

2025 KAMCHATKA PENİNSULA, RUSSIA EARTHQUAKE DEPREMİ — Mw 8,8 · 29.07.2025

DEPREM TEKNİK RAPORU · OLAY RAPORU

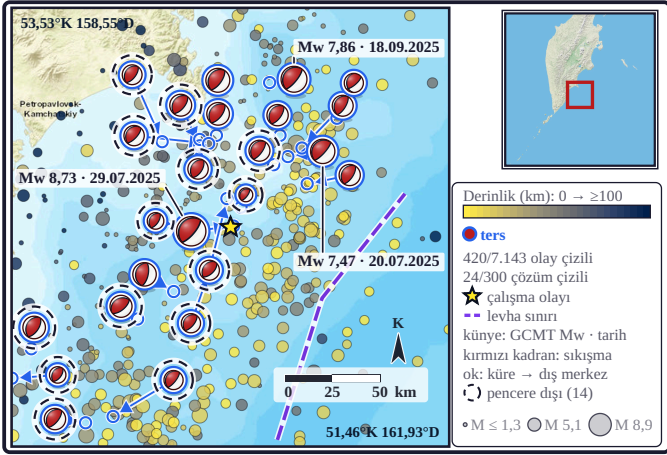
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026 · Olay: 29.07.2025

ÖZET — 29.07.2025 tarihinde 2025 Kamchatka Peninsula, Russia Earthquake çevresinde Mw 8,8 büyüklüğünde, 35,0 km odak derinlikli bir deprem meydana gelmiştir (52,4948°K, 160,2395°D). Olay merkezli pencerede 7.143 olay kataloglanmıştır; çapraz-kaynak kopyaları (2.910 kayıt) ve kendi hizmet bölgesi dışındaki bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (878 kayıt) her istatistikten önce ayıklanmıştır. Olayı 14 dakika sonra Mw 8,9 büyüklüğünde ikinci bir olay izlemiştir; iki olayın büyüklük farkı $\Delta M = 0,1$ (büyüklükler Mw 8,8 ve Mw 8,9) olduğundan dizi, bu çalışmanın işletimsel ölçütüyle ($\Delta M \leq 0,3$) çift deprem olarak sınıflanmıştır. Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümü ($M_0 = 1,577 \times 10^{22}$ N·m; Mw 8,73) NP1 düğüm düzlemi üzerinde ters atım, NP2 üzerinde ters atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir. Depremden sonraki 90 günlük olay oranı, 115 km yarıçaplı dairede ve ortak tamlık eşliğinde ($M \geq 3,9$), çalışma penceresinden önceki 5 yıllık arka plan oranının yaklaşık 140 katıdır (%95 güven aralığı 130–160; ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle alt sınır). Kayıtların %19'unun (1.331/7.143) derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 0,0 km'dir; bu değer derinlik çözilemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılan olduğundan derinlik istatistikleri bu yığının etkisi altındadır. Bulgular, mevcut katalog ve model varsayımlarının sınırları içinde betimleyicidir; deprem tahmini içermez.

Anahtar kelimeler: 2025 Kamchatka Peninsula, Russia Earthquake depremi, çift deprem, moment tensörü, gerilme inversiyonu, Coulomb gerilme aktarımı, makrosismik şiddet.

ABSTRACT — An earthquake of Mw 8.8 occurred near 2025 Kamchatka Peninsula, Russia Earthquake, on 29 July 2025 at a focal depth of 35.0 km (52.4948°N, 160.2395°E). A total of 7,143 events were catalogued within an event-centred window; cross-source duplicates were removed (2,910 records), as were single-source records of regional networks outside their home region (878 records), before any statistic was computed. A second event of Mw 8.9 followed the study event by 14 minutes; with a magnitude difference of $\Delta M = 0.1$ (magnitudes Mw 8.8 and Mw 8.9), the sequence is classified as an earthquake doublet under the operational criterion of this study ($\Delta M \leq 0.3$). The Global CMT (GCMT) moment-tensor solution ($M_0 = 1.577 \times 10^{22}$ N·m; Mw 8.73) corresponds to reverse slip on nodal plane NP1 and to reverse slip on NP2. Within 115 km and at $M \geq 3.9$, the 90-day post-event rate is about 140 times the background rate (5-year pre-window period; 95% confidence interval 130–160; a lower bound given early incompleteness). Of the records, 19% (1,331/7,143) have a depth of 0.0 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: 2025 Kamchatka Peninsula (Russia Earthquake) earthquake, earthquake doublet, moment tensor, stress inversion, Coulomb stress transfer, macroseismic intensity.



Şekil 1. Harita 7.143 olaylık katalogdan 420 olayı gösterir; odak mekanizmaları 300 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindendir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır ($n = 481$). Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir; kadranlı küreler odak mekanizması çözümleridir ve kırmızı kadranlı sıkışmadır. Sarı yıldız çalışma olayı, kırmızı çizgiler diri fay izleridir. Mw sırasıyla en büyük 3 çözüm künyelidir (öbür 21 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 kürelerin tarihi çalışma penceresinin dışındadır (faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020] — CC BY-SA 4.0; mekanizmalar: bölgesel mekanizma kümesi; katalog: ISC · GSRAS · USGS · KAGSR · EMSC · GFZ).

GİRİŞ

Bu çalışma, 29.07.2025 tarihinde 2025 Kamchatka Peninsula, Russia Earthquake çevresinde meydana gelen Mw 8,8 depremini ve onu çevreleyen sismisiteyi olay merkezli bir pencerede incelemektedir (Şekil 1). İnceleme, 7.143 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.

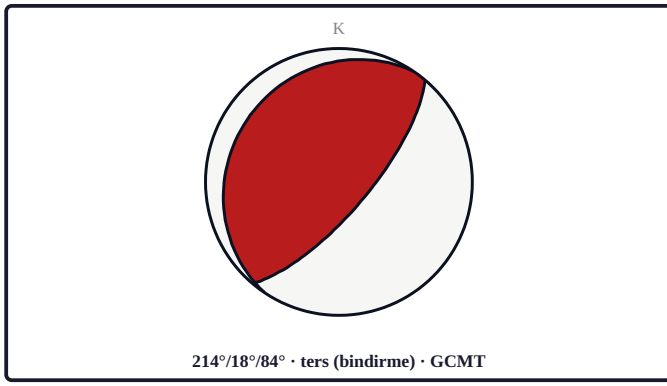
Tablo 1. Olay künyesi ve türetilmiş kaynak parametreleri.

Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Oluş zamanı (UTC)	29.07.2025 23:24:52	USGS hiposantrı (gözden geçirilmiş)
Dış merkez	52,4948°K · 160,2395°D	USGS hiposantrı (gözden geçirilmiş)
Odak derinliği	35,0 km	USGS
Büyüklük	Mw 8,8	USGS (hiposantrı veren kurum) ^a
Sismik moment M_0	$1,577 \times 10^{22}$ N·m	GCMT skaler momenti · Mw 8,73
Nominal ısınan enerji E	$7,9 \times 10^{17}$ J	M_0 'dan · Kanamori (1977)
Konum belirsizliği	yok	USGS yayımlamamıştır
İstasyon sayısı	251	USGS bildirimi
Azimut boşluğu	30°	USGS bildirimi
En yakın istasyon	122,5 km	USGS bildirimi
Varış artığı (RMS)	0,73 s	USGS bildirimi
b değeri	raporlanmadı	gerekeşi Ek A'da
Kutu yayılımı (%95)	$227,8 \times 182,1$ km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu yayılımı (%95; çekinceli)	en az $212,4 \times 162,1$ km	uzun × kısa eksen · artçı bulutu · seçim yarıçapıyla (118 km) sınırlı alt sınır
Mekanizma (NP1)	214°/18°/84°	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

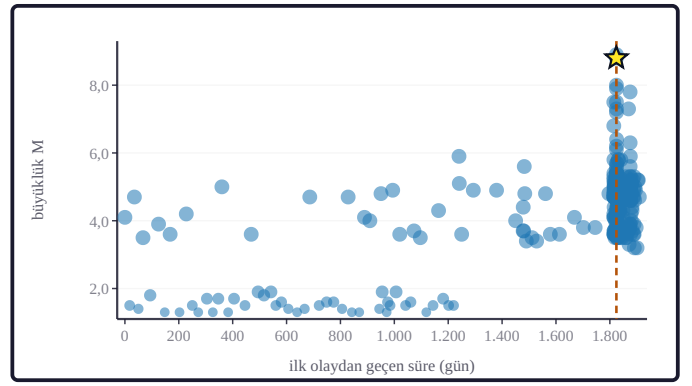
Not: a) Büyüklük türü Mww: moment tensörü çözümünden hesaplanan moment büyüklüğü. Benimsenen değer hiposantrı veren kurumun kendi büyüklüğüdür; birleşik katalog değeri M8,7 Mw.

TEKTONİK ÇERÇEVE

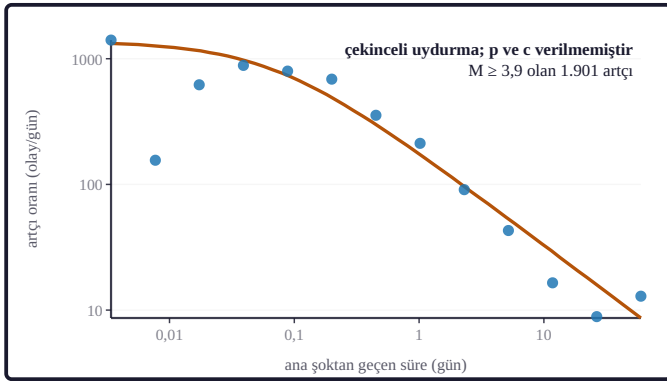
Çalışma kutusunda, kullanılan diri fay veri tabanında haritalanmış fay izi bulunmamaktadır; bu nedenle faya uzaklık ve fay geometrisinden türeyen hiçbir nicelik hesaplanmamıştır. Haritalarda çizilen çizgi bir levha sınırı modelidir, fay izi değildir. Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır (Ohotsk–Pasifik hendeki) 61 km uzaklıktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelleme kabulüdür. Olay sığ odaklı ($h < 70$ km) bir depremdir (odak derinliği 35,0 km).



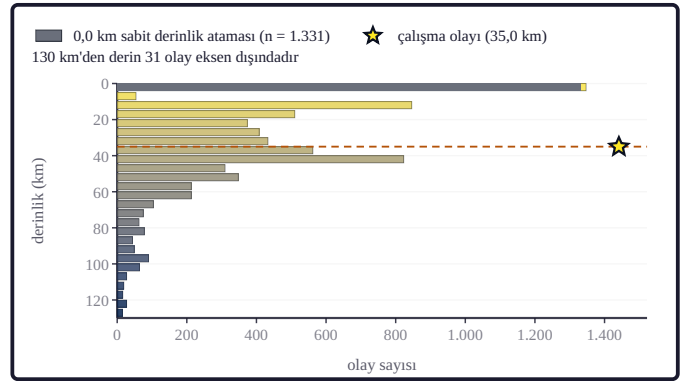
Şekil 2a. Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; koyu kadranslar sıkışma kadranslarıdır.



Şekil 2b. Pencere kataloğu 7.143 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay Mw 8,9 büyüklüğündedir (29.07.2025); $M_c = 4,1$ üstünde 2.651 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 $M_c = 5,2$ 'dir (uydurmanın dayandığı artçı alt kümesinin eşiği $M_c = 3,9$). Artçı oranı ana şoktan 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 katalogta derinlik değeri taşıyan 7.143 olayın %30'u ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (0,0 km) ölçülmüş derinlik taşımaz. Hiposantr derinlik histogramı (tam katalog): çubuk rengi derinliği gösterir (sıfır sarı, derin lacivert); koyu kesim sabit derinlik atamalarıdır; yıldız ve kesikli çizgi çalışma olayının derinliğidir.

KULLANILAN BAĞINTILAR

(1) Sismik moment

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

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

(2) Işınan enerji

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

Gutenberg ve Richter (1956)

(3) 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

$$\lambda(t, M) = 10^{a+b(M_m-M)} \cdot (t+c)^{-p}$$

Reasenber ve Jones (1989)

(6) Gerilme düşümü

$$\Delta\sigma = 0,85 \cdot M_0 / (W^2 \cdot L)$$

Kanamori ve Anderson (1975)

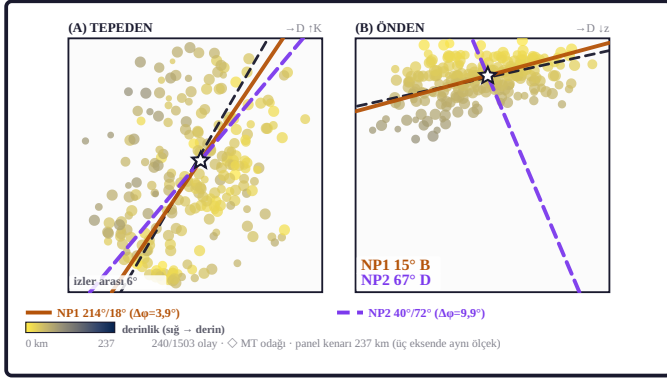
Şekil 2a–2d: Koyu kadranslar sıkışma, açık kadranslar genişleme kadranslarıdır; T eksenli sıkışma kadransının, P eksenli genişleme kadransının ortasında yer alır (Şekil 2a). Deviatorik (GCMT) tensörün çift kuvvet payı %99'dur. Nokta kaynak (çift kuvvet) yaklaşımında iki düzlem dalga alanında özdeşdir; büyük depremlerde sonlu fay çözümleri ve bağımsız geometri kanıtları (artçı uzanımı, oturtulan düzlem) düzlemi kısıtlar; gerilme kararsızlığı ise gerilme alanına dayanan ayrı türden bir ölçüttür. Büyüklük–zaman serimi pencere kataloğunun zaman içindeki gelişimini betimler: 7.143 olay, ilk–son olay arası 1.914 gün, en büyüğü M 8,9 (Şekil 2b). Ortalama büyüklük M 3,47, ortanca M 3,7'dir (tam katalog). Serimin düşey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M 1,9 altında, dörtte biri M 4,3 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 2,4 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 artçıların zamanını ya da yeni bir ana şoku öngörmez. Derinlik histogramı, odakların derinlik kutularına nasıl dağıldığını gösterir (Şekil 2d). Derinliği bilinen 7.143 kaydın 2.163 tanesi (%30) 10 km ve daha sığ, kalanı daha derindedir (tam katalog). Histogramın en yüksek çubuğu 1.347 olayla 0–5 km aralığındadır; bu çubuktaki 1.331 kayıt 0,0 km sabit derinlik atamasıdır ve tepe ölçülmüş bir dağılım tepesi olarak okunmamalıdır.

VERİ VE YÖNTEM

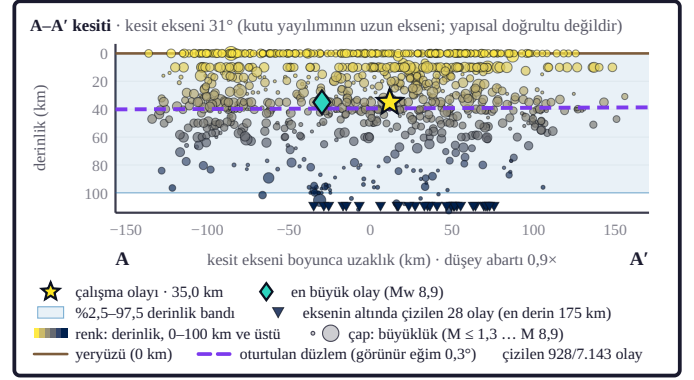
Katalog, olay merkezli kutuda 30.07.2020 – 27.10.2025 döneminde kaydedilmiş 7.143 olaydan oluşmaktadır (1.915 gün). Kayıtların kurum dağılımı: ISC 3.049, GSRAS 1.807, USGS 984, KAGSR 785, EMSC 403, GFZ 114, NOA 1. Büyüklük türü dağılımı: mb 3.531, türü belirtilmemiş 1.812, ML 1.406, MS 216, Mw 178. Çalışma alanı 229,0 × 229,6 km ($\approx 52.600 \text{ km}^2$) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = $111,32 \cdot \cos \varphi$ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri 51,457°K–53,533°K ve 158,548°D–161,926°D koordinatlarındadır. Katalog kayıtlarının %43'ü ISC kaynağından gelmektedir ve bu, kataloğa en çok kayıt veren kurumdur. ISC gözden geçirilmiş bülteni gerçek zamanın yaklaşık 24 ay gerisinden yayımlanmaktadır (International Seismological Centre, t.y.); buna göre pencerenin yaklaşık son 12 ayında (pencere sonu sorgu anından öncedir; bültenin ufkü pencerenin yalnız bu bölümünü dışarıda bırakır) bu kaynağın katkısı gözden geçirilmemiş kurum bildirimlerinden oluşmaktadır. Bu bölüm önceki dönemle aynı tamlık değildir; ona ait olay oranları ve tamlık büyüklüğü alt sınır olarak okunmalıdır. Bu rapor, olaydan 450 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi katalog penceresinin sonuna kadarki 90 güne sınırlıdır. Katalog sorgusu 18.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir.

Birleşik katalog okunurken veri tabanı değiştirilmeden bir onarım uygulanmıştır: aynı kurumun birbirinden 60 s'den uzak iki ayrı olay kimliğini taşıdığı hâlde birleştirilmede tek kayda indirgenmiş satırlar ayrı olaylara bölünmüştür.

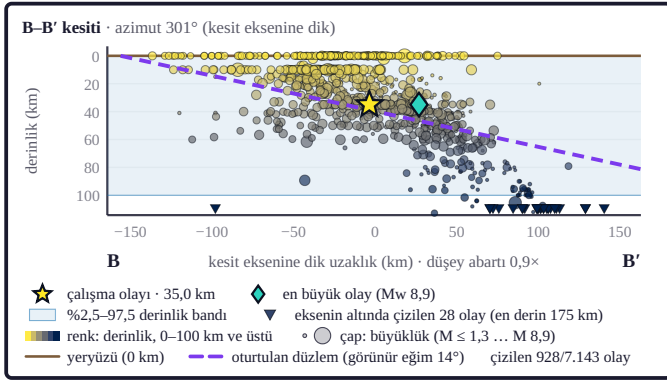
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI



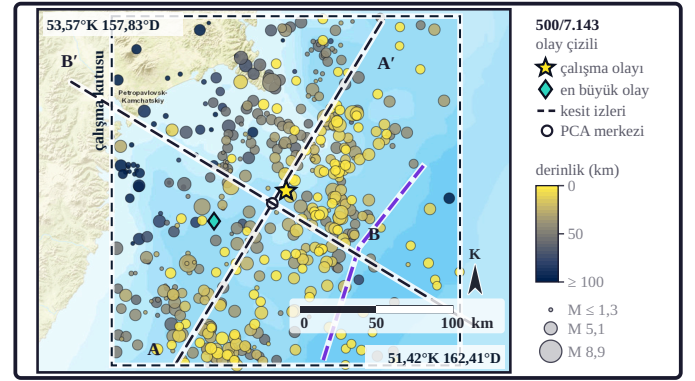
Şekil 3a. Düz kehribar çizgi NP1, kesikli mor çizgi NP2 düzlemini, renkli noktalar hiposantrleri gösterir. Düğüm düzlemi ikiliği hiposantr bulutuyla sınırlar, sınırların çift moment tensörünün iki düğüm düzlemidir, ölçüt ise hiposantr bulutunun uzaydaki geometrisidir. Bir çift kuvvet çözümü fay düzlemini tek başına seçemez — iki düzlem özdeş dalga alanı üretir, ayrımı ancak deprem bulutunun uzaydaki dizilimi yapılabilir. Paneller aynı üç boyutlu sahnenin ortogonal izdüşümleridir ve üç ekseninde de aynı km/piksel ölçeğini taşır: (A) tepeden bakış (sağa doğu, yukarı kuzey), (B) önden bakış (sağa doğu, aşağı derinlik), tam genişlikte ek olarak (C) yandan bakış (sağa kuzey, aşağı derinlik). Renkli noktalar gözlemdir — hiposantrler, dolgu rengi derinliği (açık siğ, koyu derin; aralık alt satırda yazılı), çapı büyüklüğü kodlar. Düz kehribar çizgi NP1'in, kesikli mor çizgi NP2'nin o kesit düzlemiyle arakesitidir (Düzlem geometrisi: Aki ve Richards, 2002, Box 4.4 [doğrultu/eğim/kayma → normal ve kayma vektörü] · bulut düzlemi: kovaryans matrisinin özvektörleri [toplam en küçük kareler] · düğüm düzlemi çifti moment tensörü çözümünden).



Şekil 3b. Olayların %95'i 0,0–100,0 km derinlik bandındadır; ortalama derinlik 30,0 km'dir (sabit atamalar dışlanınca 40,0 km). A–A' kesiti olayları kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca uzanan düşey düzleme izdüşürür. Sarı yıldız çalışma olayıdır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü verir. Alt kenardaki üçgenler derinlik ekseninin altında kalan olaylardır. Kesikli yatay çizgi kurumların varsayılan olarak atadığı sabit derinliktir. A–A' ve B–B' kesitleri aynı yatay açıklık ve aynı derinlik eksenine çizilmiştir (izdüşüm: çalışma kutusundaki olayların çizim örnekleme; derinlikler katalog hiposantrleridir; düzlem: ağırlık merkezli ana bileşen çözümü).



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 örnekleme; düzlem: ağırlık merkezli ana bileşen çözümü).



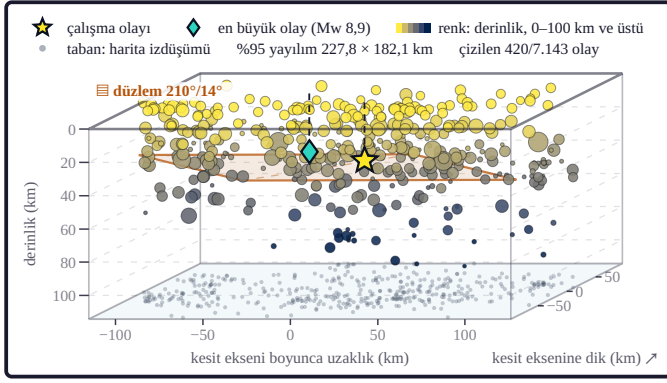
Şekil 3d. Derinlik renkli harita 7.143 olaylık katalogdan 500 olay gösterir. Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; kesikli A–A' ve B–B' doğruları kesitlerin harita izleridir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur; kutunun dışı sorgulanmamıştır, oradaki fay izleri bağlam içindir).

Şekil 3a–3d: Düzlemsellik ölçüsü $cp = 0,47$ olup bulut düzlemsel bir eğilim göstermekle birlikte belirgin saçılım taşımaktadır (Şekil 3a). Eğim 14° ile yataya yakındır; katalogdaki sabit derinlik atamaları bulutu derinlikte yassılaştırdığından eğim değeri güvenilir değildir. Düzlemin doğrultusu ile NP1 doğrultusu arasındaki fark 4° , NP2 doğrultusu arasındaki fark 10° 'dir; bu ölçüte göre bulut NP1 düzlemine daha yakındır. Derinlik eksenini katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Bu olayın yayımlanmış mekanizması ters faylanma sınıfındadır; düzlem geometrisi bu çözümle birlikte okunmalıdır (Şekil 3b). Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 1,25, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,00'dir; bulutun uzama oranı kadrajını belirgin biçimde aşmadığından (iki oranın oranı 1,25) ölçülen uzama büyük ölçüde kadrajın geometrisidir ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3c). Dik kesitteki dağılım, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrılmaz. Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, siğ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 7.143 kaydın 2.163 tanesi 10 km ve daha siğ, 4.980 tanesi daha derindir (tam katalog; Şekil 3d). Derinlik değerleri kurum çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri Tablo 3'te, derinlik dağılımının ölçüleri Tablo A1'de verilmiştir.

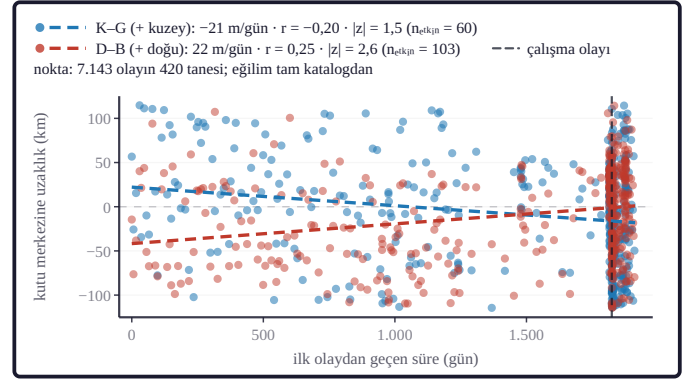
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Bu onarım pencereye 484 olay eklemiştir; bunların 188'i ana şoktan sonradır ve en büyüğü 30.07.2025 00:18:28 UTC'de gerçekleşen ML 5,8 büyüklüğündeki olaydır (ISC raporu). Çapraz-kaynak kopyaları (1) $\Delta t \leq 20$ s, $\Delta konum \leq 70$ km ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5$ s ve $\Delta konum \leq 60$ km (büyüklük ölçüsü farkı gözlemeksizin) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 2.910 kayıt düşürülmüştür; çıkan kayıtlarda temsilci, kurum önceliği (genel sıra: USGS, EMSC, GFZ, AFAD, KOERI, ISC, INGV; kümede Türkiye kaydı varsa ulusal ağ önce), moment büyüklüğü tercihi ve en yüksek büyüklük değeri sırasıyla seçilmiştir. Tüm istatistikler tekilleşmiş katalog üzerinde hesaplanmıştır. Çalışma olayının kendisi için bu sıra uygulanmamıştır: birleşik veri tabanında olayın temsilci kaydı (ISC) veri tabanının birleştirme aşamasında seçilmiştir ve yukarıdaki tekilleştirme önceliğinden bağımsızdır; bu çalışmada olayın hiposantr ve büyüklüğü için otorite kurumun (USGS) çözümü benimsenmiştir. Kendi hizmet bölgesi dışında kalan bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (uzak ağ kayıtları; $M \geq 2,0$) ayrı bir kuralla ele alınmıştır: en az iki kurumun bildirdiği olayla $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta konum \leq 300$ km ve büyüklük farkı $-0,5$ ile $+1,5$ arasında eşleşen 150 kayıt o olayın kopyası sayılmış, eşi bu ölçütlerle bulunamayan 728 kayıt ise bağımsız bir olay olduğu doğrulanmadığından istatistiklere alınmamıştır. Böylece sorgudan dönen 10.931 kayıttan 3.788'i ayrılmış ve çözümlene 7.143 olayla yapılmıştır. Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantr veren kurumun (USGS) kendi büyüklüğüdür: Mw 8,8 (moment büyüklüğü sınıfı). Öteki kurumların bildirdiği büyüklükler olay küyesinde bölümlenmiş karşılaştırılmıştır; farklı ölçeklerdeki değerler aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden tek bir yayılım istatistiğinde toplanmamıştır. Katalog kaydının taşıdığı 8,7 değeri (ISC MW) benimsenen değerden 0,1 birim düşüktür.

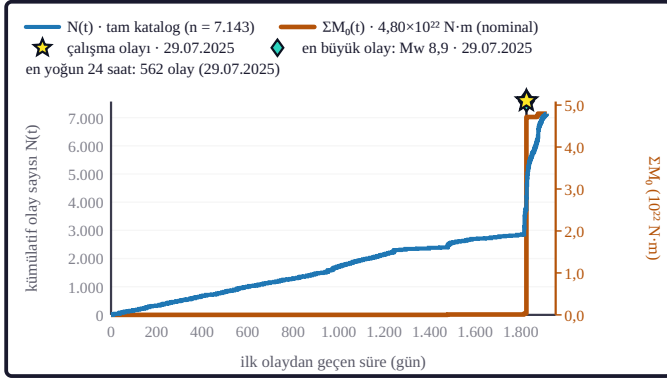
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



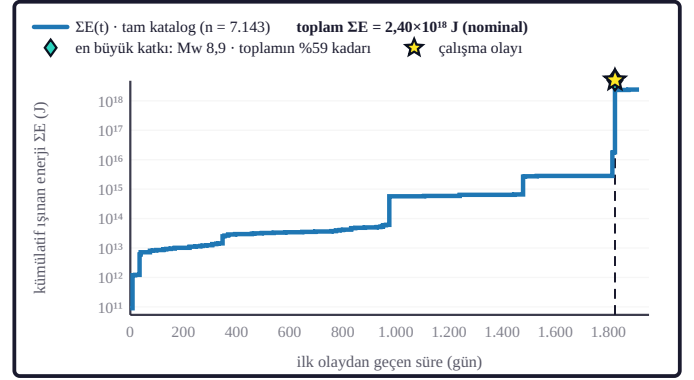
Şekil 4a. Yatay kesit eksen (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca, sağ üste kaçan eksen ona dik uzaklığı, düşey eksen derinliği verir. Derinlik eksen kesitlerle aynıdır; turuncu levha oturtulan düzlemdir. Yıldızdan ve elmadan üst yüze çıkan kesikli çizgiler olayların yüzeydeki izdüşümünü gösterir (kabinet izdüşümü; üç eksen aynı ölçeklidir; blok kenarları %95 yayılımın 1,06 katıdır).



Şekil 4b. Dış merkez koordinatlarının zaman serisinde mavi noktalar kuzey-güney, kırmızı noktalar doğu-batı bileşenidir. Yatay eksen pencerenin ilk olayından geçen süre (gün), düşey eksen kutu merkezine uzaklıktır (km); iki bileşen aynı ölçekte olduğundan eğimleri doğrudan kıyaslanabilir. Kesikli doğrular her bileşenin en küçük kareler eğilimidir; eğim, Pearson korelasyon katsayısı ve etkin örneklem büyüklüğüyle hesaplanan Fisher z değeri lejantıdır. Düşey kesikli çizgi çalışma olayının anını işaretler.



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



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

Şekil 4a-4d: Düşey yayılımın uzun yatay kenara oranı 0,44'tür; yatay yayılım düşey yayılımı aşmaktadır (Şekil 4a). Bloktaki yoğunlaşmalar, etkinliğin tek bir düzlem üzerinde mi yoksa birden çok parça üzerinde mi geliştiğini görsel olarak ayırt etmeye yarar; kesitlerdeki iki boyutlu izdüşümde üst üste düşen kümeler burada ayrışabilir. Dış merkez koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 4b). Kuzey-güney ve doğu-batı bileşenleri kutu merkezine göre kilometre cinsinden aynı eksenle verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının anını işaretler. Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 4c). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 3,7 olay/gün düzeyindedir; eğrideki dikleşmeler bu ortalamanın belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Kümülatif ışınan enerji basamakları, toplam boşalmanın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 4d). Pencerede ışınan toplam enerji $2,40 \times 10^{18}$ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden). Pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 4'te, raporlanmayan çözümler ve eleme gerekçeleri Tablo A2'de, çekince düşülen çözümler ve çekince gerekçeleri Tablo A3'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A4'te verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Duyarlılık: sismik moment ve yayılan enerji büyüklüğün 1,5 katı üstel bağıntısıyla ölçeklendiğinden, 8,7 alınsaydı M_0 ve E değerleri $\approx 1,4$ kat küçük çıkardı; bu çalışmadaki kaynak fiziki değerleri benimsen 8,8 değerine dayanır. Moment ve enerji toplamlarında büyüklük türleri arasında ampirik dönüşüm uygulanmamıştır: moment türü büyüklük taşıyan 178 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 6.965 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplam bu etiketle verilmiştir.

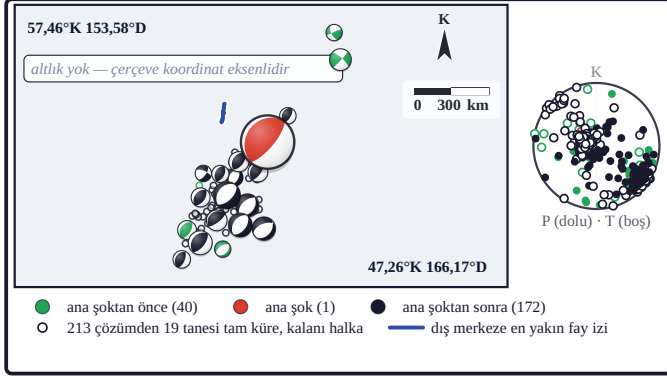
Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır). Konum kalitesi alanları — varış artığı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ), en yakın istasyon uzaklığı — birleşik katalogta taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanamamıştır.

Derinlik istatistikleri çözüm kalitesine bağlıdır: kayıtların %19'unun derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığından 0,0 km'dir ($1.331/7.143$); bu değer, derinlik çözümlenmeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %30'unu oluşturmaktadır ($2.165/7.143$); derinlik ortancası ve derinlik bandı bu yapay yığınun etkisi altındadır. Derinliğe dayanan ölçüler (derinlik bandı, kesit geometrisi, düzlem uydurması) bu çekinceyle verilmiştir. Hiposantr bulutu geometrisi 3B kovaryans özdeğer ayrışımıyla (ana bileşen çözümlemesi; Shearer vd., 2003) incelenmiş; şekil, Westin ölçüleriyle raporlanmıştır: $cl = (\lambda_1 - \lambda_2)/\Sigma\lambda$, $cp = 2(\lambda_2 - \lambda_3)/\Sigma\lambda$, $cs = 3\lambda_3/\Sigma\lambda$ ($cl + cp + cs \approx 1$, yuvarlama).

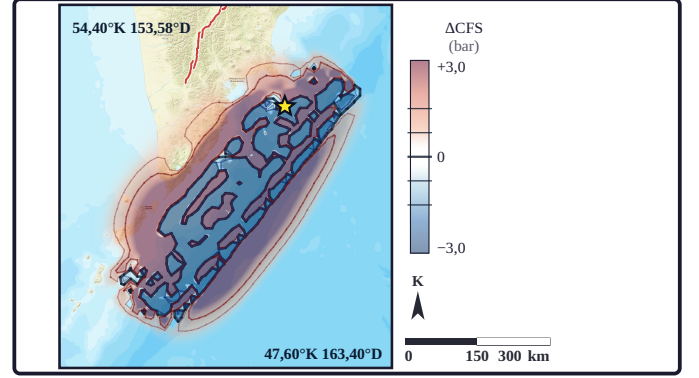
Tamlık büyüklüğü M_c , üç ölçütün verdiği eşiklerin en büyüğü olarak benimsenmiştir: azami eğrilik (+0,2 düzeltmeyle), uyum iyiliği (gözlenen dağılımın en az %90 oranında üst yasayla modellenilebildiği eşik; Wiemer ve Wyss, 2000) ve b-kararlılığı (ardışık 5 eşik değerinde, her biri en az 50 olayla kestirilen b'nin kararlı kaldığı eşik; yöntemlerin karşılaştırması için Woessner ve Wiemer, 2005). Pencere katalogunun tamamında eşliği uyum iyiliği ölçütü belirlemiştir: $M_c = 4,1$. Pencere olay öncesi ve sonrası dönemlerde farklı tamlıkta olduğundan raporlanacak (birincil) b değeri olay öncesi dönemden kestirilir; bu dönemde eşigi uyum iyiliği ölçütü belirlemiştir: $M_c = 3,5$ (olay öncesi dönemin b değeri aşağıdaki kuyruk ölçütüyle raporlanmamıştır). b-değeri bu eşğin üzerindeki olaylardan en büyük olabilirlik kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik $M_c - \Delta M/2$ kutulama düzeltmesi (Utsu, 1966) uygulanarak hesaplanmıştır. b değerlerinin belirsizliği için 3 kestirim hesaplanır (Shi ve Bolt, 1982; Aki, 1965; yeniden örnekleme) ve en büyüğü benimsenir; yeniden örneklemede (bootstrap) M_c ve b birlikte yeniden kestirilir. Tamlık büyüklüğü ölçütlerinin sayısal eşikleri bu çalışmanın işletimsel seçimleridir. b değerinin raporlanması ayrıca büyüklük-frekans dağılımının üst kuyruğunda sınanmıştır: yasadan beklenen olay sayısının en az 1 olduğu, 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde bu sayı katalogta gözlenen olay sayısı ile binom olasılığı üzerinden karşılaştırılmış; en küçük olasılık 0,01'in altındaysa b raporlanmamıştır (işletimsel ölçüt).

Odak mekanizması ve moment-tensör çözümleri Global CMT (GCMT) katalogundan alınmıştır (Ekström vd., 2012).

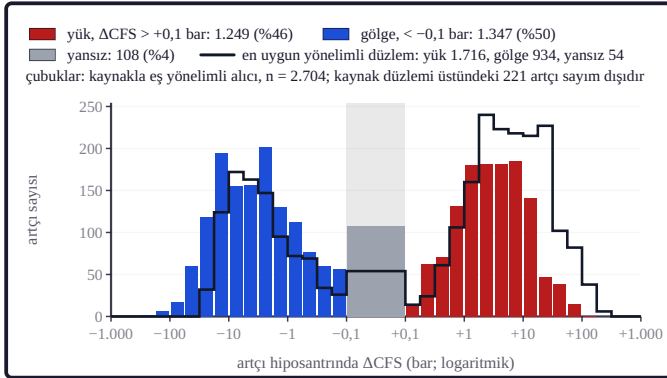
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



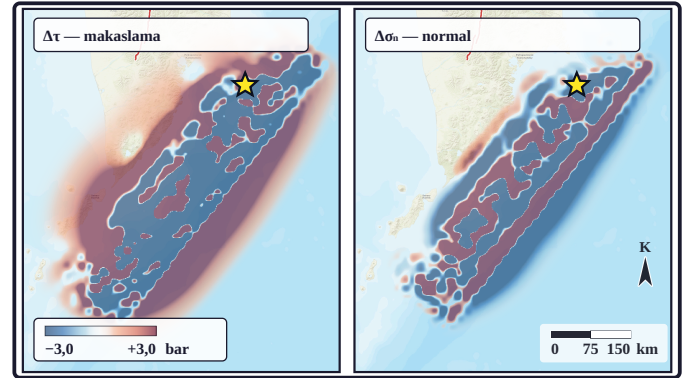
Şekil 5a. Arama penceresinin (ana şoktan 180 gün önce – 30 gün sonra, 660 km yarıçap) odak mekanizması haritasında her odak küresi bir moment tensörü çözümüdür. Mw, çözümü yayımlayan kurumun moment tensörü büyüklüğüdür ve gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. Küre rengi ana şoka göre zamanı (yeşil önce, kırmızı ana şok, siyah sonra), çapı büyüklüğü taşır. Küreler alt yarıküre eşit alan izdüşümündedir; mavi çizgi dış merkeze en yakın fay izi, ince kırmızı çizgiler haritalanmış diri fay izleridir. Zaman sınıfları bir pencere kuralından gelir ve bir yorum değildir. Arama penceresi raporun analiz penceresinden farklıdır (moment tensörleri ve Mw: Global CMT, Ekström vd., 2012; izdüşüm: Lambert alt yarıküre eşit alan).



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



Şekil 5c. Coulomb nokta sınaması, artçıların kendi hiposantrlarında hesaplanan ΔCFS değerlerinin dağılımını verir. Artçı konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır. Kırmızı çubuklar yük artışını, mavi çubuklar gerilme düşüşünü, gri bant iki eşik arasındaki yansız aralığı gösterir; çizgi en uygun yönelimli düzlem için aynı dağılımdır (eşik 0,1 bar = 0,01 MPa; Hardebeck vd., 1998).



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

Şekil 5a–5d: Arama penceresindeki zaman sınıfları (ana şoktan önce, ana şok, ana şoktan sonra) çözümün yalnız ana şoka göre zamanını bildirir ve bir pencere kuralından gelir; ana şoktan önceki bir çözümün öncü deprem olduğu anlamına gelmez (Şekil 5a). ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 5b). Nokta sınamasının histogramı, artçıların kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yüklem, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 5c). Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 5d). Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 5'te, mekanizma dizisi Tablo 6'da verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür ($\mu = 0,6$; 5 yineleme; belirsizlik 200 yeniden örnekleme $\%2,5$ – $\%97,5$ aralığıyla verilmiştir, yönün kısıtlanma düzeyi ise odak mekanizması açlarına gürlütlü 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.

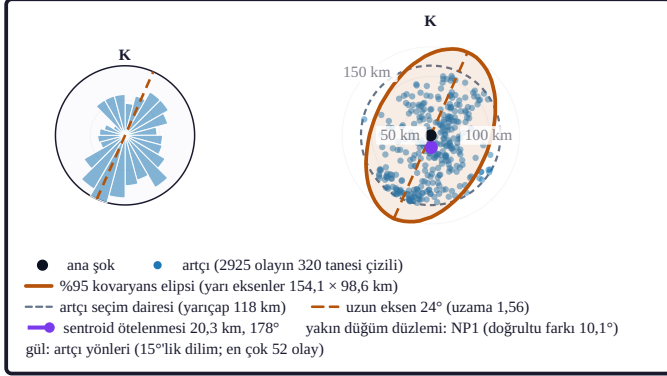
Dizi sınıflaması çalışma olayının kendi dizisine uygulanmıştır; dizi, çalışma olayı ile olaydan sonraki 90 gün içinde 115 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresine (Gardner ve Knopoff, 1974) düşen olaylardan oluşur. Dizi sınıflaması ölçütü şöyledir: dizinin en büyük iki olayı arasındaki büyüklük farkı $\Delta M \leq 0,3$ ise çift deprem, $\Delta M > 0,3$ ve çalışma olayının dizi momentindeki payı $\geq \%50$ ise ana şok–artçı dizisi, bu iki koşul sağlanmazken en yakın komşu kümelenmiş bağ oranı (Zaliapin ve Ben-Zion, 2013a) $> \%50$ ise sürü; koşullar sağlanmazsa dizi sınıflanmamıştır. Dizi sınıflamasının eşikleri literatürden alınmamıştır; bu çalışmanın işletimsel ölçütleridir. Büyüklük farkı ve moment payı katalog büyüklüklerinden hesaplanmıştır.

Arka plan dönemi olarak çalışma penceresinin başlangıcından geriye uzanan ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık pencere (01.08.2015 – 30.07.2020) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (3.854 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır.

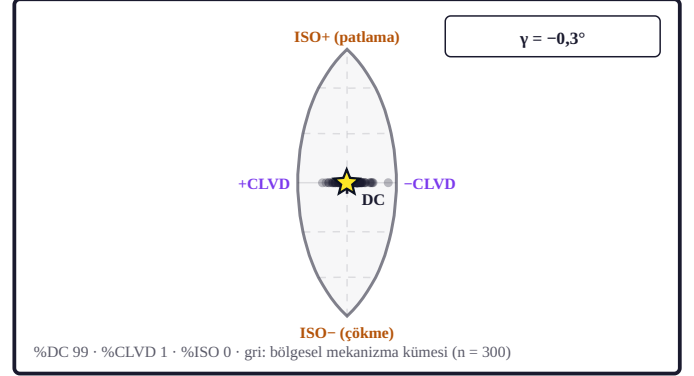
OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

29.07.2025 tarihinde 23:24:52 UTC'de 2025 Kamchatka Peninsula, Russia Earthquake çevresinde, 52,4948°K, 160,2395°D koordinatlarında (USGS çözümü), odak derinliği 35,0 km olan Mw 8,8 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Pencere katalogunda, $M \geq 3,0$ büyüklüğünde ve en az iki kurumun çözdüğü 207 olayda farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 19,2 km, yüzde doksanlık değeri 42,9 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 70 km); bu ölçü kurumlar arası farktır, bir konum hatası kestirimi değildir ve eşleştirme toleransına koşulludur. Odak derinliği kurum çözümlerinde 20,0 ile 35,0 km arasında değişmektedir; bu değerlerin tümü siğ odak sınıfına düşer ($h < 70$ km). Uzak ağ çözümü (INGV; derinlik 35,0 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Olayın katalog kaydı GFZ, EMSC, USGS, INGV ve ISC çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr USGS çözümüdür. Moment ölçeğindeki 3 kurum kaydı Mw 8,8 değerinde birleşmektedir; GCMT moment büyüklüğü Mw 8,73 olarak verilmektedir. Aktarılmış çözüm (ISC Mw 8,7; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum ölçümü sayılmamıştır. Uzak ağ çözümü (INGV Mw 8,6) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmamıştır. Konum çözümünün yayımlanmış kalite ölçütleri şunlardır: varış artığı RMS = 0,73 s, azimut boşluğu 30°, istasyon/faz sayısı 251, en yakın istasyon 123 km (çözüm durumu: gözden geçirilmiş). Yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ) bu katalogta yayımlanmamıştır.

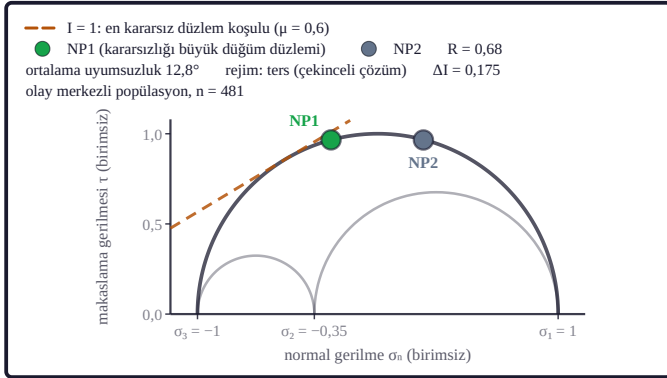
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



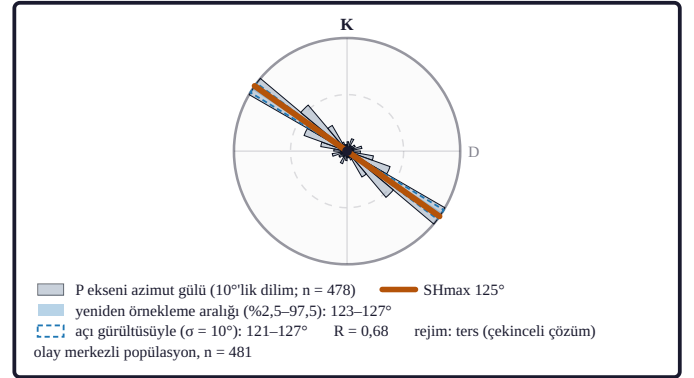
Şekil 6a. Ana şok merkezli düzlemde artçı bulutu (mavi) ve %95 kovaryans elipsi (turuncu) gösterilmiştir. Elips, artçı konumlarının kovaryansından Gauss dağılımı varsayımıyla kurulan bir yayılım ölçüsüdür; artçıların %95'ini içeren bir sınır değildir. Turuncu kesikli doğru elipsin uzun eksenidir, mor ok artçı sentroidinin ana şoka göre ötelenmesidir; gri çemberler ana şoka uzaklığı kilometre cinsinden ölççekler, gri kesikli çember artçıların seçildiği dairedir. Bulut bu daireye dayandığından uzama oranı seçim yarıçapıyla sınırlıdır (gerçek değer için alt sınır) ve sentroid dış merkeze doğru yanlıdır. Uzama oranı 1'e yaklaştıkça bulut izotroplaşır ve yön kestirimi zayıflar; elips ölçüleri ve uzun eksene yakın düğüm düzlemi lejanttadır (telesismik ikinci moment ölçüsünün artçı konumlarına uyarlanmış vekili: McGuire vd., 2002).



Şekil 6b. Tape ve Tape kaynak tipi lune'unda sarı yıldız bu olayın moment tensörünü, artı imi saf çift kuvvet (DC) merkezini gösterir. Çerçeve $\gamma \in [-30^\circ, +30^\circ]$ ve $\delta \in [-90^\circ, +90^\circ]$ aralığının Hammer eşit alan izdüşümüdür; kesikli yaylar $\delta = 0, \pm 30^\circ$ ve $\pm 60^\circ$ enlemleridir. Sağ ve sol kenarlar $\pm$ CLVD uçları, kutuplar izotropik patlama ve çökme uçlarıdır. Gri noktalar bölgesel mekanizma kümesinin çözümleridir; alt satırdaki yüzeler DC/CLVD/ISO ayrışımıdır (lune: Tape ve Tape, 2012; ayrışım: GCMT tensöründen).



Şekil 6c. Gerilme inversiyonunun normalleştirilmiş Mohr diyagramında yatay eksen normal gerilme σ_n , 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).



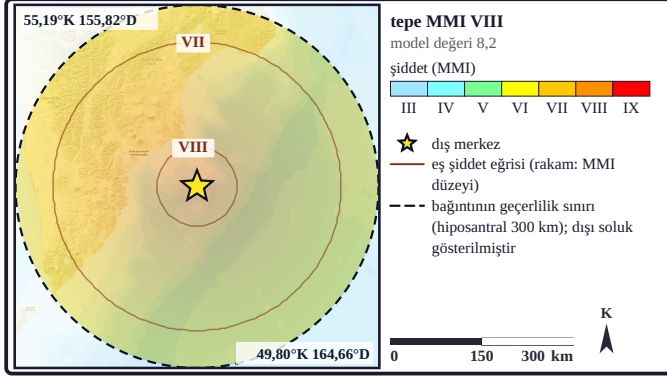
Şekil 6d. Çekinceli çözüm: $SH_{max} = 125^\circ$; rejim ters faylanmadır (olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu). Kuzeyi yukarıda olan gül diyagramında turuncu çift uçlu eksen gerilme inversiyonundan bulunan SH_{max} azimutunu, mavi yelpaze bu azimutun %2,5–97,5 yüzdelik aralığını (eksenel olduğundan karşı ucuyla birlikte) gösterir. Kesikli mavi sınır, her mekanizmanın doğrultu, eğim ve kayma açısına $\sigma = 10^\circ$ 'lik rastgele gürültü de eklenerek yinelenen tersininin aynı yüzdelik aralığıdır (Vavryčuk, 2014). Gri sektörler bölgesel mekanizma kümesinin P eksen (kısaltma) azimut gülüdür (10°'lik dilimler; yarıçap sayımın kareköküyle orantılı). İç kesikli çember yarı ölçek halkasıdır; şekil oranı R ve rejim sınıfı lejanttadır (SH_{max} yönü: Lund ve Townend, 2007; rejim sınıfı: Dünya Gerilme Haritası kuralı).

Şekil 6a–6d: Artçı bulutu kovaryans elipsinin uzun eksen boyu uzamıştır; ana şok artçı sentroidine yakın konumdadır (Şekil 6a). Elips ve sentroid ölçüleri artçı bulutunun geometrisinden türetilmiş vekil niceliklerdir; dalga formlarından yapılmış bir yönülülük 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 6b). Çift kuvvet payı %90'ın üzerindedir; kaynak, düzlemsel bir fay üzerindeki makaslama kırılmasıyla uyumludur. Bölgedeki 300 Global CMT çözümünün ortanca çift kuvvet payı %91,8 olup 9 çözümde bu pay %50'nin altında, 218 çözümde %80 ve üzerindedir. Gerilme inversiyonu çözümü çekincelidir; yinelemeli düzlem seçimi 5 yinelemede yakınsamamış, kararsızlık ölçütüyle seçilen düzlem kümesi kararlı hâle gelmemiştir; değerler bu çekinceyle verilmiştir (Şekil 6c). Gerilme inversiyonu çözümü çekincelidir (gerekçe gövdede ve çekince düşülen çözümlerler çizelgesindedir); değerler bu çekinceyle verilmiştir (Şekil 6d). Asal gerilme eksenlerinden en dik olanı σ_3 eksenidir (dalım 71°); Anderson sınıflamasında rejim sınıfı bu dik eksenden belirlenir. Gürültülü yeniden örneklemede kullanılan 10° açılı gürültüsü ölçülmüş değil varsayılmış bir mekanizma belirsizliğidir; tek tek çözümlerin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından (GCMT tensör bileşenlerinin standart hataları kullanılmamıştır) gürültülü aralık bu varsayımı bağlar.

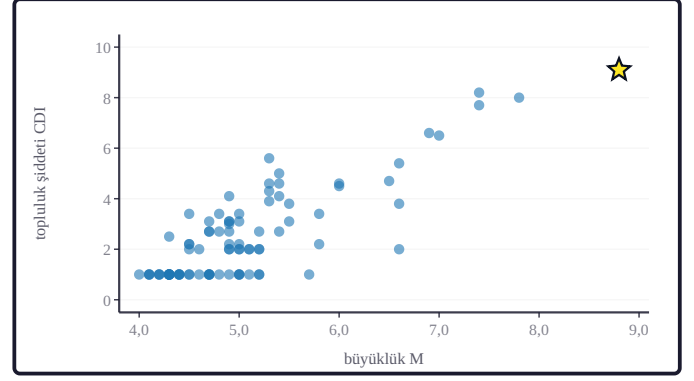
KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ

Sismik moment $M_0 = 1,577 \times 10^{22}$ N·m'dir (Mw 8,73; GCMT skaler momenti). Bu büyüklükten $\log_{10} E = 1,5 \cdot Mw + 4,8$ bağıntısıyla türetilen nominal ısınan enerji $E \approx 7,9 \times 10^{17}$ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5 \times 10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ısınan enerji değildir. Gerilme düşümü, yayımlanmış kayma modelinin boyutlarıyla ($L = 620$ km, $W = 60,0$ km) ve eğim atımlı dikdörtgen fay bağıntısıyla (Kanamori ve Anderson, 1975) $\Delta \sigma = C \cdot M_0 / (W^2 \cdot L)$ biçiminde $\Delta \sigma \approx 6,0$ –12 MPa aralığında kestirilmiştir; alt sınır yüzeye ulaşan kırığa ($C = 0,85$), üst sınır derine gömülü kırığa ($C = 1,70$; bu çalışmada türetilmiştir) karşılık gelir. Kırığın yüzeye ulaşp ulaşmadığı belgelenmediğinden aralık içinde tek bir nokta değer seçilmemiştir. Bağlantıda gerilme düşümü $W^2 \cdot L$ ile ters orantılı olduğundan kestirim öncelikle kırık boyutunun seçimine duyarlıdır: Allen ve Hayes (2017) ölçeklemesinin dalma-batma arayüzü bağıntısının boyutlarıyla ($L = 399$ km, $W = 195,0$ km) aynı bağıntı 0,88–1,8 MPa vermektedir. Geometri varsayımının etkisi de sınımlıdır: eşdeğer alanlı dairesel çatlak ($R = 108,8$ km) 5,4 MPa vermektedir. Birincil kestirimle birlikte incelenen 3 seçeneğin tümünde nokta değer 5,4–5,4 MPa, aralığın sınırları 0,88–12 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.

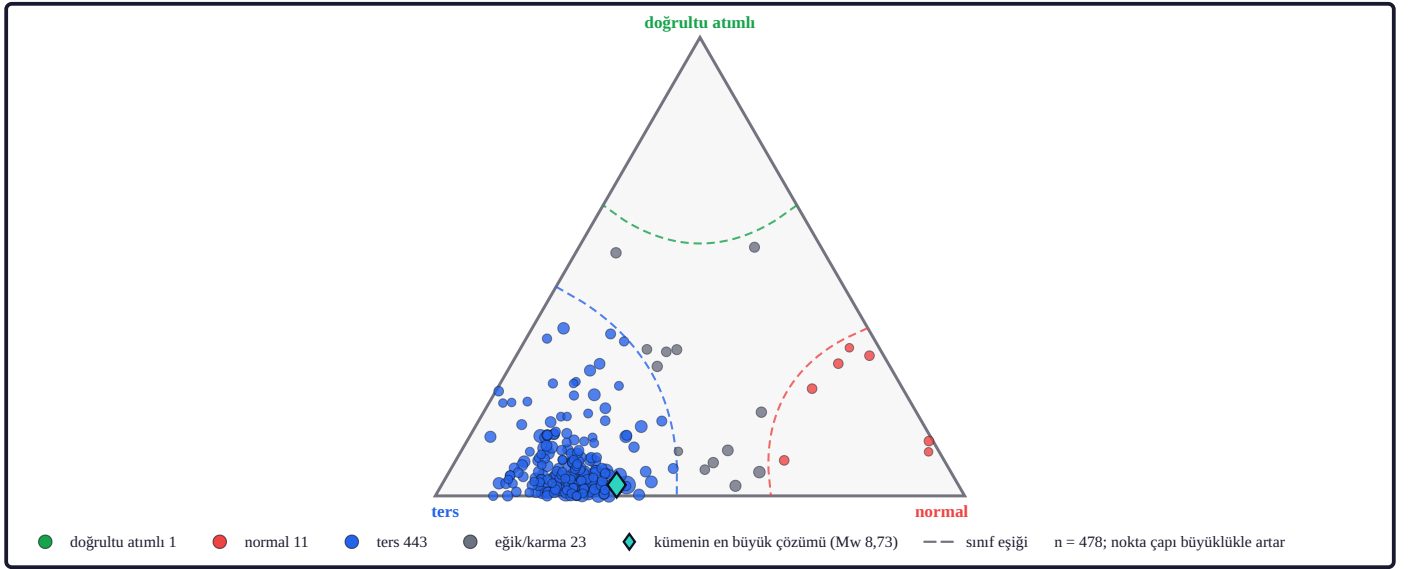
YER HAREKETİ VE ETKİ · GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



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



Şekil 7b. Bölgedeki depremlerin topluluk şiddeti (CDI) büyüklüklerine karşı çizilmiştir; yıldız çalışma olayının bildirim kayıdır (veri: USGS “Did You Feel It?” [DYFI]; yöntem: Atkinson ve Wald, 2007).



Şekil 7c. 478 çözümün %93'ü ters sınıfındadır (%95 Wilson aralığı %85–97; 84 bağımsız küme). Alt uç %70 baskınlık eşiğinin üzerinde kaldığından bu sınıf baskın sayılmıştır. Bağımsız kümeler Gardner–Knopoff pencereleriyle ayrılmıştır. Frohlich üçgeninde her nokta bir odak mekanizması çözümünün P, T ve B eksenlerinin dalım açılarından gnomonik izdüşümüyle kurulan konumudur (köşeler: ters, normal, doğrultu atımlı). Renkli kesikli eğriler sınıf eşikleridir (B dalımı 60°, P dalımı 60°, T dalımı 50°); nokta rengi sınıfı, gri renk hiçbir eşiği aşmayan eşik/karma çözümleri, nokta çapı büyüklüğü, turkuaz elmas kümedeki en büyük çözümü gösterir; sınıf sayımları lejantıdır (Frohlich, 1992 gnomonik üçgeni; Frohlich ve Apperson, 1992 eşikleri; çözümler: Global CMT, Ekström vd., 2012).

Şekil 7a–7c: Model şiddet alanı, şiddet-azalış bağıntısının uzaklıkla düşen halkalarını harita üzerinde verir; dış merkez yakınında hesaplanan tepe şiddet MMI VIII (model değeri 8,2) düzeyindedir (Şekil 7a). Model hesabına yerel zemin etkisi katılmamıştır; gözlenen şiddet dağılımı bu haritadan değil makrosismik verilerden okunur. Şekildeki bulut, bölgede DYFI kaydı bulunan 87 olayın bildirilen en büyük topluluk şiddetini (CDI) büyüklüğe karşı vermektedir; yıldız çalışma olayının kayıdır (Şekil 7b). Çalışma olayının topluluk şiddeti bölge bulutundaki en yüksek değerdir. CDI gönüllü çevrimiçi bildirimlerden derlenir ve yerleşim yoğunluğuna bağlıdır; aletsel şiddetin yerine geçmez. Hiçbir eşiği aşmayan 23 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eşik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 7c). Bölgesel mekanizma kümesindeki çözümlerin büyüklükleri Mw 4,7–8,7 aralığındadır; en büyük çözüm ters sınıfındadır. Sınıf sayısı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir.

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

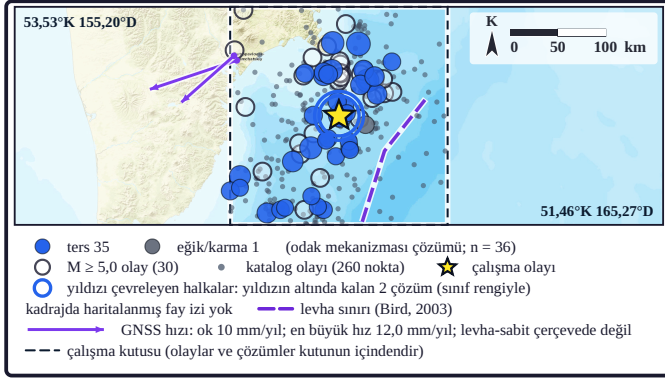
Duyarlılık olarak erken artçı zonu (ana şoka uzaklıkların %90 yüzdeliği; ilk 2 gün) üzerinden alınan $R = 111,7$ km yarıçaplı dairesel çatlak (Eshelby, 1957) $\Delta\sigma \approx 4,95$ MPa ($n = 709$ olay) vermektedir; artçı zonu kaynak yarıçapı olmadığından bu değer benimsenen kestirim değildir.

ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

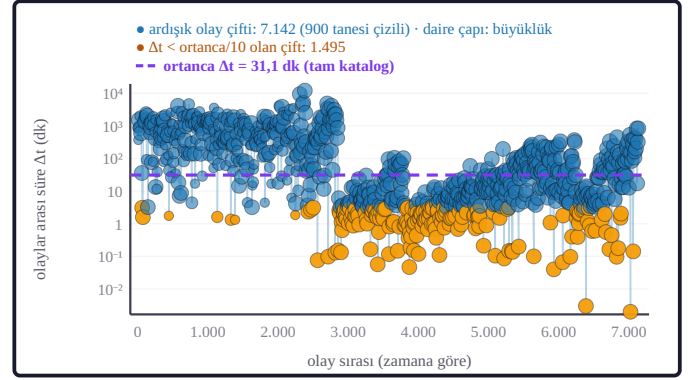
GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açılarıyla $214^\circ/18^\circ/84^\circ$ (NP1) ve $40^\circ/72^\circ/92^\circ$ (NP2) olarak verilmektedir; kayma NP1 üzerinde ters atım, NP2 üzerinde ters atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü Mw 8,73'tür. Mekanizma ters (bindirme) faylanma sınıfındadır. Kabuk sıkışmakta, bir blok diğerinin üzerine binmektedir.

GCMT deviatorik moment tensörünün lune ayrışımı %DC = 99,0, %CLVD = 1,0 vermektedir ($\gamma = -0,3^\circ$; %ISO = 0 ve $\delta = 0$ değerleri ölçüm değil, GCMT çözümünün deviatorik kısıtı gereğidir). Yüksek çift-kuvvet oranı, düzlemsel bir fay üzerinde basit makaslama kırılmasını gösterir. Ayrışım olayın kendi GCMT çözümü (± 180 s eşleşmesi) tensöründen hesaplanmıştır. Olay merkezli mekanizma popülasyonunun (olay merkezinden $\pm 1,2^\circ$; kataloğun bütün dönemi, çözüm yılları 1976–2026; $n = 481$) yinelemeli gerilme inversiyonu çekinceyle verilmiştir: düğüm düzlemi seçimi 5 yinelemeye yakınsamamış, yineleme üst sınırında durdurulmuştur. Bu çekinceyle çözüm, en büyük yatay sıkışma yönünü $SH_{max} = 125^\circ$ (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: $123\text{--}127^\circ$), gerilme şekil oranını $R = 0,68$ (0,55–0,77) ve rejimi ters faylanma olarak vermektedir; ortalama uyumsuzluk $12,8^\circ$ düzeyindedir. Şekil oranı $R = (\sigma_1 - \sigma_2)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ biçiminde tanımlıdır (asal gerilmeler basınç pozitif, $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$); 0'a yakın değer σ_2 'nin σ_1 'e, 1'e yakın değer σ_3 'e yakın olduğunu gösterir. Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Bölgesel mekanizma kümesinin (aynı dönem; $n = 478$) çözümleri Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle (B dalımı $> 60^\circ$ doğrultu atımlı, $P > 60^\circ$ normal, $T > 50^\circ$ ters; geri kalanı eşik/karma) sınıflanmış ve Frohlich (1992) üçgeninde gösterilmiştir: 1 doğrultu atımlı, 11 normal, 443 ters ve 23 eşik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf ters faylanmadır: 478 çözümün 443'ü (%93) bu sınıftadır. Oranın %95 Wilson (1927) aralığı %85–97'dir; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay-zaman pencereleriyle ayrılan 84 bağımsız kümeye göre hesaplanmıştır. Aralığın alt sınırı (%85) bu çalışmanın baskın sınıf nitelemesi için aradığı işletimsel eşiğin (%70) altına imediğinden küme baskın biçimde ters faylanmalı olarak nitelenmiştir. Eşik kullanmayan en dik eksen sınıflamasında sayım 6 doğrultu atımlı, 22 normal ve 450 ters çözümdür; bu sınıflama eşik/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.

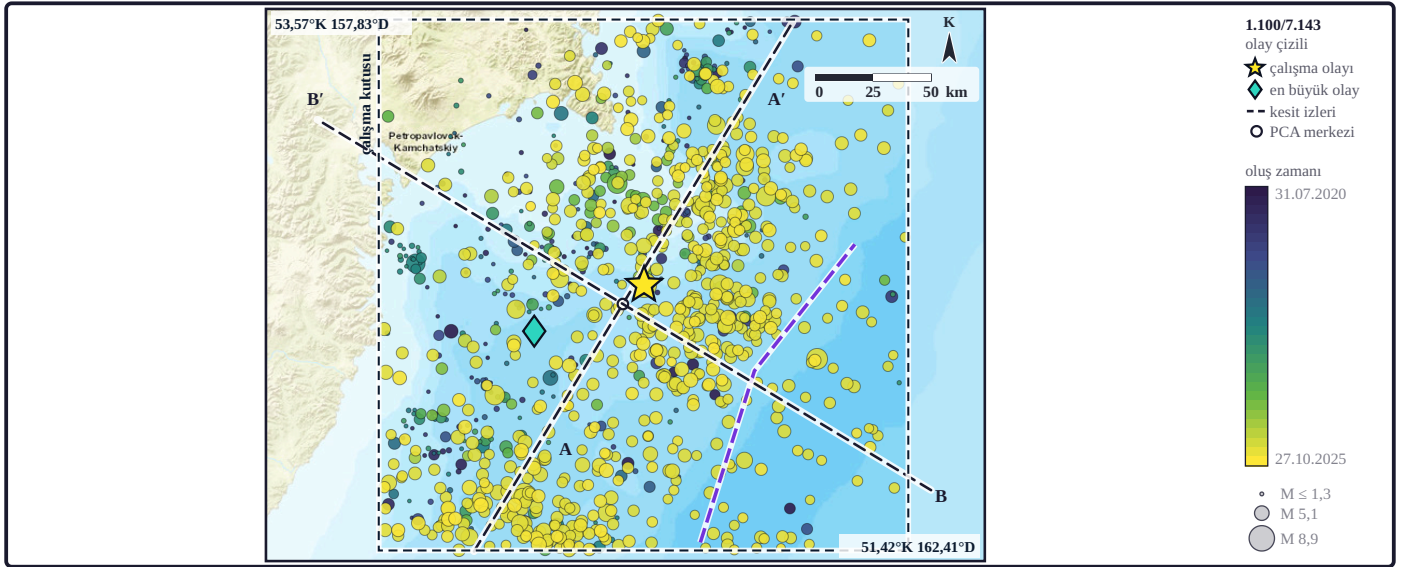
BÖLGESEL TEKTONİK ÇERÇEVE · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 8a. Haritada odak mekanizması çözümleri ve GNSS hız vektörleri birlikte gösterilmiştir. Renkli dairelerde renk mekanizma sınıfını, çap büyüklüğü kodlar. Mor oklar GNSS istasyonlarının yatay hız vektörleridir (başvuru oku ve en büyük hız lejantıdır). İçeride boş halkalar $M \geq 5,0$ olayları, küçük gri noktalar katalog sismisitesini, sarı yıldız çalışma olayının dış merkezini gösterir; kesikli mor çizgiler Bird (2003) levha sınırlarıdır (GCMT mekanizmaları; GNSS: Nevada Geodetic Laboratory [NGL] MIDAS hızları, Blewitt vd., 2016, 2018; hızlar levha-sabit çerçevede değildir, levha-görelî hareket olarak okunamaz; levha sınırları: Bird, 2003; faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020] — CC BY-SA 4.0).



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



Şekil 8c. Daire rengi oluş zamanını (koyu mor en eski → sarı en yeni), çapı büyüklüğü verir. Öbür imler Şekil 3d'deki gibidir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur).

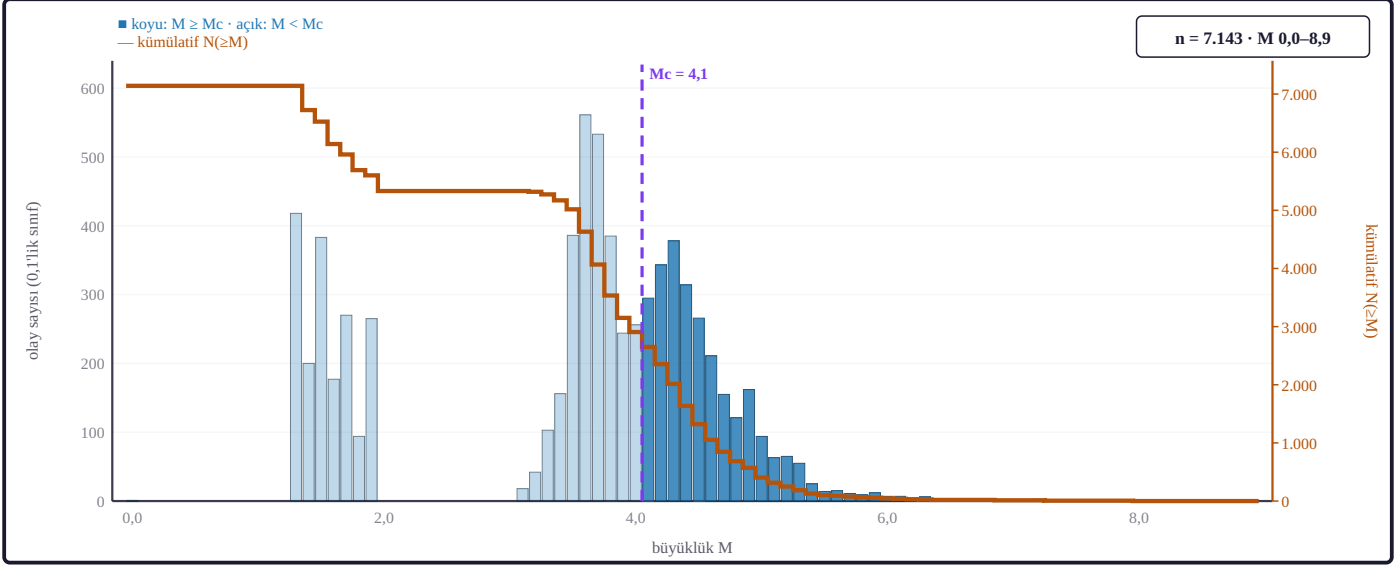
Şekil 8a–8c: Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını levha sınırları (Bird, 2003) ve 2 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 8a). Kadarajda erişilebilir kataloglarda haritalanmış fay izi bulunmamaktadır. Vektörler istasyonların uzun dönemli hızlandır; hızlar levha-sabit bir çerçevede verilmediğinden levhaya görelî hareket olarak okunmamalıdır ve pencere içindeki dizinin anlık deformasyonunu göstermez. Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 8b). Ortanca bekleme süresi 31,1 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değerin onda birinden kısa 1.495 aralık ölçülmüştür (7.142 aralıkta); bu sayı Poisson (üstel bekleme) beklentisinin (478,3) üstündedir (binom $P(X \geq 1.495) < 0,001$) ve tetiklenmiş etkinlikle uyumludur.

Dış merkezler oluş zamanına göre renklendirilerek etkinliğin kadaraj içinde nasıl dolduğu gösterilmektedir (7.143 olay; ilk–son olay arası 1.914 gün; Şekil 8c). Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzif ayrımına gidilmemiştir. Yayınlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A5'te 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, 660 km yarıçapta ve $M_w \geq 4,0$ eşliğinde 213 çözüm bulunmuştur; 40 çözüm çalışma olayından önceki döneme, 1 çözüm çalışma olayının kendisine, 172 çözüm olaydan sonraki döneme aittir.

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI



Şekil 9. Pencere kataloğunun tamamında tamlık büyüklüğü $M_c = 4,1$ olarak benimsenmiştir (uyum iyiliği ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %90,5 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı Mw 8,9 büyüklüğündedir. Mavi çubuklar 0,1 genişliğindeki büyüklük sınıflarına düşen olay sayısıdır (sol eksen); turuncu eğri kümülatif $N(\geq M)$ sayımıdır (sağ eksen). Mor kesikli çizgi pencere kataloğunun tamamının tamlık büyüklüğüdür; altındaki sınıflar açık dolguludur (tam katalog, $n = 7.143$).

Şekil 9: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sınar (Şekil 9). M_c altındaki düşüş fiziksel bir eksiklik değil, ağ duyarlılığının sınırıdır: küçük olaylar meydana gelmiş ancak yeterli istasyonda kaydedilemedikleri için katalogta yer almamıştır.

Tüm büyüklük–frekans istatistikleri yalnız M_c üstü örnekleme kurulmuştur; eşik altı veriyi katmak b değerini sistematik olarak düşürürdü. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması Tablo 7’de, tarihsel eşik üstü depremler Tablo A6’da verilmiştir.

