macroseismic intensity maps. Annals of Geophysics 54(6), 688–707. doi:10.4401/ag-5354

Wells, D. L. ve Coppersmith, K. J. (1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bull. Seismol. Soc. Am. 84(4), 974–1002. doi:10.1785/BSSA0840040974

Westin, C.-F., Maier, S. E., Mamata, H., Nabavi, A., Jolesz, F. A. ve Kikinis, R. (2002) Processing and visualization for diffusion tensor MRI. Med. Image Anal. 6(2), 93–108. doi:10.1016/S1361-8415(02)00053-1

Wiemer, S. ve Wyss, M. (2000) Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: Examples from Alaska, the western United States, and Japan. Bull. Seismol. Soc. Am. 90(4), 859–869. doi:10.1785/0119990114

Wilson, E. B. (1927) Probable inference, the law of succession, and statistical inference. J. Am. Stat. Assoc. 22(158), 209–212. doi:10.1080/01621459.1927.10502953

Woessner, J. ve Wiemer, S. (2005) Assessing the quality of earthquake catalogues: Estimating the magnitude of completeness and its uncertainty. Bull. Seismol. Soc. Am. 95(2), 684–698. doi:10.1785/0120040007

Worden, C. B., Gerstenberger, M. C., Rhoades, D. A. ve Wald, D. J. (2012) Probabilistic relationships between ground-motion parameters and Modified Mercalli intensity in California. Bull. Seismol. Soc. Am. 102(1), 204–221. doi:10.1785/0120110156

Worden, C. B., Thompson, E. M., Baker, J. W., Bradley, B. A., Luco, N. ve Wald, D. J. (2018) Spatial and spectral interpolation of ground-motion intensity measure observations. Bull. Seismol. Soc. Am. 108(2), 866–875. doi:10.1785/0120170201

Zhu, J., Baise, L. G. ve Thompson, E. M. (2017) An updated geospatial liquefaction model for global application. Bull. Seismol. Soc. Am. 107(3), 1365–1385. doi:10.1785/0120160198

Zoback, M. L. (1992) First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project. J. Geophys. Res. 97(B8), 11703–11728. doi:10.1029/92JB00132

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

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır