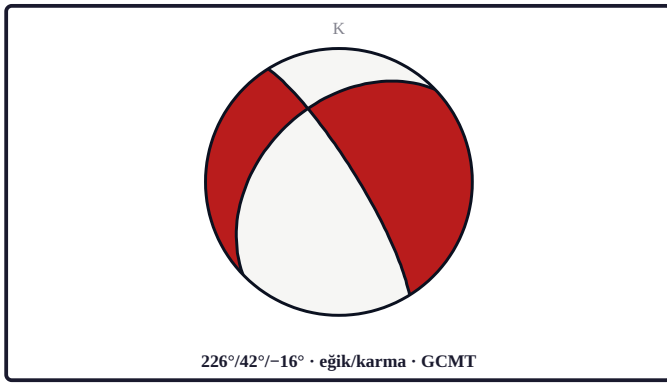
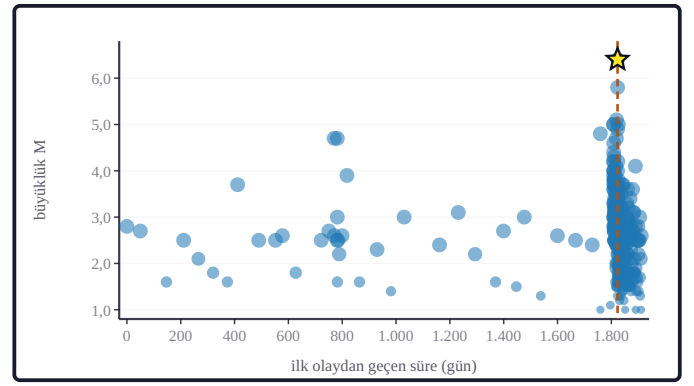
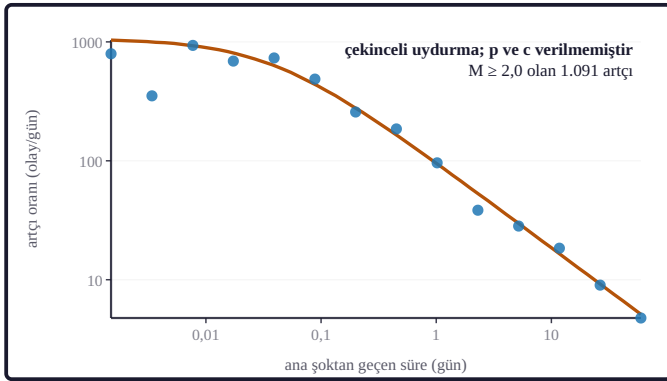




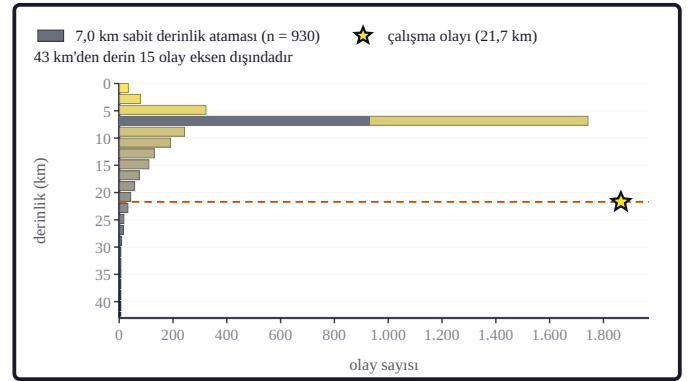
Şekil 2a. Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; koyu kadranlar sıkışma kadranlarıdır.



Şekil 2b. Pencere kataloğu 3.150 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay çalışma olayıdır (Mw 6,4); Mc = 2,5 üstünde 943 olay vardır. Büyüklük–zaman dağılımı: yatay eksen ilk olaydan geçen süre (gün), dikey eksen büyüklüktür. Her mavi daire bir olaydır ve daire çapı büyüklükle ölçeklidir; turuncu kesikli dikey çizgi ve yıldız çalışma olayını işaretler (seyreltme eşit adımlıdır; en büyük 10 olay her durumda çizilmiştir).



Şekil 2c. Çekinceli kestirim: Omori–Utsu üsteli çekinceyle verilmiştir ve ilk saatlerdeki katalog eksikliğinden etkilenir; p ve c değerleri verilmemiştir. Kayan pencerelerle izlenen zamanla değişen tamlıkta ana şoku izleyen ilk pencerenin tamlık eşiği Mc = 3,7'dir (uydurmanın dayandığı artçı alt kümesinin eşiği Mc = 2,0). Artçı oranı ana şoktan geçen süreye göre çizilmiştir (iki eksen logaritmik); eğri Omori–Utsu yasasının en büyük olasılık uydurmasıdır ve değerleri çekinceli olduğundan şekilde verilmemiştir (Omori–Utsu yasası: Utsu vd., 1995).



Şekil 2d. Tam katalogta derinlik değeri taşıyan 3.150 olayın %78'i ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (7,0 km) ölçülmüş derinlik taşımaz. Hiposantr derinlik histogramı (tam katalog): çubuk rengi derinliği gösterir (sıg sarı, derin lacivert); koyu kesim sabit derinlik atamalarıdır; yıldız ve kesikli çizgi çalışma olayının derinliğidir.

KULLANILAN BAĞINTILAR

(1) Sismik moment

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

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

(2) Işınan enerji

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

Gutenberg ve Richter (1956)

(3) 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)

Şekil 2a–2d: Koyu kadranlar sıkışma, açık kadranlar genişleme kadranlarıdır; T eksen sıkışma kadranının, P eksen genişleme kadranının ortasında yer alır (Şekil 2a). Deviatorik (GCMT) tensörün çift kuvvet payı %87'dir. Nokta kaynak (çift kuvvet) yaklaşımda 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: 3.150 olay, ilk–son olay arası 1.913 gün, en büyüğü M 6,4 (Şekil 2b). Ortalama büyüklük M 2,20, ortanca M 2,1'dir (tam katalog). Serimin düşey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M 1,7 altında, dörtte biri M 2,6 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 0,9 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).

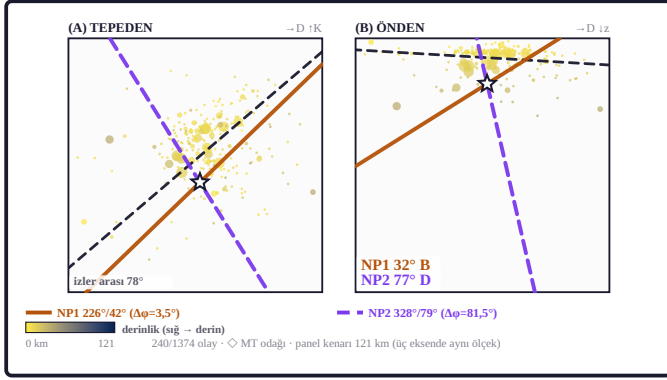
Derinliği bilinen 3.150 kaydın 2.452 tanesi (%78) 10 km ve daha sığ, kalanı daha derindedir (tam katalog). Histogramın en yüksek çubuğu 1.743 olayla 6–8 km aralığındadır; bu çubuktaki 930 kayıt 7,0 km sabit derinlik atamasıdır ve tepe ölçülmüş bir dağılım tepesi olarak okunmamalıdır.

TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

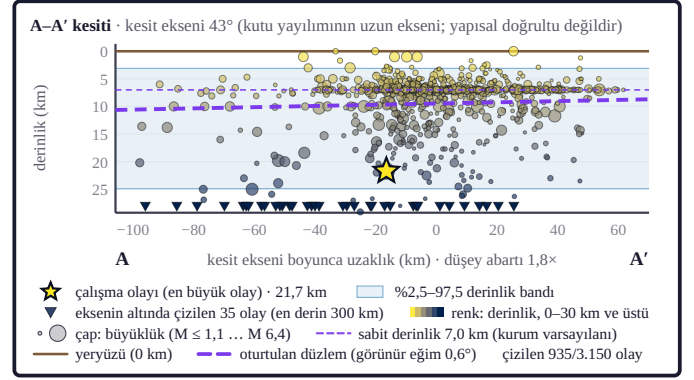
Bölgenin aletsel dönem öncesi büyük depremleri ve dönemsel suskunluk davranışı tarihsel katalog çalışmalarıyla değerlendirilmiştir (Ambraseys, 1989).

Kullanılan diri fay veri tabanında (Türkiye Diri Fay Haritası, MTA TDFH-2026) dış merkeze en yakın adlı fay izleri şunlardır: Doğu Anadolu Fay Zonu'na bağlı fay parçası (1,2 km; sol yönlü doğrultu atımlı), Ölü Deniz Fay Zonu'na bağlı fay parçası (29 km; sol yönlü doğrultu atımlı), Amik Gölü Fayı (34 km; normal). Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır (Anadolu–Afrika hendeği) 20 km uzaktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelle kabulüdür. Olay sığ odaklı (h < 70 km) bir depremdir (odak derinliği 21,7 km).

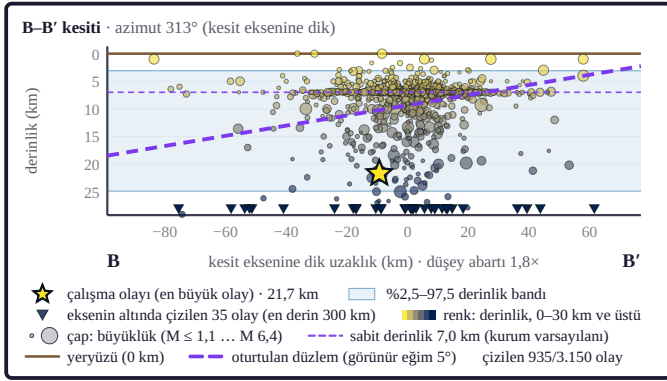
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI



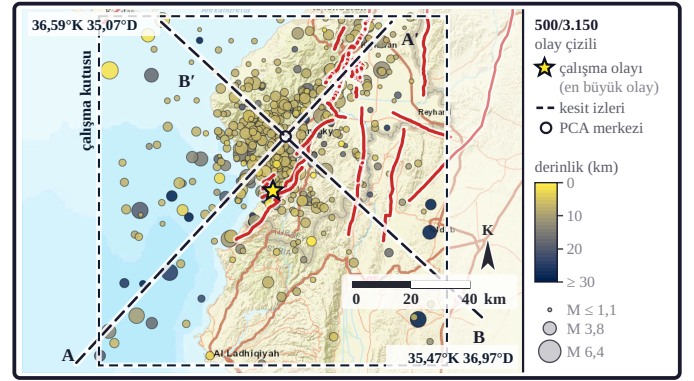
Şekil 3a. Düz kehrirbar çizgi NP1, kesikli mor çizgi NP2 düzlemini, renkli noktalar hiposantrleri gösterir. Düğüm düzlemi ikiliği hiposantr bulutuyla sınıran, sinanan çift moment tensörünün iki düğüm düzlemidir, ölçüt ise hiposantr bulutunun uzaydaki geometrisidir. Bir çift kuvvet çözümü fay düzlemini tek başına seçemez — iki düzlem özdeş dalga alanı üretir, ayrımı ancak deprem bulutunun uzaydaki dizilimi yapabilir. Paneller aynı üç boyutlu sahnenin ortogonal izdüşümleridir ve üç eksenle de aynı km/piksel ölçeğini taşır: (A) tepeden bakış (sağa doğru, yukarı kuzey), (B) önden bakış (sağa doğru, aşağı derinlik), tam genişlikte ek olarak (C) yandan bakış (sağa kuzey, aşağı derinlik). Renkli noktalar gözlemdir — hiposantrler, dolgu rengi derinliği (açık siyah, koyu derin; aralık alt satırda yazılı), çapı büyüklüğü kodlar. Düz kehrirbar 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 3,1–24,9 km derinlik bandındadır; ortanca derinlik 7,0 km'dir (sabit atamalar dışlanınca 7,4 km). A–A' kesiti olayları kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca uzanan düşey düzleme izdüşürür. Sarı yıldız çalışmaya olayıdır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü verir. Alt kenardaki üçgenler derinlik ekseninin altında kalan olaylardır; kataloğun en derin kaydı (300 km) kurumun bildirdiği yuvarlak bir değerdir. Kesikli yatay çizgi kurumların varsayılan olarak atadığı sabit derinlikler. A–A' ve B–B' kesitleri aynı yatay açıyla 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 3.150 olaylık katalogdan 500 olayı gösterir. Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir. Sarı yıldız çalışmaya olayıdır; kesikli A–A' ve B–B' doğruları kesitlerin harita izleridir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur; kutunun dışı sorgulanmamıştır, oradaki fay izleri bağlam içindir).

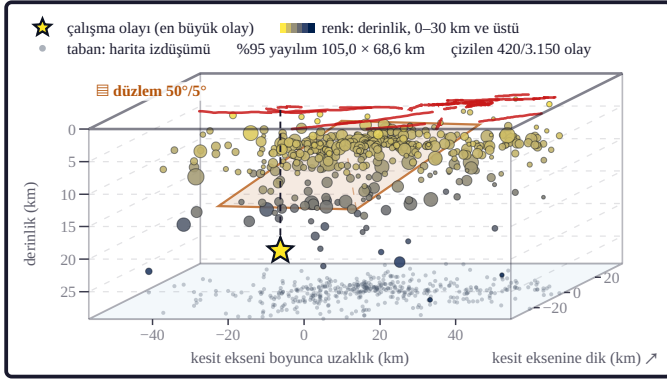
Şekil 3a–3d: Düzlemsellik ölçüsü $c_p = 0,59$ olup bulut düzlemsel bir eğilim göstermekle birlikte belirgin saçılım taşımaktadır (Şekil 3a). Eğim 5° ile yataya yakındır; katalogdaki sabit derinlik atamaları bulutu derinlikte yassılaştırdığından eğim değeri güvenilir değildir. Düzlemin doğrultusu ile NP1 doğrultusu arasındaki fark 4°, NP2 doğrultusu arasındaki fark 82°'dir; bu ölçüte göre bulut NP1 düzlemine daha yakındır. Derinlik eksenini katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Artçı bulutuna ($n = 1374$) temel bileşen çözümüyle oturtulan düzlem 50°/5° geometrisindedir; düzlem orta eğimlidir (Şekil 3b). Bu düzlem hiposantr bulutuna oturtulmuş geometrik bir özetir; eğimi tek başına faylanma türünü belirlemez ve odak mekanizmasının yerini tutmaz. Bu olayın yayımlanmış mekanizması eğik/karma faylanma sınıfındadır; düzlem geometrisi bu çözümle birlikte okunmalıdır. Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 1,53, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,00'dür; bulutun uzama oranı kadrainjünün 1,53 katı olsa da kutu bulutunun ana eksenini pencere biçimine duyarlı olduğundan bu eksen yalnız kesitlerin izdüşüm eksenini olarak kullanılmış, yapısal doğrultu olarak yorumlanmamış ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3c). Dik kesitteki dağılım, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırmaz.

Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, sığ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 3.150 kaydın 2.452 tanesi 10 km ve daha sığ, 698 tanesi daha derindir (tam katalog; Şekil 3d). Derinlik değerleri kurum çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri Tablo 3'te, derinlik dağılımının ölçüleri Tablo A1'de, çalışma alanındaki adlandırılmış diri fay izleri Tablo A2'de verilmiştir.

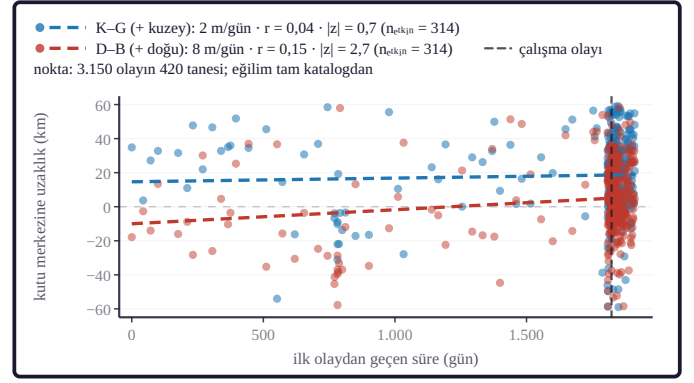
VERİ VE YÖNTEM

Katalog, olay merkezli kutuda 21.02.2018 – 21.05.2023 döneminde kaydedilmiş 3.150 olaydan oluşmaktadır (1.915 gün). Kayıtların kurum dağılımı: AFAD 2.148, ISC 888, GSI 71, EMSC 37, USGS 5, GFZ 1. Büyüklük türü dağılımı: ML 2.934, Mw 189, mb 21, türü belirtilmemiş 4, Md 2. Çalışma alanı 118,7 × 119,1 km ($\approx 14.100 \text{ km}^2$) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = $111,32 \cdot \cos \varphi$ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri 35,491°K–36,568°K ve 35,361°D–36,680°D koordinatlarındadır. Bu rapor, ana şoktan 1.300 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi katalog penceresinin sonuna kadarki 90 güne sınırlıdır. Katalog sorgusu 16.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayılan değiştirilebilir.

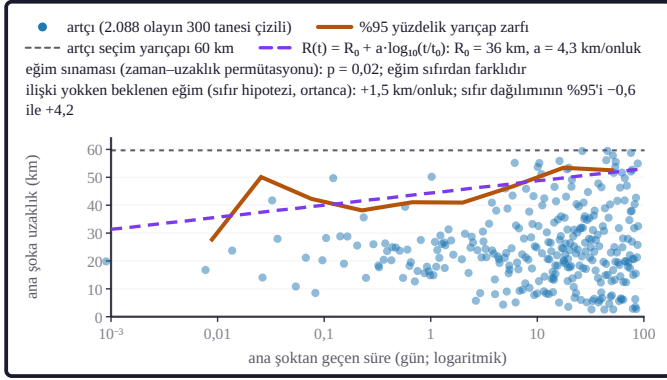
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



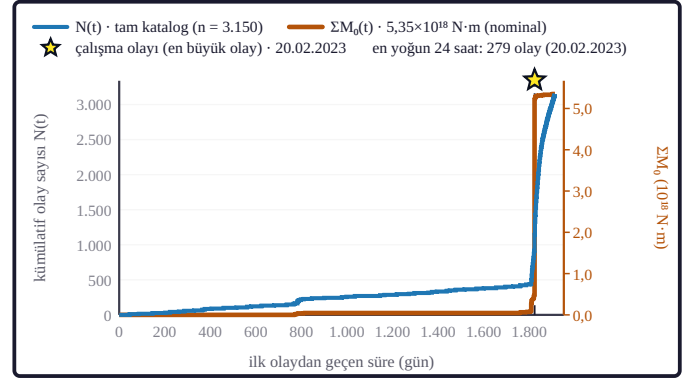
Şekil 4a. Yatay eksen kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca, sağ üste kaçan eksen ona dik uzaklığı, düşey eksen derinliği verir. Derinlik eksenini kesitlerle ayırır; turuncu levha oturtulan düzlemdir. Üst yüzdeki kırmızı çizgiler diri fay izleridir; yıldızdan üst yüze çıkan kesikli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



Şekil 4b. 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 anımı işaretler.



Şekil 4c. Mavi noktalar artçıların ana şoka uzaklığını ana şoktan geçen süreye karşı gösterir (yatay eksen logaritmiktir). Turuncu eğri logaritmik zaman kutularında hesaplanan %95 yüzdelik yarıçap zarfıdır. Kesikli yatay çizgi artçıların seçildiği yarıçaptır; uzaklıklar bu sınırı aşamaz. Mor kesikli doğru zarfa oturtulan $R(t) = R_0 + a \cdot \log_{10}(t/t_0)$ modelidir; katsayılar ve eğim sınavının ölçüsü lejantıdır (logaritmik zamanda genişleme deseni; zarf %95 yüzdelik).



Şekil 4d. Mavi eğri kümülatif olay sayısı $N(t)$, turuncu eğri kümülatif sismik moment $\Sigma M_0(t)$ değeridir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; penceredeki en büyük olay da odur (M_0 ölçeği: Hanks ve Kanamori, 1979).

Şekil 4a–4d: Düşey yayılımın uzun yatay kenara oranı 0,21'dir; yatay yayılım düşey yayılımı aşmaktadır (Şekil 4a). Bloktaki yoğunlaşmalar, etkinliğin tek bir düzlem üzerinde mi yoksa birden çok parça üzerinde mi geliştiğini görsel olarak ayırt etmeye yarar; kesitlerdeki iki boyutlu izdüşümde üst üste düşen kümeler burada ayrışabilir. 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 eksende verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Olaylar zaman ekseninde dengesiz dağılmıştır (pencerenin ilk yarısında 175, ikinci yarısında 2025 olay); bu dağılımda eğim birkaç uç olayın kaldırılmasıyla belirlenir ve korelasyon katsayısıyla birlikte okunmadan yorumlanmamalıdır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının anımı işaretler. Artçı bulutunun yarıçap zarfı logaritmik zamanla genişlemektedir; zarfın eğimi sıfırdan anlamlı biçimde büyüktür (Şekil 4c). Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 4d). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 1,6 olay/gün düzeyindedir; eğrideki dikleşmeler bu ortalamanın belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler.

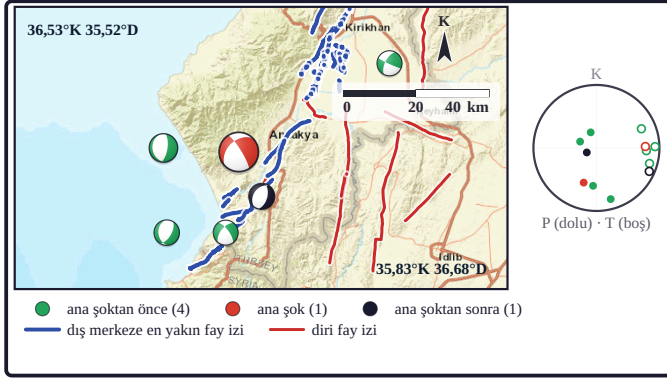
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Birleşik katalog okunurken veri tabanı değiştirilmeden iki onarım uygulanmıştır: aynı kurumun birbirinden 60 s'den uzak iki ayrı olay kimliğini taşıdığı hâlde birleştirmede tek kayda indirgenmiş satırlar ayrı olaylara bölünmüştür (288 olay); temsilci raporu büyüklüksüz olduğu için büyüklüğü boş kalan kayıtların büyüklüğü aynı olayın öbür kurum raporlarından alınmıştır (1 olay).

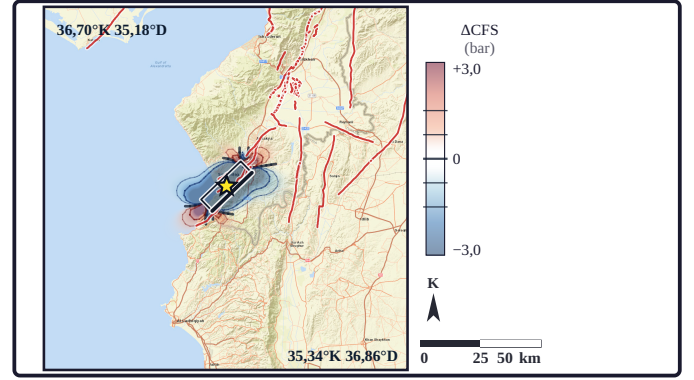
Onarımlar pencereye 289 olay eklemiştir; bunların 256'sı ana şoktan sonradır ve en büyüğü 20.02.2023 17:38:44 UTC'de gerçekleşen ML 4,1 büyüklüğündeki olaydır (EMSC raporu). Çapraz-kaynak kopyaları (1) $\Delta t \leq 20$ s, $\Delta \text{konum} \leq 59$ km ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5$ s ve $\Delta \text{konum} \leq 59$ km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 642 kayıt düşürülmüştür; çıkan kayıtlarda temsilci, kurum önceliği (yurt içinde ulusal ağ önce), moment büyüklüğü tercihi ve en yüksek büyüklük değeri sırasıyla seçilmiştir. Tüm istatistikler tekilleşmiş katalog üzerinde hesaplanmıştır. Kendi hizmet bölgesi dışında kalan bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (uzak ağ kayıtları; $M \geq 2,0$) ayrı bir kuralla ele alınmıştır: en az iki kurumun bildirdiği bir olayla $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta \text{konum} \leq 300$ km ve büyüklük farkı $-0,5$ ile $+1,5$ arasında eşleşen 5 kayıt o olayın kopyası sayılmıştır. Böylece sorgudan dönen 3.797 kayıttan 647'si ayıklanmış ve çözümleme 3.150 olayla yapılmıştır. Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (AFAD) kendi büyüklüğüdür: Mw 6,4 (moment büyüklüğü sınıfı). Öteki kurumların bildirdiği büyüklükler olay künyesi bölümünde karşılaştırılmıştır; farklı ölçeklerdeki değerler aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden tek bir yayılım istatistiğinde toplanmamıştır. Moment ve enerji toplamalarında büyüklük türleri arasında ampirik dönüşüm uygulanmamıştır: moment türü büyüklük taşıyan 189 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 2.961 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplamalar bu etiketle verilmiştir.

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

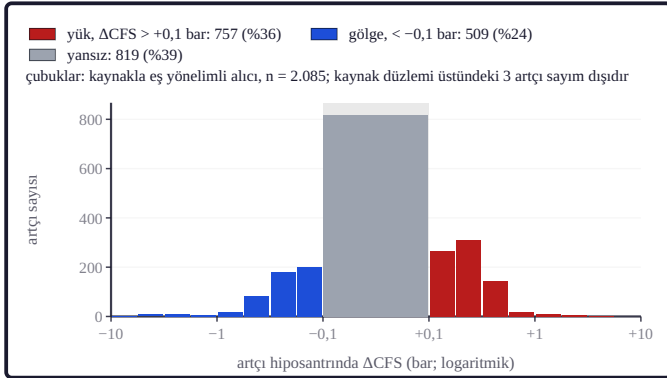
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



Şekil 5a. Arama penceresinin (ana şoktan 180 gün önce – 30 gün sonra, 60 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 merkezdır; dörtgen kaynağın yüzey izdüşümüdür (kalın kenar üstte); çizgiler ΔCFS konturlarıdır. Kırmızı çizgiler diri fay izleridir; renk çubuğundaki çentikler kontur düzeyleridir (ΔCFS: Okada, 1992; King vd., 1994).

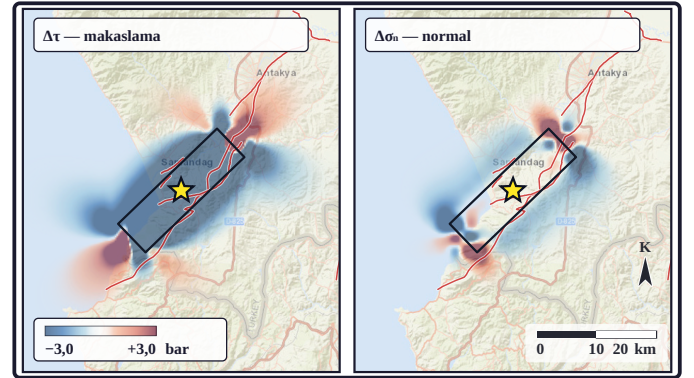


Şekil 5c. Coulomb nokta sınaması, artçıların kendi hiposantrlarında hesaplanan ΔCFS değerlerinin dağılımını verir. Artçı konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır. Kırmızı çubuklar yük artışını, mavi çubuklar gerilme gölgesini, gri bant iki eşik arasındaki yansız aralığı gösterir (eşik 0,1 bar = 0,01 MPa: Hardebeck vd., 1998).

Şekil 5a–5d: Arama penceresindeki zaman sınıfları (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). Çözümlerin Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle sınıf dağılımı 1 doğrultu atımlı, 3 normal, 2 eğik/karma çözümdür. ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 5b). Nokta sınamasının histogramı, artçıları kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yükleme, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 5c). Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 5d). Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 4'te, mekanizma dizisi Tablo 5'te verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Konum kalitesi alanları — varış artığı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ), en yakın istasyon uzaklığı — birleşik katalogda taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanamamıştır. Derinlik istatistikleri çözüm kalitesine bağlıdır: kayıtların %30'unun derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir (930/3.150); bu değer, derinlik çözilemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %34'ünü oluşturmaktadır (1.066/3.150); derinlik ortancası ve derinlik bandı bu yapay yığının etkisi altındadır. Derinliğe dayanan ölçüler (derinlik bandı, kesit geometrisi, düzlem uydurması) bu çekinceyle verilmiştir.



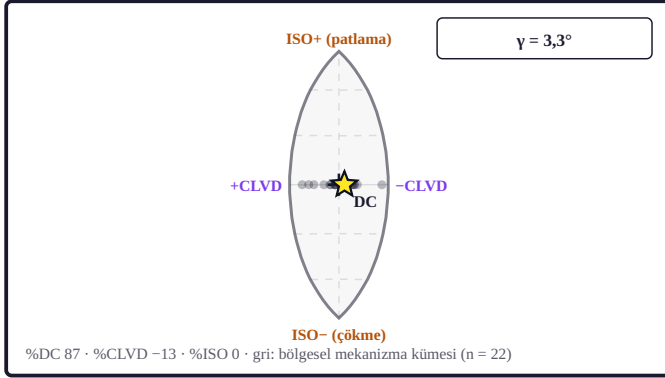
Şekil 5d. ΔCFS'in iki bileşeni ayrı panellerde gösterilmiştir: solda makaslama gerilmesi değişimi Δτ, sağda fay düzlemine dik normal gerilme değişimi Δσn (ΔCFS = Δτ + μ'Δσn). Kadraj kaynak çevresine yakınlaştırılmıştır; renk ölçeği ve kaynak geometrisi ΔCFS haritasıyla aynıdır; yıldız dış merkezdır;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

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).