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

Arama penceresi dizinin kendisi değildir: çözümlerin 103'ü dizinin 116 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi içindedir; dairenin dışında kalan 110 çözüm çalışma olayından önceki Mw 5,91 çözümdür (dış merkeze 434 km); çalışma olayından önceki Mw 5,41 çözümdür (dış merkeze 483 km); çalışma olayından önceki Mw 5,08 çözümdür (dış merkeze 429 km); çalışma olayından önceki Mw 5,39 çözümdür (dış merkeze 422 km); çalışma olayından önceki Mw 4,99 çözümdür (dış merkeze 466 km); çalışma olayından önceki Mw 4,77 çözümdür (dış merkeze 326 km); çalışma olayından önceki Mw 4,99 çözümdür (dış merkeze 507 km); olaydan sonraki Mw 6,26 çözümdür (dış merkeze 489 km); olaydan sonraki Mw 5,97 çözümdür (dış merkeze 319 km); olaydan sonraki Mw 5,74 çözümdür (dış merkeze 375 km); olaydan sonraki Mw 5,43 çözümdür (dış merkeze 232 km); olaydan sonraki Mw 5,65 çözümdür (dış merkeze 342 km); olaydan sonraki Mw 5,33 çözümdür (dış merkeze 127 km); olaydan sonraki Mw 5,40 çözümdür (dış merkeze 371 km); olaydan sonraki Mw 5,29 çözümdür (dış merkeze 127 km); olaydan sonraki Mw 5,34 çözümdür (dış merkeze 480 km); olaydan sonraki Mw 5,55 çözümdür (dış merkeze 349 km); olaydan sonraki Mw 5,15 çözümdür (dış merkeze 310 km); olaydan sonraki Mw 5,07 çözümdür (dış merkeze 162 km); olaydan sonraki Mw 5,38 çözümdür (dış merkeze 410 km); olaydan sonraki Mw 4,94 çözümdür (dış merkeze 131 km); olaydan sonraki Mw 6,24 çözümdür (dış merkeze 349 km); olaydan sonraki Mw 5,39 çözümdür (dış merkeze 398 km); olaydan sonraki Mw 5,35 çözümdür (dış merkeze 401 km); olaydan sonraki Mw 5,29 çözümdür (dış merkeze 349 km); olaydan sonraki Mw 5,07 çözümdür (dış merkeze 407 km); olaydan sonraki Mw 5,20 çözümdür (dış merkeze 589 km); olaydan sonraki Mw 5,01 çözümdür (dış merkeze 348 km); olaydan sonraki Mw 5,05 çözümdür (dış merkeze 121 km); olaydan sonraki Mw 5,03 çözümdür (dış merkeze 294 km); olaydan sonraki Mw 5,06 çözümdür (dış merkeze 193 km); olaydan sonraki Mw 4,89 çözümdür (dış merkeze 207 km); olaydan sonraki Mw 4,95 çözümdür (dış merkeze 333 km); olaydan sonraki Mw 4,91 çözümdür (dış merkeze 203 km); olaydan sonraki Mw 4,92 çözümdür (dış merkeze 341 km); olaydan sonraki Mw 4,94 çözümdür (dış merkeze 155 km); olaydan sonraki Mw 4,75 çözümdür (dış merkeze 472 km); olaydan sonraki Mw 5,06 çözümdür (dış merkeze 126 km); olaydan sonraki Mw 5,84 çözümdür (dış merkeze 273 km); olaydan sonraki Mw 5,13 çözümdür (dış merkeze 136 km); olaydan sonraki Mw 5,63 çözümdür (dış merkeze 138 km); olaydan sonraki Mw 5,02 çözümdür (dış merkeze 133 km); olaydan sonraki Mw 5,27 çözümdür (dış merkeze 216 km); olaydan sonraki Mw 4,89 çözümdür (dış merkeze 117 km); olaydan sonraki Mw 6,12 çözümdür (dış merkeze 265 km); olaydan sonraki Mw 5,06 çözümdür (dış merkeze 270 km); olaydan sonraki Mw 5,44 çözümdür (dış merkeze 350 km); olaydan sonraki Mw 4,89 çözümdür (dış merkeze 440 km); olaydan sonraki Mw 5,08 çözümdür (dış merkeze 329 km); olaydan sonraki Mw 4,95 çözümdür (dış merkeze 261 km); olaydan sonraki Mw 4,84 çözümdür (dış merkeze 268 km); olaydan sonraki Mw 4,98 çözümdür (dış merkeze 120 km); olaydan sonraki Mw 5,02 çözümdür (dış merkeze 272 km); olaydan sonraki Mw 4,93 çözümdür (dış merkeze 117 km); olaydan sonraki Mw 5,00 çözümdür (dış merkeze 275 km); olaydan sonraki Mw 6,78 çözümdür (dış merkeze 268 km); olaydan sonraki Mw 5,05 çözümdür (dış merkeze 259 km); olaydan sonraki Mw 5,13 çözümdür (dış merkeze 255 km); olaydan sonraki Mw 5,02 çözümdür (dış merkeze 266 km); olaydan sonraki Mw 4,84 çözümdür (dış merkeze 278 km); olaydan sonraki Mw 5,04 çözümdür (dış merkeze 354 km); olaydan sonraki Mw 5,15 çözümdür (dış merkeze 529 km); olaydan sonraki Mw 5,17 çözümdür (dış merkeze 145 km); olaydan sonraki Mw 6,20 çözümdür (dış merkeze 486 km); olaydan sonraki Mw 4,80 çözümdür (dış merkeze 272 km); olaydan sonraki Mw 5,28 çözümdür (dış merkeze 468 km); olaydan sonraki Mw 5,07 çözümdür (dış merkeze 213 km); olaydan sonraki Mw 5,01 çözümdür (dış merkeze 119 km); olaydan sonraki Mw 4,84 çözümdür (dış merkeze 317 km); olaydan sonraki Mw 4,93 çözümdür (dış merkeze 271 km); olaydan sonraki Mw 5,20 çözümdür (dış merkeze 300 km); olaydan sonraki Mw 5,74 çözümdür (dış merkeze 117 km); olaydan sonraki Mw 5,59 çözümdür (dış merkeze 121 km); olaydan sonraki Mw 5,04 çözümdür (dış merkeze 331 km); olaydan sonraki Mw 4,93 çözümdür (dış merkeze 267 km); olaydan sonraki Mw 4,80 çözümdür (dış merkeze 249 km); olaydan sonraki Mw 4,81 çözümdür (dış merkeze 338 km); olaydan sonraki Mw 4,97 çözümdür (dış merkeze 453 km); olaydan sonraki Mw 4,96 çözümdür (dış merkeze 135 km); olaydan sonraki Mw 4,81 çözümdür (dış merkeze 287 km); olaydan sonraki Mw 5,09 çözümdür (dış merkeze 426 km); olaydan sonraki Mw 5,18 çözümdür (dış merkeze 163 km); olaydan sonraki Mw 4,83 çözümdür (dış merkeze 118 km); olaydan sonraki Mw 6,02 çözümdür (dış merkeze 270 km); olaydan sonraki Mw 5,02 çözümdür (dış merkeze 119 km); olaydan sonraki Mw 5,22 çözümdür (dış merkeze 120 km); olaydan sonraki Mw 5,13 çözümdür (dış merkeze 228 km); olaydan sonraki Mw 4,85 çözümdür (dış merkeze 297 km); olaydan sonraki Mw 5,10 çözümdür (dış merkeze 338 km); olaydan sonraki Mw 4,99 çözümdür (dış merkeze 196 km); olaydan sonraki Mw 4,81 çözümdür (dış merkeze 278 km); olaydan sonraki Mw 5,06 çözümdür (dış merkeze 253 km); olaydan sonraki Mw 5,23 çözümdür (dış merkeze 125 km); olaydan sonraki Mw 5,11 çözümdür (dış merkeze 412 km); olaydan sonraki Mw 4,86 çözümdür (dış merkeze 262 km); olaydan sonraki Mw 4,96 çözümdür (dış merkeze 349 km); olaydan sonraki Mw 4,91 çözümdür (dış merkeze 462 km); olaydan sonraki Mw 4,98 çözümdür (dış merkeze 465 km); olaydan sonraki Mw 4,94 çözümdür (dış merkeze 412 km); olaydan sonraki Mw 4,98 çözümdür (dış merkeze 498 km); olaydan sonraki Mw 5,05 çözümdür (dış merkeze 143 km); olaydan sonraki Mw 5,03 çözümdür (dış merkeze 134 km); olaydan sonraki Mw 5,00 çözümdür (dış merkeze 461 km); olaydan sonraki Mw 4,94 çözümdür (dış merkeze 411 km); olaydan sonraki Mw 4,96 çözümdür (dış merkeze 142 km); olaydan sonraki Mw 5,56 çözümdür (dış merkeze 278 km); olaydan sonraki Mw 6,18 çözümdür (dış merkeze 346 km); olaydan sonraki Mw 5,66 çözümdür (dış merkeze 475 km); olaydan sonraki Mw 5,99 çözümdür (dış merkeze 272 km); olaydan sonraki Mw 4,92 çözümdür (dış merkeze 499 km). Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla dağılım 148 ters, 42 normal, 19 eğik/karma, 4 doğrultu atımlı çözüm biçimindedir.

Gerilme inversiyonuna giren olay merkezli mekanizma popülasyonunda ($n = 481$) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle mekanizma karışımı 0 doğrultu atımlı, 10 normal, 452 ters ve 19 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukardaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı $227,8 \times 182,1$ km boyutundadır (uzun $\times$ kısa eksen); olayların %95'i 0,0–100,0 km derinlik bandındadır (%2,5–97,5 yüzdelik); bandın tabanı bu çalışmada kabuk tabanı için alınan işletimsel 40 km eşiğinin altına uzandığından sismojenik kalınlık olarak yorumlanmamıştır. Artçı bulutunun uzun eksenli 24° doğrultusundadır (%95 güven aralığı $22\text{--}26^\circ$); uzama oranı $1,56$ 'dır ($n = 2.925$). Artçı kümesinin yatay boyutu en az $212,4 \times 162,1$ km olarak ölçülmüştür (seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınır). Artçılar dış merkez çevresinde 118 km yarıçaplı daireyle seçilmiştir ve bulut bu sınıra dayanmaktadır (dış merkeze uzaklıkların %90 yüzdeliği 111 km, en uzak artçı 118 km); bu nedenle artçı bulutunun boyut ve uzama ölçüleri seçim yarıçapıyla sınırlıdır ve bulutun gerçek yayılımı için alt sınır olarak okunmalıdır, artçı sentroidi de yalnız seçim dairesinin içindeki artçılardan hesaplanmıştır. Aynı bulutun %95 kovaryans elipsinin yarı eksenleri $154,1$ ve $98,6$ km'dir (elips, konumların kovaryansından Gauss dağılımı varsayımıyla hesaplanan bir ölçektir; artçıların %95'ini içeren bir sınır değildir ve büyük yarı eksenini seçim yarıçapını aşmaktadır); yön ve uzama ölçüleri, McGuire vd.'nin (2002) telesismik ikinci moment ölçüsünün artçı konumlarına uyarlanmış vekilidir. Ana şok ile artçı sentroidi arasındaki ötelenme $20,3$ km olarak ölçülmüştür (oran $0,13$; azimut 178°); artçılar dış merkez merkezli seçim dairesiyle seçildiğinden ve bulut bu sınıra dayandığından sentroid dış merkeze doğru yanlıdır ve bu oranla kırılmanın tek ya da çift taraflılığı hükmüne bağlanmamıştır. Artçı uzanımına en yakın düğüm düzlemi NP1 olup doğrultu farkı $10,1^\circ$ 'dir. Artçı bulutuna ana bileşen çözümlenmesiyle (PCA) (Shearer vd., 2003) oturtulan düzlem $210^\circ/14^\circ$ (doğrultu/eğim) geometrisindedir; Westin düzlemsellik ölçüsü $c_p = 0,47$ ($c_l = 0,41$, $c_s = 0,12$), düzleme karekök ortalama uzaklık $15,00$ km, ortalama mutlak uzaklık $11,75$ km ($n = 1.503$; sabit derinlikli 506 kayıt dışlanmıştır). Düzlem, NP1 düğüm düzlemine daha yakındır (doğrultu farkı 4°). Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri $I(NP1) = 0,975$ ve $I(NP2) = 0,800$ olup aradaki fark $0,175$ olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada iki düzlemin ayırt edilmiş sayılması için benimsenen işletimsel ölçüt $\Delta I > 0,15$ olup, bu eşik literatürden alınmamış, çalışmanın kendi kararı olarak belirlenmiştir. Ölçülen fark bu eşiğin üzerindedir; bu ölçüte göre kırık düzlemi adayı NP1'dir. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (173 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda ($n = 308$) $I(NP1) = 0,992$ ve $I(NP2) = 0,741$ bulunmuştur; düzlem tercihi aynı kalmaktadır. Aynı gerilme tensörü altında Wallace–Bott kayma uyumsuzluğu (gözlenen kayma vektörü ile düzlem üzerinde gerilme tensöründen çözülen makaslama gerilmesi arasındaki açı; Wallace, 1951; Bott, 1959) NP1 için $4,0^\circ$, NP2 için $2,6^\circ$ ölçülmüştür; fark 10° düzeyinin altında olduğundan bu ölçüt iki düzlemi ayırt etmez. Toplamda 3 bağımsız yöntemin 3'ü NP1 düzlemini desteklemektedir; düzlem ikizliği bu ölçüde kırılmış sayılabilir.

DİZİ İSTATİSTİĞİ

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde, 115 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974; pencere katalog büyüklüğü M 8,7 ile kurulmuştur) içinde 2.854 izleyen olay kaydedilmiştir. Bunların en büyüğü, çalışma olayından 14 dakika sonra gerçekleşen Mw 8,9 büyüklüğündeki olaydır (29.07.2025 23:38:28 UTC); iki olayın dış merkezleri $51,5$ km uzaklıktadır ve odak derinlikleri sırasıyla $35,0$ ve $35,0$ km'dir; iki olay arasındaki büyüklük farkı $\Delta M = 0,1$ (büyüklükler Mw 8,8 ve Mw 8,9) bu çalışmanın işletimsel ölçütünü ($\Delta M \leq 0,3$) sağladığından dizi bir çift deprem (doublet) niteliğindedir; çalışma olayı dizinin toplam sismik momentinin %33 kadarını taşımaktadır. İzleyen olayların ($M \geq 3,9$) günlük oranı, ilk ölçüm aralığında (7–16 saat) günde 350 olaydan (%95 güven aralığı 290–430) son ölçüm aralığında (40–90 gün) günde 12,9 olaya (%95 güven aralığı 11–14) imiştir; ilk aralıktaki oran son aralıktakinin 28 katıdır (%95 güven aralığı 22–34) ve azalma kesin Poisson güven sınırlarıyla (Garwood, 1936) istatistiksel olarak ayırt edilebilir düzeydedir; ilk 5 saatin kaydı eksik olduğundan ilk ölçüm aralığı kaydın tamladığı andan sonraki ilk aralıktır. Omori–Utsu sönüm yasası $n(t) = K/(t + c)^p$ bu diziye en büyük olabilirlik yöntemiyle (Ogata, 1983) uydurulmuştur ($n = 1.901$ olay, 90 günlük pencere); p ve c değerleri bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiştir. Değerlerin verilmemesinin gerekçesi ilk saatlerdeki katalog eksikliğidir. Uydurma ana şoktan başlamaktadır; tamlik eşiği ana şoku izleyen ilk pencerede $5,2$ 'dir ve $4,5$ değerine ana şoktan $5,3$ 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. Çalışma olayı ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı $\Delta M = 0,8$ olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri M 8,8 ve M 8,0); değer Bath yasasının (Bath, 1965) yaklaşık 1,2 birimlik farkıyla bağdaşmaktadır (bu çalışmanın işletimsel bandı $\pm 0,4$). Aynı dizi için büyüklük-frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen büyük olay kestirimi $M^* \approx 8,9$ 'dur (kestirimde kullanılan $b = 0,66$; 115 km yarıçaplı dizi penceresinde $M \geq 3,9$ olan 1.901 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 küçükledikçe M^* büyüdüğünden kestirim yukarı yanlı olabilir: ilk $5,3$ saat dışlanarak kurulan ikinci kestirimde ($b = 1,24$, olay sonrası dönemden ikinci b kestiriminden; $M \geq 4,8$ olan 361 izleyen olay) $M^* \approx 6,9$ 'dur ve aynı alt listede gözlenen en büyük izleyen olay M 7,8'dir.

Reasenber–Jones dizi modelinin olasılıkları bu raporda verilmemiştir: model, Omori–Utsu uydurmasının p ve c değerlerini kullanır ve bu değerler bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığından verilmemiştir.

STATİK COULOMB GERİLME AKTARIMI VE GÖZLEMSEL SINAMASI

ACFS alanı, yarı-sonsuz elastik ortamdaki dikdörtgen dislokasyon çözümüyle (Okada, 1992), kaynak fayla eş yönelimli alıcı düzlemde, etkin sürtünme katsayısı $\mu' = 0,40$ ile 15,3 km derinlikte ve 49×54 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi yayımlanmış sonlu fay kayma modelinden (USGS NEIC) alınmıştır (doğrultu/egim/kayma $217^\circ/7^\circ/80^\circ$; $L = 620$ km, $W = 60,0$ km). Gözlemsel sinama olarak ACFS her artcının kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 2.704 artcının 1249 tanesi (%46) +0,1 bar üzerindeki yüklem alanında, 1347 tanesi (%50) –0,1 bar altındaki gölge alanında, 108 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 221 artçı bu sayımın dışında tutulmuştur. 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, artçıların yerleşiminin gerilme değişimi alanından bağımsız olduğu varsayımını temsil eden uzamsal karşılaştırma modelidir ve burada olay öncesi sismisitenin konumlarından oluşur. Boş modelde yüklem alanına düşen pay %56 olarak ölçülmüştür (107/190); artçı payı ile boş model payı arasındaki fark –10,1 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı –17,2 ile –2,8 arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfır içermediğinden artçıların yüklem alanındaki payı boş modelin altındadır; alan artçı yerleşimini açıklamamaktadır. Artçı konum belirsizliği bu sayımlara yayılmamıştır; sınıflar katalog hiposantrlarına göre 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 129° çalışma olayının kendi mekanizmasından, gerilme şekil oranı 0,5 varsayılan değer olarak, diferansiyel gerilme 100 bar olarak alınmıştır. Bu bölgesel alan varsayımıyla (SHmax 129° ; şekil oranı 0,5; 100 bar) sayım 1716 yüklem, 934 gölge ve 54 yansız bant biçimindedir; diferansiyel gerilme 10 bar alındığında 2524 yüklem, 123 gölge ve 57 yansız bant elde edilir (iki sayım arasında sınıfı değişen olay sayısı 835). Sayım varsayılan gerilme büyüklüğüne ve gerilme alanının seçimine bu ölçüde bağlı olduğundan yorumlanmamıştır. Alıcı düzlem kaynakla eş yönelimlidir; bu, gerilme değişimini kaynak fayın kendi geometrisi üzerinde okumak demektir ve başka yönelimli bir alıcı düzlemde yüklem ve gölge alanlarının deseni farklıdır. İzgaranın %62 kadarında [ACFS], bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır. Düğüm değerlerinin ortancası 0,061 bar, %5–95 aralığı –14 ile 7,5 bar arası, %1–99 aralığı –100 ile 41 bar arası olarak hesaplanmıştır. Dislokasyon çözümünde gerilme kaynak dikdörtgeninin kenarlarında ıraksadığından alanın uç değerleri ızgara aralığına bağlıdır ve raporlanmamıştır. Alan iki bileşenine ayrılarak da incelenmiştir: makaslama gerilmesi değişimi $\Delta\tau$ ve fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta\sigma_n$ (ACFS = $\Delta\tau + \mu' \Delta\sigma_n$). İki panel aynı kadraraj ve aynı kaynak geometrisiyle çizildiğinden, birleşik alandaki desenin hangi bileşenden doğduğu doğrudan okunabilir. Gözlemsel karşılık olarak β oran-değişim istatistiği (Matthews ve Reasenber, 1988) hesaplanmıştır: 36×36 düğümlü haritada 1.113 düğümde oran artışı ($\beta > 2$), 0 düğümde sismik gölge ($\beta < -2$) ölçülmüştür (ana şok öncesi 5 yıl, sonrası 90 gün fiili gözlem; yalnız kuramsal beklenen sayımı $E \geq 1$ olan 1.119 düğüm değerlendirilmiştir; $n = 7.143$). Bu sayımlar tekil düğüm eşiğine göre: 1.119 düğüm birlikte sinandığında, gerçek bir değişim olmasa dahi her yönde yaklaşık 26 düğümün eşiği yalnız şans eseri aşması beklenir; düğümler örtüşen toplama yarıncaları nedeniyle bağımsız da değildir. Tekil düğüm sayısı bu nedenle tek başına anlamlılık kanıtı sayılmamıştır. Model loblarıyla örtüşme kanıt niteliğindedir, öngörü değildir.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM

Olay öncesi dönem b değeri raporlanmamıştır: uydurulan üstel yasa dağılımın üst kuyruğunu betimlememektedir ($M \geq 5,5$ için yasadan beklenen olay sayısı 55,0 iken katalogta 24 olay bulunmaktadır; binom olasılığı $< 0,001$, bu çalışmanın işletimsel eşiği 0,01). Gerecek ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde verilmiştir. Tarihse eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta $M \geq 6,0$ (100 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca $5,0 \leq M < 6,0$ (0 kayıt); toplam 100 kayıt. Yakın kuşaktaki $M \geq 5,0$ kayıtların sayısı 39'dur; bunların 39'u $M \geq 6,0$ büyüklüğündedir ve ilk ölçütle sayılmıştır. Derlemedeki en büyük olay 1952 yılında, dış merkeze 34 km uzaklıkta gerçekleşen M 9,0 depremdir. Derlemenin öteki büyük kayıtlar şunlardır: 1952 M 8,3 (84 km); 1959 M 7,9 (91 km); 1904 M 7,7 (30 km); 1904 M 7,6 (101 km). Derlemenin dış merkeze 20 km'den yakın 7 kaydı şunlardır: 15.11.1951 M 6,1 (6,5 km); 13.10.1957 M 6,1 (8,1 km); 15.11.1951 M 6,1 (8,6 km); 27.01.1953 M 6,4 (13 km); 08.10.2001 M 6,4 (14 km); 15.11.1951 M 6,2 (15 km); 28.12.1959 M 6,4 (19 km). Gardner–Knopoff uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış bağımsız $M \geq 8,8$ olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce 1 kez gözlenmiştir (126 yıllık gözlem süresi). Bağımsız olayların ortalama yinelenme aralığının %95 güven aralığı 23–5.000 yıldır (kesin Poisson sınırları: Garwood, 1936). Katalog bu büyüklükteki tamlik başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi katalogun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca $M \geq 8,8$ için tam varsayılmıştır; varsayım sinanamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlış olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde 115 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlik eşiğinde ($M \geq 3,9$) 1.856 olay kaydedilmiştir; bu sayı 20,6 olay/gün oranına karşılık gelir. Çalışma penceresinden önceki ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık arka plan dönemi (01.08.2015 – 30.07.2020) aynı dairede ve aynı eşikte 261 olay içermektedir; bu dönemin oranı 0,14 olay/gün düzeyindedir. Oran katı 140'tır (%95 güven aralığı 130–160); 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. Ana şoku izleyen ilk saatlerde katalog küçük olaylarda eksik olduğundan (ilk pencerede tamlik eşiği 5,2) 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 (13 kat; %95 güven aralığı 12–16): pencere önceki bir dizinin sönümünü de içerdiğinden oran farkı yalnız bu olayın dizisine bağlanmamıştır. Pencere ve arka plan dönemlerinin b değerleri ortak tamlik eşiğinde ($M_c = 4,1$) yeniden kestirilerek kıyaslanmıştır: pencere $b = 0,83 \pm 0,04$ ($N = 2.651$; belirsizlik kestiricisi: yeniden örnekleme), arka plan $b = 1,03 \pm 0,07$ ($N = 195$; belirsizlik kestiricisi: Aki, 1965). Fark $|\Delta b| = 0,20$, birleşik belirsizlik 0,08 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını aşmaktadır. Büyüklük türü dağılımı iki dönemde aynı değildir: pencerede en sık tür mb (kayıtların %49 kadarı), arka plan döneminde kayıtların %79 kadarının büyüklük türü belirtilmemiştir. b değeri büyüklük ölçeğine bağlı olduğundan ve birleşik belirsizlik yalnız örnekleme belirsizliğini taşıdığından bu fark b değerinde fiziksel bir değişim olarak yorumlanmamıştır. İki dönem zamanda örtüşmemektedir. Arka plan dönemi çalışma kutusunda büyük bir depremi ve dizisini içermektedir (tarihsel derlemeden: 20.02.2020 M 6,5). Bu depremin Gardner–Knopoff zaman penceresi (2,4 yıl) arka plan döneminin zamanca %9'unu kapsadığından dönemin olay sayısı ve oranı, ayrıştırılmamış (bağımsız) sayım dâhil, bu diziden etkilendir; arka plan oranı bu nedenle diziden arınmış bir taban değildir. Derinlik ortancası pencere için 30,0 km (sabit derinlikli kayıtlar dışlanınca 40,0 km), arka plan dönemi için 40,0 km'dir.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk %10 ve son %10 olay (her dilimde 714 olay) arasında 31,1 km yer değiştirmiştir (azimut 116° ; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.675,6 gün; ortalama 19 m/gün). Bu ölçü iki ortalamamın 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 doğruluk eğilimi 133° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 18° 'dir (ağırlık merkezi farkı pencerenin iki ucunu, regresyon bütün pencereyi tartar). Eğilimin anlamlılığı, kümelenmeye karşı etkin örneklem büyüklüğüyle (n_{etkin} ; Gardner–Knopoff bağımsız küme sayısı ile birinci dereceden öz bağlanım ve öz ilişki düzeltmelerinin en küçüğü) ve Fisher z dönüşümüyle sinanmıştır: kuzey–güney bileşeninde $r = -0,20$, $n_{\text{etkin}} = 60$ ile $|z| = 1,5$; doğu–batı bileşeninde $r = 0,25$, $n_{\text{etkin}} = 103$ ile $|z| = 2,6$. En büyük $|z|$ değeri 1,96 eşiğini aştığından eğilim istatistiksel olarak sıfırdan ayrılmaktadır; bu ayrıma da pencerenin sonundaki dizinin katkısı 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, 7.143 olayın kümülatif eğrisinin eşit aralıklı 800 noktalık örneği üzerinde yapılmıştır. Bölütleme 11 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 1.244 gün, 1,8 olay/gün; 571 gün, 1,1 olay/gün; 2,3 gün, 280,2 olay/gün; 7,4 gün, 34,0 olay/gün; 1,1 gün, 552,9 olay/gün; 2,5 gün, 182,3 olay/gün; 8,4 gün, 63,7 olay/gün; 39 gün, 22,1 olay/gün; 1,2 gün, 236,3 olay/gün; 14 gün, 26,0 olay/gün; 2 gün, 10,0 olay/gün. Pencerenin toplam sismik momenti $4,80 \times 10^{22}$ N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki payı %33'tür. Moment bütçesinin üst kanalında (en büyük katalog büyüklüğünün 1,0 birim altına kadar: $M \geq 7,9$) 4 olay toplam nominal momentin %96 kadarını, kalan 7.139 olay %4 kadarını taşımaktadır.

YER HAREKETİ VE MAKROSİSMİK ŞİDDET

Şiddet-azalım bağıntısıyla (Allen vd., 2012) modellenen alan, dış merkez yakınında MMI VIII düzeyinde tepe şiddet vermektedir (hesap odak derinliği 35,0 km); MMI IV eşiği bağıntının geçerlilik uzaklığına (300 km, hiposantral) kadar aşıldığından hissedilme yarıçapı yalnız alt sınırla verilmiştir: dış merkez uzaklığı olarak en az 297 km. Alanın %22'si bağıntının geçerlilik uzaklığının dışındadır ve yorumlanmamıştır. Alan nokta kaynak varsayımıyla, uzaklık hiposantra göre alınarak kurulmuştur; yayımlanmış kırık geometrisinin boyu ($L = 620$ km) hesaba katılmadığından eş şiddet eğrileri dairedir ve model, kırığın dış merkezden uzak kesimlerinde şiddeti düşük kestirir. Modelde yerel zemin etkisi ayrıca hesaba katılmamıştır. Topluluk şiddeti verisi (USGS “Did You Feel It?”, DYFI) 125 bildirim ile topluluk ondalık şiddeti (CDI) 9,1 değerini vermektedir (USGS PAGER uyarı düzeyi: kırmızı). USGS ShakeMap model şiddeti MMI 8,5 olup iki değer arasındaki fark 0,6 birimdir; ShakeMap topluluk bildirimlerini gözlem olarak özümlediğinden bu uyum bağımsız bir doğrulama değildir. Bu çalışmanın şiddet-azalım modeliyle (Allen vd., 2012) kestirilen tepe şiddeti (MMI 8,2) topluluk gözlemiyle bir birim içinde uyumludur. Topluluk şiddeti ve model şiddeti değerleri ürünlerin 23.08.2026 16:53:57 UTC'deki durumuna aittir; bildirim sayısı ve şiddet değerleri sonraki güncellemelerle değişir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

GCMT moment tensörü çözümü ($M_0 = 1,577 \times 10^{22}$ N·m; Mw 8,73) NP1 düğüm düzlemi üzerinde ters atım, NP2 üzerinde ters atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir; çift kuvvet payı %99 düzeyindedir. Yayımlanmış kayma modelinin boyutlarıyla ($L = 620$ km, $W = 60,0$ km) gerilme düşümü 6,0–12 MPa aralığında kestirilmiştir. Artçı bulutunun uzun eksen 24° doğrultusundadır ve NP1 düğüm düzlemine yakındır (doğrultu farkı 10°); gerçek kırık düzlemi NP1 olarak kısıtlanmıştır. Olayın dizisi çift deprem olarak sınıflanmıştır: çalışma olayını 14 dakika sonra Mw 8,9 büyüklüğünde ikinci bir olay izlemiş ve iki olayın büyüklük farkı ($\Delta M = 0,1$) bu çalışmanın işletimsel ölçütünün ($\Delta M \leq 0,3$) içinde kalmıştır. Olayı izleyen dönemin olay oranı, ortak tamlık eşliğinde ($M \geq 3,9$), arka plan oranının 140 katıdır (%95 güven aralığı 130–160). Bu değerlendirme mevcut katalog ve model varsayımlarıyla sınırlıdır ve deprem tahmini içermez; deprem tehlikesi iletişiminde tekil olay analizleri değil, olasılıksal tehlike modelleri ve yerel zemin koşulları esas alınmalıdır.

VERİ VE YÖNTEM SINIRLARI

Bu çalışmadaki her sayı, olay merkezli katalog sorgusunun ve aynı olay için derlenen yardımcı veri setlerinin verisinden hesaplanmıştır; hesaplanamayan hiçbir nicelik kestirimle doldurulmamıştır. Veri eksikliği nedeniyle kurulamayan çözümlerler şunlardır: tepki spektrumu, kullanılan veri merkezlerinden uygun uzaklıkta kullanılabilir ivme kaydı alınmadığından kurulamamış; konum kalite notu, benimsenen kurum çözümünde kalite ölçüleri yayımlanmadığından kurulamamış; kosismik yatay yer değiştirme karşılaştırması, kosismik düşey deformasyon alanı ve kayma modelinin yüzey izdüşümü, sonlu fay modelinin kayma dağılımı yerel arşivde bulunmadığından kurulamamış; dalga formu çözümlemesi ve bağımsız konum sınaması, en yakın istasyonların kayıtları doygun olduğundan (ham sayım tepesi sayısallaştırıcının tam ölçeği düzeyinde) ve doygun olmayan bir kayıt bulunmadığından kurulamamıştır. Birleşik katalogta hiçbir kurum raporunda büyüklüğü bulunmayan 12 kayıt (hiçbiri ana şoktan sonra değil) büyüklüğe dayanan çözümlemelere girememiştir. Birleşik katalog dış kataloglarla olay düzeyinde karşılaştırılmamıştır; katalog alımında hiçbir kurum raporu bulunmayan olaylar sayımlara girmemiştir. Artçı sayıları ve onlara dayanan oranlar bu nedenle alt sınır olarak okunmalıdır. Çözümlerlerin rapora girişi önceden tanımlı ölçütlerle belirlenmiştir: verisi bulunmayanlar yukarıda sayılmıştır (veri yeterliliği); aradığı büyüklük ya da geometri koşulunu sağlamayan (ölçek/geçerlilik), örnekleme ya da gözlem süresi bu çalışmanın alt sınırının altında kalan (istatistiksel güç) ve yöntemin kendi ölçütüyle güvenilir bulunmayan (yöntemin kendi güvenilirlik beyanı) 8 çözümleme raporlanmamış ve gerekçeleriyle birlikte ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde listelenmiştir; örnekleme, belirsizliği ya da girdi verisi eşliğe yakın kalanlar elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır. Çekinceyle raporlanan çözümlemeler şunlardır: kırılma direktivitesi, Omori–Utsu artçı sönümü, Reasenber–Jones artçı dizisi oranı, yinelenme aralığı (nadirlik), olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu ve küme boyutu. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlemelerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 30.07.2020 – 27.10.2025 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 7.143 kayıt üzerinden üretilmiştir. Kurum hiposantrları yeniden konumlandırılmamıştır; konum ve derinlik belirsizlikleri kurum çözümlerinin kalitesiyle sınırlıdır. Katalog tamlığı zamanla ve büyüklükle değişmektedir; uzun dönemli sayımlara dayanan ölçüler (tarihsel derleme, yinelenme aralığı, arka plan oranı) erken dönem kayıtlarının eksikliğinden etkilenir.

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)
USGS*	29.07.2025 23:24:52	52,4948°K	160,2395°D	35,0	8,8	Mww	gözden geçirilmiş	23.08.2026 16:53
EMSC	29.07.2025 23:24:51	52,6050°K	160,0725°D	20,0	8,8	Mw	—	22.08.2026 19:35
GFZ	29.07.2025 23:24:52	52,522°K	160,116°D	27,1	8,8	Mw	—	22.08.2026 18:22
ISC (NEIC)	29.07.2025 23:24:52	52,4948°K	160,2395°D	35,0	8,7	Mw	aktarılmış çözüm; konumu USGS ile özdeş	28.08.2026 16:55
INGV	29.07.2025 23:24:50	52,512°K	160,324°D	35,0	8,6	Mwpd	uzak ağ çözümü	25.08.2026 01:02

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği us6000qw60). Benimseme sırası: olağan çözümler aktarılmış ve uzak ağ kayıtlarından önce gelir; sonra derinliği verilmiş çözüm ve genel 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). Değerler kurumun bildirdiği ondalıkladır (“—”: alan kayıta yok). “Arşive alınma”, raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 18.10.2026 23:39 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

Tablo 3. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri ve oturtulan düzlem.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	227,8 × 182,1 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 7.143)
Artçı bulutu (uzun × kısa; çekinceli)	en az 212,4 × 162,1 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · artçı bulutu (n = 2.925) · seçim yarıçapıyla (118 km) sınırlı alt sınır
Derinlik bandı	0,0–100,0 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu ana eksen	24° (%95: 22–26°)	ana bileşen eksen · artçı bulutu · uzama 1,56 (kovaryans elipsinin yarı eksen oranı; seçim yarıçapıyla sınırlı)
Kesit eksen (kutu yayılımının uzun eksen)	31°	ana bileşen eksen · çalışma kutusu olayları · kesitlerin izdüşüm eksenidir; pencere biçimine duyarlıdır, yapısal doğrultu değildir
Oturtulan düzlem	210° / 14°	doğrultu/eğim · artçı bulutu · n = 1.503 · sabit derinlikli 506 olay dışlandı
Westin düzlemsellik cp	0,47	cl 0,41 · cs 0,12 (Σ≈1, yuvarlama)
Düzleme uzaklık (rms)	15,00 km	karekök ortalama · artçı bulutu · n = 1.503 · sabit derinlikli 506 olay dışlandı
Düzleme uzaklık (ort. mutlak)	11,75 km	ortalama mutlak uzaklık · aynı bulut

Tablo 4. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (01.08.2015 – 30.07.2020), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	7.143	3.854
Oran (olay/gün)	3,73	2,11
Mc (dönemin kendi eşiği)	4,1	3,6
Derinlik ortancası (km)	30,0	40,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	893 (%13)	1.358 (%35)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	0,47	0,74

Not: Bağımsız olay satırları Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış sayımdır; yüzde, ham kayıt içindeki payıdır. Sayım ve oran satırları eşiksizdir ve dönemlerin tamlık eşikleri farklıdır (Mc 4,1 ↔ 3,6); bu satırlardaki fark tamlık farkını da içerir. Arka plan döneminde kutuda M ≥ 5 bir deprem vardır (20.02.2020 M 6,5); Gardner–Knopoff penceresi (885 gün / 61 km) dönemin %9'unu kapsadığından bağımsız olay satırlarındaki fark ayrıştırmanın etkisini de taşır ve tek başına sismisite değişimi değildir.

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

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Kaynak mekanizması	217°/7°/80°	düzlem: yayımlanmış sonlu fay kayma modeli (USGS NEIC)
Kırılma uzunluğu L	620,0 km	yayımlanmış sonlu fay kayma modeli (USGS NEIC)
Kırılma genişliği W	60,0 km	üst kenar 7,4 km, alt kenar 46,4 km derinlikte
Ortalama kayma $\bar{u}$	7,79 m	yayımlanmış kayma modelinin ortalaması
Sürtünme katsayısı μ'	0,40	etkin sürtünme (gözenek basıncı dâhil)
Hesap derinliği	15,3 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli
Izgara	49 × 54	688 × 752 km
Ortanca Δ CFS	0,061 bar	izgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca $ \Delta$ CFS	0,15 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	–14 ile 7,5 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90'ı
%1–%99 aralığı	–100 ile 41 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
$ \Delta$ CFS > 0,1 bar olan izgara düğümleri	%62	hesap izgarasında $ \Delta$ CFS yansız bant eşiğini aşan düğümlerin payı (yükleme ve gölge alanları birlikte)
Gösterim ölçeği	±3,0 bar	renk ölçeğinin doyum sınırı
Sınamaya giren artçı	2.925	nokta hesabı · 221 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	1.249 / 1.347 / 108	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 2.704 · yük %46, gölge %50
Yük / gölge / yansız — en uygun yönelim	1.716 / 934 / 54	alıcı: en uygun yönelimli düzlem · n = 2.704 · yük %63, gölge %35
— en uygun yönelim için bölgesel gerilme	SHmax 129° · şekil oranı 0,5 · 100 bar	rejim belirtilmemiş; SHmax yönü ana şok mekanizmasından, şekil oranı varsayılan değer; diferansiyel gerilme varsayımdır
— diferansiyel gerilme 10 bar iken	2.524 / 123 / 57	duyarlılık · 835 artçının sınıfı değişir: en uygun yönelim sayımı bu varsayıma bağlıdır

devamı izleyen sayfada

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 5 (devam). Statik Coulomb gerilme değişimi modelinin parametreleri, alan istatistikleri ve artçı sınaması.

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
— gerilme inversiyonu alanıyla	1.751 / 882 / 71	duyarlılık · SHmax 125°, şekil oranı 0,66: olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 481) çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (173 çözüm) dışlanarak yapılan inversiyon (n = 308); birincil alandan farkı 4,0° (128,8° ↔ 124,8°) · 103 artçının sınıfı değişir; birincil alan ana şok mekanizmasından alınmıştır
Yük / gölge / yansız — boş model	107 / 76 / 7	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 190 · yük %56, gölge %40
— yalnız serbest derinlikli artçılar	690 / 718 / 26	kurum varsayılını derinlikler dışlandı · n = 1.434 · yük %48, gölge %50

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

Tablo 6. Arama penceresindeki odak mekanizmaları — 213 çözümünden Mw'ye göre en büyük 10 tanesi (arama penceresi: ana şoktan 180 gün önce – 30 gün sonra, 660 km yarıçap, Mw ≥ 4,0).

Tarih (UTC)	Mw	Doğrultu/eğim/kayma (°)	Tip	Ana şoka göre zaman	Dış merkeze uzaklık (km)
29.07.2025	8,73	214/18/84	ters	ana şok	1,5
20.07.2025	7,47	219/14/87	ters	ana şoktan önce	47,5
30.07.2025	7,24	191/25/89	ters	ana şoktan sonra	45,0
03.08.2025	6,78	219/33/–96	normal	ana şoktan sonra	268,3
20.07.2025	6,69	211/26/86	ters	ana şoktan önce	54,5
20.07.2025	6,66	210/25/87	ters	ana şoktan önce	45,9
20.07.2025	6,60	208/22/87	ters	ana şoktan önce	55,7
30.07.2025	6,26	218/30/90	ters	ana şoktan sonra	488,6
31.07.2025	6,24	215/41/–92	normal	ana şoktan sonra	349,4
04.08.2025	6,20	219/22/97	ters	ana şoktan sonra	485,8

Not: Tip dağılımı, Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla: ters 148, normal 42, eğik/karma 19, doğrultu atımlı 4; ana şoka göre zaman dağılımı: ana şoktan önce 40, ana şok 1, ana şoktan sonra 172 (“ana şoktan önce” yalnız oluş zamanının sırasını gösterir, çözümün dizideki rolünü nitelemez). Mw sütunu GCMT moment tensörü büyüklüğüdür. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: dizi içi sayılan çözümlerin dış merkezi Gardner ve Knopoff (1974) uzay penceresi içindedir (116 km); 103 çözüm dizi içinde, 110 çözüm dizi dışındadır (03.08.2025, 268,3 km; 30.07.2025, 488,6 km; 31.07.2025, 349,4 km; 04.08.2025, 485,8 km). Faya dik uzaklık sütunu basılmamıştır: seçilen fay izi ana şoka 198,9 km uzaktadır ve ana şokun fayı sayılamaz.

Tablo 7. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
INGV	8,6	Mwpd
USGS	8,8	Mww
ISC	8,7	Mw
EMSC	8,8	Mw
GFZ	8,8	Mw
GCMT (moment)	8,73	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 3 kurum değeri aynıdır (8,8). Aktarılmış çözüm (ISC Mw 8,7; NEIC çözümünün aktarımı) başka bir kurumun çözümünü yinelediğinden ayrı kurum değeri sayılmamıştır. Öteki ölçek sınıflarındaki değer ayrı bir niceliktir ve bu karşılaştırmaya katılmamıştır: INGV Mwpd 8,6 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü). GCMT satırı moment tensörü referansıdır ve kurum sayımına dâhil değildir.

EK A — ÇİZELGELER

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

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Derinlikli kayıt sayısı	7.143	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	30,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 7.143)
Ortanca derinlik (serbest)	40,0 km	0/5/10/33 km atamaları dışlandı · n = 4.978 (2.165 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	0,0–88,0 km	%5–95 yüzdelik
Derinlik bandı	0,0–100,0 km	%2,5–97,5 yüzdelik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 213,2 km arası	en sığ / en derin kayıt
Yuvarlak derin değerler	126 kayıt	50 km ve daha derin, 50 km'nin tam katı: 50 km'de 90, 100 km'de 36 kayıt · kurum değeridir, bağımsız olarak doğrulanmamıştır; varsayılan sabit derinlikler arasında olmadığından sabit derinlik sayımına girmemiştir
Histogram tepesi	0–5 km	1.347 olay · 5 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	0,0 km · %19	1.331/7.143 olay
Varsayılan sabit derinlikler	834 olay	0/5/10/33 km · n = 7.143

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A2. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlmeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
Gutenberg–Richter büyüklük–sıklık dağılımı	ölçek/geçerlilik	kuyruk uyumu olasılığı $\geq 0,01$ · mevcut $< 0,001$	Benimsenen b değeri, tamlık eşiği uyum iyiliği ya da b-kararlılığı ölçütüyle doğrulandığında ve eşik üstünde $N \geq 50$, görelî belirsizlik $\leq 0,15$ iken bulgu sayısı; $N \geq 30$ ve görelî belirsizlik $\leq 0,25$ iken çekinceyle raporlanır, bunun altında raporlanmaz. 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde üstel yasadan beklenen olay sayısı ile gözlenen olay sayısının binom olasılığının en küçüğü 0,01'in altındaysa da b raporlanmaz (işletimsel ölçütler). Kestirim en büyük olabilirlik bağıntısıyla (Aki, 1965) yapılmıştır; belirsizliğin kestirim yöntemi Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Bu olayda: büyüklük–frekans dağılımının kuyruğunun uydurulan üstel yasaya uyuşmaması ($M \geq 5,5$ için beklenen 55,0, gözlenen 24 olay; binom olasılığı $< 0,001$).
Artçı dönemi b değeri	ölçek/geçerlilik	kuyruk uyumu olasılığı $\geq 0,01$ · mevcut $< 0,001$	Dizi b değeri kendi tamlık eşiğinde kestirilir; bulgu için eşiğin doğrulanması, Mc üstü $N \geq 50$ ve görelî belirsizlik $\leq 0,15$, çekinceli raporlama için $N \geq 30$ ve görelî belirsizlik $\leq 0,25$ aranır; üst kuyruk uyumunun binom olasılığı 0,01'in altındaysa raporlanmaz (işletimsel ölçüt). Ana şoku 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 yasaya uyuşmaması ($M \geq 7,0$ için beklenen 3,3, gözlenen 11 olay; binom olasılığı $< 0,001$).
PGA azalımı (istasyon kayıtları)	istatistiksel güç	$n \geq 25$ · mevcut 0	Azalım eğrisi bir yer hareketi kestirim bağıntısı değildir: bu olayın kendi istasyon setine uydurulmuş ampirik doğrudur; eğimin anlamlı olması için kayıtların en az on katlık bir uzaklık aralığına yayılması gerekir. Bu olayda: aletsel kayıt sayısının yetersizliği ($n = 0 < 25$).
Kayma yönlerinin ana fay doğrultusuna uyumu (kanallanma)	istatistiksel güç	$n \geq 3$ · mevcut 0	Kanallanma, kaymanın ana fay yüzeyine ne kadar bağlı kaldığını ölçer; dik uzaklık dış merkez konum hatasını taşıdığı için birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanmaz. Bu olayda: ana faya uzaklığı ve kayma azimutu birlikte çözölen mekanizma sayısının yetersizliği ($n = 0 < 3$).
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	$n \geq 6$ · mevcut 2	Gerinim hızı, üçgen köşelerindeki istasyonların yatay hız farklarından kenar uzunluğu değişimiyle hesaplanır; ağır kurulabilmesi için en az 6 istasyon gerekir ve alan, istasyonların seyrek olduğu kenarlarda zayıf kısıtlıdır. Bu olayda: üçgen ağı kuracak GNSS istasyonu sayısının yetersizliği ($n = 2 < 6$).
Artçı zonü genişlemesi	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	zarf $<$ seçim yarıçapının %90 düzeyi · mevcut %98	Artçı zonü genişlemesi, artçı alanının logaritmik zamanla değişimi olarak ölçölür (Tajima ve Kanamori, 1985). Zarfın zaman kutularında yeterli örnekleme ($n \geq 50$) kurulması ve artçı seçiminin zarfı sınırlamaması bu çalışmanın işletimsel ölçütüdür: bulut seçim yarıçapına dayanıyorsa zarf o yarıçapın ötesine çıkamaz ve genişleme sınıanamaz. Bu olayda: artçı bulutunun seçim yarıçapına dayanması (zarfın en büyük değeri 116 km; seçim yarıçapı 118 km) — zarf bu yarıçapın ötesine çıkamayacağından genişleme bu seçimle sınıanamaz.
Geriye dönük öncü çözümlemesi (ters Omori)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Öncüler ancak ana şok bilindikten sonra tanımlanabilir (öncü etkinliğinin özellikleri için Jones ve Molnar, 1979); arka plandan ayırmayan etkinliğin öncü dizisi sayılmaması bu çalışmanın ölçütüdür. Bu olayda: etkinliğin arka plandan ayrışması doğrulanmadı (negatif binom $p < 0,001$; ampirik sıra muhafızı $p = 0,050 \geq 0,05$; taban 19 kutu).
Sismisite göç zarfı (doğrusal / difüzyif)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	$ \Delta AICc \geq 2$ · mevcut < 2	$\Delta AICc < 2$ iken model seçimi yapılamaz; bu durumda modellerden birini seçilmiş gibi sunmak veriye dayanmaz. Bu olayda: doğrusal ve difüzyif modellerin bu veriyle ayırt edilememesi ($ \Delta AICc < 2$).

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

Tablo A3. Çekince düşölen çözümlmeler.

Çözümleme	Çekince
Kırılma direktivitesi	Direktivite, sonlu kırık gerektirir (McGuire vd., 2002); sentroid ötelenmesi konum belirsizliğini aşmalıdır. Bu olayda: artçıların dış merkez merkezli seçim dairesiyle seçilmesi ve bulutun bu sınıra dayanması (artçı uzaklıklarının %90 yüzdeliği 111 km; seçim yarıçapı 118 km) — sentroid dış merkeze doğru yanlı olduğundan ötelenme oranı kırılmanın tek ya da çift taraflılığı için hüküm vermez.
Omori–Utsu artçı sönümü	Sönüm üsteli p ancak uydurma kısıtlyken ölçümdür. Uydurma en az 20 artçıyla kurulur; değerin bulgu olarak raporlanması için bu çalışmanın ölçütü $n \geq 50$, p'nin standart sapması $\leq 0,20$ ve gözlem süresinin c değerinin en az 10 katı olmasıdır (işletimsel ölçütler; en büyük olabilirlik kestirimi için Ogata, 1983; Utsu vd., 1995). Bu olayda: uydurmanın ana şoktan başlaması ve ilk saatlerde tamlık eşiğinin benimsenen eşiğin üzerinde olması (ilk pencerede Mc 5,2 $>$ 4,5; eşik benimsenen değere ana şoktan 5,3 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: bağılı 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; $n \geq 5$ iken nokta değeri %95 aralığıyla, $1 \leq n < 5$ iken yalnız aralık, $n = 0$ iken yalnız alt sınır verilir (işletimsel ölçüt). Tamlık dönemi saptanamadığında değeri çekinceyle raporlanır. Bu olayda: eşik üstü bağımsız olay azlığı ($n = 1 < 5$; yalnız %95 aralığı verilebilir); tamlık başlangıcı saptanamadığından katalog 1900'den beri tam varsayılmıştır.
Gerilme tensörü inversiyonu	Doğrusal gerilme inversiyonunda (Michael, 1984) kararlı bir çözüm için bu çalışmada en az 15 mekanizma aranır (işletimsel ölçüt); güven aralığı olmadan tensör raporlanmaz. Bu olayda: yinelemeli düzlem seçiminin yakınsamaması (5 yinelemede üst sınıra ulaşılmıştır).
Küme boyutu (artçı kümesinin L $\times$ W yayılımı)	Küme boyutu yalnız artçı kümesinden ($n \geq 20$; işletimsel ölçüt) raporlanır; çalışma kutusundaki bütün olayların yayılımı kadrajı ölçer ve küme boyutu sayılmaz. Bu olayda: artçı bulutunun seçim yarıçapına dayanması (artçı uzaklıklarının %90 yüzdeliği 111 km; seçim yarıçapı 118 km) — boyut ölçöleri seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınırdır.

Not: Bu çözümlmelerin 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 ölçölen nedeni kendi hücreindedir.

Tablo A4. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirölen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	07.08.2020 03:41:13	ISC	52,314°K	159,009°D	mb 4,8
	07.08.2020 03:41:09	KAGSR	52,205°K	159,273°D	ML 5,3
2	22.08.2020 20:57:41	USGS	53,155°K	160,179°D	mb 4,3
	22.08.2020 20:57:37	KAGSR	52,876°K	160,463°D	ML 4,7
	22.08.2020 20:57:40	ISC	52,941°K	160,287°D	MS 3,1
	22.08.2020 20:57:41	GFZ	52,796°K	160,055°D	mb 4,7
3	23.08.2020 09:50:47	EMSC (OBN)	52,40°K	158,59°D	mb 3,7
	23.08.2020 09:50:45	KAGSR	52,110°K	158,906°D	ML 4,5
	23.08.2020 09:50:46	ISC	52,150°K	158,793°D	mb 3,6

devamı izleyen sayfada

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A4 (devam). Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
4	25.08.2020 21:53:48	USGS	53,032°K	159,844°D	mb 4,7
	25.08.2020 21:53:43	KAGSR	52,859°K	160,242°D	ML 5,0
	25.08.2020 21:53:46	ISC	52,927°K	160,067°D	mb 4,7
5	04.09.2020 21:10:18	GFZ	52,328°K	159,841°D	Mw 5,1
	04.09.2020 21:10:12	KAGSR	52,083°K	160,558°D	ML 5,6
	04.09.2020 21:10:17	ISC	52,205°K	160,326°D	Mw 5,1
6	04.09.2020 21:14:26	EMSC	52,37°K	159,88°D	mb 4,7
	04.09.2020 21:14:22	KAGSR	52,083°K	160,433°D	ML 5,2
	04.09.2020 21:14:27	ISC	52,213°K	160,195°D	mb 4,7
7	04.09.2020 21:50:20	USGS	52,464°K	159,886°D	mb 4,4
	04.09.2020 21:50:15	KAGSR	52,117°K	160,450°D	ML 4,6
	04.09.2020 21:50:20	ISC	52,250°K	160,217°D	mb 4,2
	04.09.2020 21:50:21	EMSC	52,47°K	160,10°D	mb 4,4
8	04.09.2020 23:01:46	USGS	51,797°K	160,139°D	mb 4,2
	04.09.2020 23:01:48	ISC	52,107°K	160,370°D	mb 4,2
	04.09.2020 23:01:48	KAGSR	52,097°K	160,551°D	ML 4,4
9	05.09.2020 00:21:26	USGS	52,322°K	160,039°D	mb 4,7
	05.09.2020 00:21:21	KAGSR	52,086°K	160,594°D	ML 5,2
	05.09.2020 00:21:26	ISC	52,233°K	160,261°D	Mw 4,7
10	05.09.2020 00:28:00	ISC	52,016°K	160,453°D	mb 3,7
	05.09.2020 00:28:01	GSRAS	52,103°K	160,482°D	M 3,3
11	07.09.2020 19:02:39	ISC (KRSC)	52,155°K	160,432°D	ML 3,5
	07.09.2020 19:02:39	KAGSR	52,155°K	160,432°D	ML 3,5
12	07.09.2020 19:12:42	USGS	51,697°K	160,280°D	mb 4,3
	07.09.2020 19:12:45	ISC	52,110°K	160,424°D	mb 4,1
	07.09.2020 19:12:45	GSRAS	52,11°K	160,48°D	M 3,5

Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 101 · 20 km → 967 · 40 km → 2423 · 70 km → 2910

Uzak ağ kayıtları ($M \geq 2,0$) — yerel otorite kaydına bağlanan kopya: 150; eşi bulunamayan kayıt: 728; iki grup da katalogdan çıkarılmıştır. Eşleme ölçütü: $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta \text{konum} \leq 300$ km, $\Delta M -0,5$ ile +1,5 arası ve eş kaydın en az 2 kurumca bildirilmiş olması. Katalogdan çıkarılan kayıtların hesabı: sorgudan dönen 10.931 kayıttan çıkarılan 3.788 (çapraz-kaynak kopyası 2.910, uzak ağ kopyası 150, eşi bulunamayan uzak ağ kaydı 728); tekilleştirilmiş katalogda kalan 7.143 kayıt. İlk 6 kayıt listelenmiştir.

eşi bulunamayan	06.08.2020 00:11:40	GSRAS	53,310°K	160,594°D	M 2,1
eşi bulunamayan	06.08.2020 11:45:15	GSRAS	52,071°K	159,371°D	M 2,0
eşi bulunamayan	09.08.2020 03:08:49	GSRAS	53,345°K	160,481°D	M 2,1
eşi bulunamayan	10.08.2020 15:21:29	GSRAS	52,662°K	160,132°D	M 2,3
eşi bulunamayan	11.08.2020 17:24:48	GSRAS	52,573°K	161,229°D	M 2,0
eşi bulunamayan	12.08.2020 06:39:39	GSRAS	52,266°K	159,208°D	M 2,2

Not: İki kayıt (1) $\Delta t \leq 20$ s, $\Delta \text{konum} \leq 70$ km ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5$ s ve $\Delta \text{konum} \leq 60$ km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) koşulunu sağladığında aynı olay sayılmıştır; konum toleransı kutu boyutuyla ölçeklenmiştir (70 km); (2)'nin toleransı ölçeklenen değerle bu ölçütün 60 km'lik sabit tavanının küçüğüdür (60 km). Her küme bir fiziksel olayı temsil eder; ilk satır seçilen temsilcidir. Tekilleştirmede düşen 2.910 kaydın kümelerinden ilk 12 tanesi listelenmiştir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği ondalıkla verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

Tablo A5. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 300 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir.

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	29.07.2025	52,50	160,26	35	214	18	84	8,73	ters
2	18.09.2025	53,18	160,54	30	212	16	83	7,86	ters
3	20.07.2025	52,83	160,68	34	219	14	87	7,47	ters
4	13.09.2025	53,19	160,14	59	211	24	86	7,35	ters
5	30.07.2025	52,19	159,80	37	191	25	89	7,24	ters
6	17.08.2024	52,93	160,13	29	216	27	89	7,02	ters
7	13.11.1993	51,92	158,70	34	206	31	83	7,00	ters
8	08.03.1999	52,06	159,52	57	242	28	101	6,87	ters
9	02.03.1992	52,88	160,00	44	213	28	84	6,84	ters
10	21.06.1996	51,57	159,12	20	211	25	83	6,71	ters

devamı izleyen sayfada

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A5 (devam). Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 300 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir.

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
11	20.07.2025	52,93	160,62	23	211	26	86	6,69	ters
12	20.07.2025	52,70	160,83	10	210	25	87	6,66	ters
13	19.06.2026	52,79	160,57	10	209	21	84	6,61	ters
14	20.07.2025	52,87	160,79	22	208	22	87	6,60	ters
15	06.10.1987	52,91	160,00	33	208	32	86	6,46	ters
16	08.10.2001	52,59	160,32	49	229	21	102	6,44	ters
17	01.06.1998	52,89	160,07	44	210	22	78	6,44	ters
18	08.10.2001	52,63	160,21	33	211	34	76	6,34	ters
19	05.03.1992	52,90	159,71	44	214	28	87	6,31	ters
20	30.07.2010	52,50	159,84	23	208	28	85	6,29	ters

Not: Tip, P, T ve B eksen dalımlarına göre Frohlich ve Apperson (1992) sınıflarıdır: B > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; hiçbirini sağlanmazsa eğik/karma. Tüm çözümler GCMT kataloğundandır: Mw moment tensöründen, enlem ve boylam kaydın başvuru hiposantrındandır (moment tensörünün ağırlık merkezi konumu değildir). Aynı olayın tarihsel çizelgedeki büyüklüğü (ISC-GEM Mw ya da katalog M) ve konumu başka kaynaktır: büyüklük ayrışabilir, iki konum eşleşen olaylarda en çok 52,1 km ayrışır (30.07.2010); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzay–zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 84 bağımsız küme (en büyük küme 107 çözüm).

Tablo A6. Tarihsel eşik üstü depremler (1900 sonrası, olay anından önce).

Tarih	M	Tür	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Yer	E/E ₀
04.11.1952◆	9,0	Mw	22	34	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×2,0
04.11.1952	8,3	M	—	84	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyıları	×0,18
04.05.1959	7,9	Mw	55	91	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyıları	×0,045
25.06.1904	7,7	Mw	30	30	Petropavlovsk-Kamchatsky, Rusya — 115 km DGD	×0,022
24.07.1904	7,6	mb	0	101	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyıları	×0,016
25.06.1904	7,5	Mw	15	131	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,011
30.06.1936	7,5	Mw	15	147	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,011
02.02.1923	7,3	Mw	35	144	Petropavlovsk-Kamchatsky, Rusya — 163 km DKD	×0,0056

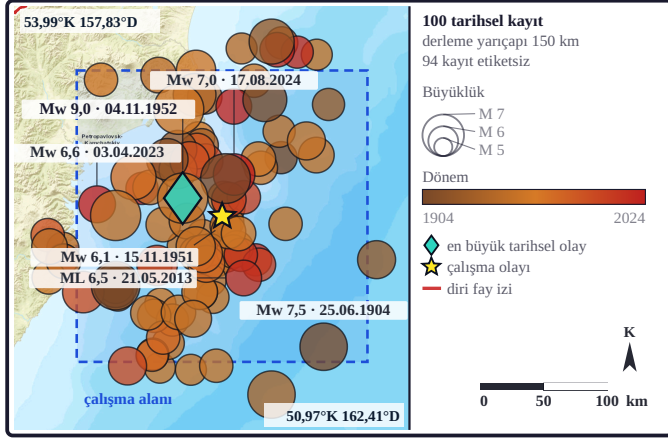
Yakın kuşakta (≤ 60 km) dış merkeze en yakın kayıtlar (yukarıda listelenmeyenler, uzaklık sırasıyla)

15.11.1951	6,1	Mw	30	6,5	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,000089
13.10.1957	6,1	Mw	25	8,1	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,000089
15.11.1951	6,1	Mw	30	8,6	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,000089
27.01.1953	6,4	Mw	33	13	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,00025
08.10.2001	6,4	Mw	29	14	Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyısı açığı	×0,00025

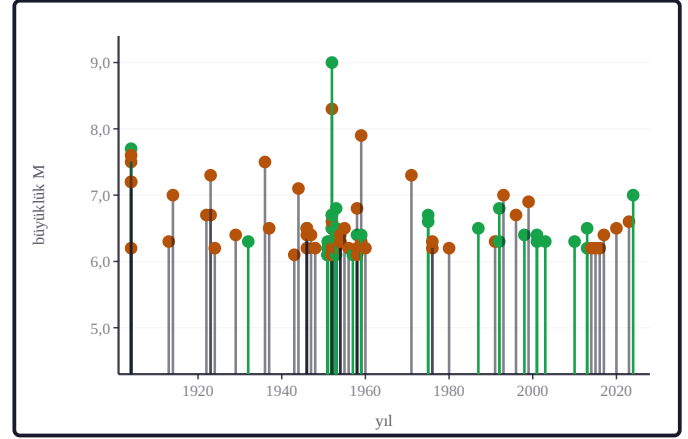
Not: Büyüklükler, kayda birleşik arşivde bağlı bir ISC-GEM (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018) raporu varsa onun moment büyüklüğüdür (Mw), yoksa kaydın moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik kataloğun temsilci değeridir; 281 kaydın 112 tanesinde büyüklük ISC-GEM'dendir; 103 kayıta 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); listelenen kayıtların tümü M ≥ 6, 150 km içinde ölçütüyle girmiştir. 100 tekil kayıttan en büyük 8 olay listelenmiştir (yakın kuşağın kayıtları alt bölümde); 70 kopya kayıt tekilleştirilmiştir (Δt ≤ 60 s ve ≤ 100 km); tek kuruma dayanan ve yer künyesi taşımayan 3 M ≥ 6 kaydı doğrulanamadığından derleme dışıdır; konumu dış kataloglarla (USGS ComCat, ISC) doğrulanamayan 1 tek kurumlu kayıt (> 50 km konum farkı) derleme dışıdır. Dizi ayrımı ölçütünün (olaydan önceki 30 gün ve sonrası, dış merkeze 118 km içinde) kapsadığı 58 eşik üstü kayıt ve olay anından sonraki 6 dizi dışı eşik üstü kayıt tarihsel derlemeye alınmamıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 12 kayıttan 8 tanesinin büyüklüğü ISC-GEM'in yeniden değerlendirmesi, 2 tanesininki kurum Mw raporu, 2 tanesininki katalogun bülten değeridir; bu dönemin büyüklükleri kaynağa göre ≈ 0,3–0,5 birim ayrışabilir. E/E₀: ışınan enerjinin bu olayınkine oranı (büyüklük farkından); ◆ en büyük kayıt. Alanın hemen dışındaki M ≥ 7 depremler (150–188 km): 25.06.1904 M 7,5 (153 km GD, Petropavlovsk-Kamchatsky, Rusya — 274 km GD); 25.07.1960 M 7,2 (162 km KB, Kamçatka Yarımadası'nın doğu kıyıları); 28.10.1960 M 7,0 (183 km BGB, Kamçatka Yarımadası); 30.01.2016 M 7,1 (171 km KKB, 96 km г. Петропавловск-Камчатский).

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

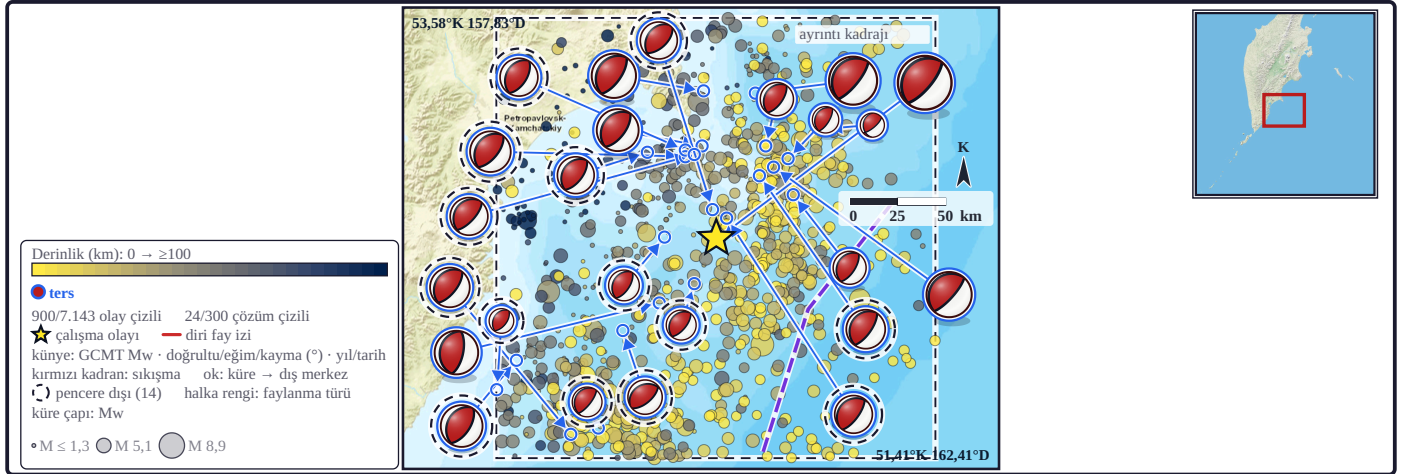
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 10a ve 10b'de, bölgesel odak mekanizması çerçevesi Şekil 10c'de verilmiştir.



Şekil 10a. Çalışma olayından önceki eşik üstü kayıtlarda daire çapı büyüklüğü, dolgu rengi oluş dönemini gösterir. Turkuaz elmas derlemenin en büyük kaydı, sarı yıldız çalışma olayıdır. Kayıt eşiği yakın kuşakta $M \geq 5$, bölge kuşağında $M \geq 6$ olarak alınmıştır. Mavi kesikli dikdörtgen çalışma alanıdır (birleşik katalog, 1900 sonrası; derleme yarıçapı 150 km, yakın kuşak 60 km).



Şekil 10b. Tarihsel eşik üstü depremlerin büyüklükleri yıllara göre çizilmiştir; yeşil yakın kuşak, turuncu bölge kuşağıdır (birleşik katalog, 1900 sonrası; büyüklükler, varsa ISC-GEM Mw: International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018).



Şekil 10c. 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 kadran sıkışma). Küreler künyesizdir. Küçük daireler pencere olayları, kesikli dikdörtgen ayrıntı haritasının kadrajıdır (mekanizma kümesi: bölgesel küme [$n = 300$]; gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır [$n = 481$]; faylar: GEM Global Active Faults [Styron ve Pagani, 2020] — CC BY-SA 4.0).

VERİ ERIŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem kataloğu, 30.07.2020 – 27.10.2025 dönemi için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (ISC, GSRAS, USGS, KAGSR, EMSC, GFZ, NOA); sorgu kutusu ve tekilleştirme ölçütleri Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Fay katmanı ve yardımcı veri setlerinin künyeleri Kaynakça ile şekil altıyazılarındadır. Katalog kayıtlarını üreten ağ ve bültenler: ISC (International Seismological Centre, t.y.), USGS (U.S. Geological Survey, 2017), EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre, t.y.), GFZ (GEOFON Data Centre, 1993) ve NOA (National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens, 1975); GSRAS, KAGSR kayıtları için doğrulanmış bir ağ/katalog künyesi bulunmadığından yalnız kurum adı verilmiştir. Pencere katalogunun kurumlarına ek olarak çalışma olayının kurum çözümünde INGv; tarihsel derlemede GSI ve NIEP (National Institute for Earth Physics, 1994) kayıtları kullanılmıştır; doğrulanmış künyesi bulunmayan kurumlar yalnız adıyla verilmiştir. Tarihsel derlemenin büyüklükleri, kayda birleşik arşivde bağlı bir ISC-GEM raporu varsa onun moment büyüklüğüdür (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018); yoksa kaydın moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir (281 kaydın 112 tanesinde ISC-GEM). Moment tensörleri Global CMT katalogundandır (Dziewonski vd., 1981; Ekström vd., 2012). Birleşik çok-kaynaklı katalog, bu çalışmada kurum çözümlerinin çapraz-kaynak tekilleştirilmesiyle derlenmiş türetilmiş bir üründür; kaynakçada ayrı bir eser olarak listelenmez. Harita aldığı karoları için sağlayıcının istediği atf: “Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community” (erişim: 18.10.2026).

KAYNAKÇA

Aki, K. (1965) Maximum likelihood estimate of b in the formula log N = a – bM and its confidence limits. Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 43(2), 237–239. doi:10.15083/000033631

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

Allen, T. I. ve Hayes, G. P. (2017) Alternative Rupture-Scaling Relationships for Subduction Interface and Other Offshore Environments. Bull. Seismol. Soc. Am. 107(3), 1240–1253. doi:10.1785/0120160255

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

Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries. Geochron. 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

Bott, M. H. P. (1959) The mechanics of oblique slip faulting. Geol. Mag. 96(2), 109–117. doi:10.1017/S0016756800059987

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

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

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: 18.10.2026)

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

Konum haritasının (Şekil 1’in iç haritası) altlığı için sağlayıcının istediği atf: “Source: US National Park Service” (erişim: 18.10.2026). GNSS hız vektörleri Nevada Geodetic Laboratory’nin (NGL) MIDAS hız ürünündendir (Blewitt vd., 2016, 2018) (erişim: 18.10.2026). Kırk geometrisi USGS NEIC sonlu fay çözümünden (olay kimliği us6000qw60), topluluk şiddeti verisi USGS “Did You Feel It?” ürününden ve model şiddeti USGS ShakeMap ürününden, uyarı düzeyi USGS PAGER ürününden alınmıştır (erişim: 18.10.2026). Levha sınırları sayısal levha sınırı modelindendir (Bird, 2003).

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (ISC, GSRAS, USGS, KAGSR, 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 aldığı 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): CC BY-SA 4.0. Levha sınırı modelinin kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): ODC-BY 1.0. Tarihsel büyüklüklerin kaynağı olan ISC-GEM katalogunun kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): CC BY-SA 3.0 (Unported). © 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN. Bu raporun metni, şekilleri, haritaları, çizelgeleri ve hesap sonuçları yazarın özgeçmişidir; 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: GEM diri fay katmanının içeren haritalar CC BY-SA 4.0, ISC-GEM katalogundan türetilen veri çizelgeleri CC BY-SA 3.0 koşullarına tabidir.

Frohlich, C. ve Apperson, K. D. (1992) Earthquake focal mechanisms, moment tensors, and the consistency of seismic activity near plate boundaries. Tectonics 11(2), 279–296. doi:10.1029/91TC02888

Gardner, J. K. ve Knopoff, L. (1974) Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian? Bull. Seismol. Soc. Am. 64(5), 1363–1367. doi:10.1785/BSSA0640051363

Garwood, F. (1936) Fiducial limits for the Poisson distribution. Biometrika 28(3–4), 437–442. doi:10.1093/biomet/28.3-4.437

GEOFON Data Centre (1993) GEOFON Seismic Network. GFZ Data Services. doi:10.14470/TR560404

Gutenberg, B. ve Richter, C. F. (1944) Frequency of earthquakes in California. Bull. Seismol. Soc. Am. 34(4), 185–188. doi:10.1785/BSSA0340040185

Gutenberg, B. ve Richter, C. F. (1956) Magnitude and energy of earthquakes. Ann. Geofis. 9(1), 1–15. doi:10.4401/ag-5590

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

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

International Seismological Centre (t.y.) ISC Bulletin. doi:10.31905/D808B830 (erişim: 18.10.2026)

Jones, L. M. ve Molnar, P. (1979) Some characteristics of foreshocks and their possible relationship to earthquake prediction and premonitory slip on faults. J. Geophys. Res. 84(B7), 3596–3608. doi:10.1029/JB084iB07p03596

Kanamori, H. (1977) The energy release in great earthquakes. J. Geophys. Res. 82(20), 2981–2987. doi:10.1029/JB082i020p02981

Kanamori, H. ve Anderson, D. L. (1975) Theoretical basis of some empirical relations in seismology. Bull. Seismol. Soc. Am. 65(5), 1073–1095.

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

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

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

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

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

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

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

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

Ogata, Y. (1983) Estimation of the parameters in the modified Omori formula for aftershock frequencies by the maximum likelihood procedure. J. Phys. Earth 31(2), 115–124. doi:10.4294/jpe.1952.31.115

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

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

Shearer, P. M., Hardebeck, J. L., Astiz, L. ve Richards-Dinger, K. B. (2003) Analysis of similar event clusters in aftershocks of the 1994 Northridge, California, earthquake. J. Geophys. Res. 108(B1). doi:10.1029/2001JB000685

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

Styron, R. ve Pagani, M. (2020) The GEM Global Active Faults Database. Earthq. Spectra 36(1S), 160–180. doi:10.1177/8755293020944182

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

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

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

Utsu, T. (1966) A statistical significance test of the difference in b-value between two earthquake groups. J. Phys. Earth 14(2), 37–40. doi:10.4294/jpe.1952.14.37

Utsu, T., Ogata, Y. ve Matsu’ura, R. S. (1995) The centenary of the Omori formula for a decay law of aftershock activity. J. Phys. Earth 43(1), 1–33. doi:10.4294/jpe.1952.43.1

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

Wallace, R. E. (1951) Geometry of shearing stress and relation to faulting. J. Geol. 59(2), 118–130. doi:10.1086/625831

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

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

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

Zaliapin, I. ve Ben-Zion, Y. (2013a) Earthquake clusters in southern California I: Identification and stability. J. Geophys. Res. Solid Earth 118(6), 2847–2864. doi:10.1002/jgrb.50179

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