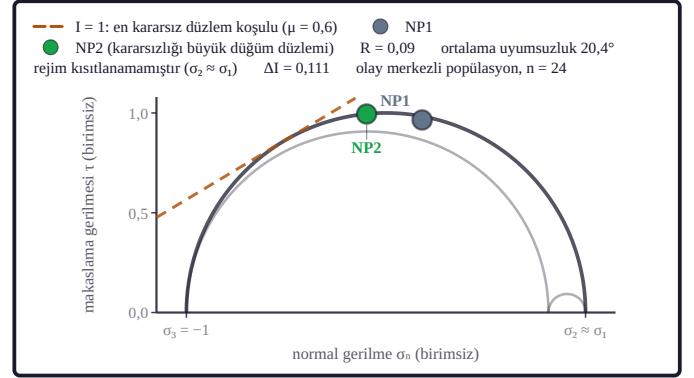
Tamlık büyüklüğü Mc, üç ölçütün verdiği eşiklerin en büyüğü olarak benimsenmiştir: azami eğrilik (+0,2 düzeltmeyle), uyum iyiliği (gözlenen dağılımın en az %90 oranında üstel yasayla modellenenebildiği eşik; Wiemer ve Wyss, 2000) ve b-kararlılığı (ardışık 5 eşik değerinde, her biri en az 50 olayla kestirilen b'nin kararlı kaldığı eşik; yöntemlerin karşılaştırması için Woessner ve Wiemer, 2005). Bu katalogda eşigi b-kararlılığı ölçütü belirlemiştir: $Mc = 2,5$. b-değeri bu eşğin üzerindeki olaylardan en büyük olabilirlik kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik $Mc - \Delta M/2$ 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) Mc ve b birlikte yeniden kestirilir. Tamlık büyüklüğü ölçütlerinin sayısal eşikleri bu çalışmanın işletimsel seçimleridir. b değerinin raporlanması ayrıca büyüklük–frekans dağılımının üst kuyruğunda sınanmıştır: yasadan beklenen olay sayısının en az 1 olduğu, 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde bu sayı katalogta gözlenen olay sayısı binom olasılığı üzerinden karşılaştırılmış; en küçük olasılık 0,01'in altındaysa b raporlanmamıştır (işletimsel ölçüt).

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

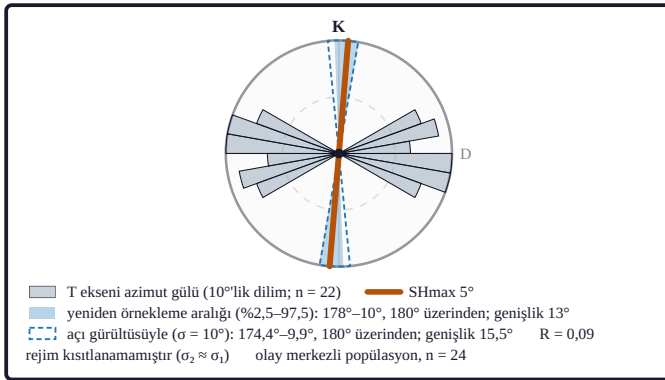
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



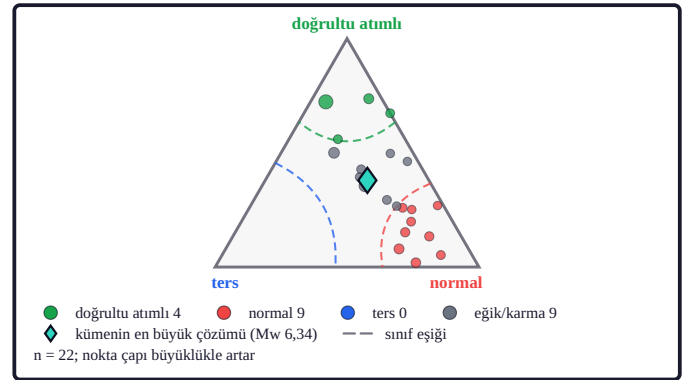
Şekil 6a. Tape ve Tape kaynak tipi lune'unda sarı yıldız bu olayın moment tensörünü, artı imi saf çift kuvvet (DC) merkezini gösterir. Çerçeve $\gamma \in [-30^\circ, +30^\circ]$ ve $\delta \in [-90^\circ, +90^\circ]$ aralığının Hammer eşit alan izdüşümüdür; kesikli yaylar $\delta = 0, \pm 30^\circ$ 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 yüzdelar DC/CLVD/ISO ayrışımıdır (lune: Tape ve Tape, 2012; ayrışım: GCMT tensöründen).



Şekil 6b. 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 yakındır. Şekil oranı R, ortalama kayma yönü uyumsuzluğu ve iki düzlemin kararsızlık farkı ΔI lejantıdır (Vavryčuk, 2014; kararsızlık ölçütü).



Şekil 6c. Çekinceli çözüm: SHmax = 5°; rejim sınıfı kısıtlanamamıştır ($R = 0,09$; olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu). Kuzeyi yukarıda olan gül diyagramında turuncu çift uçlu eksen gerilme inversiyonundan bulunan SHmax azimutunu, mavi yelpaze bu azimutun %2,5–97,5 yüzdelik aralığını (eksenel olduğundan karşı ucuyla birlikte) gösterir. Kesikli mavi sınır, her mekanizmanın doğrultu, eğim ve kayma açısına $\sigma = 10^\circ$ 'lik rastgele gürültü de eklenerek yinelenen tersinimin aynı yüzdelik aralığıdır (Vavryčuk, 2014). Gri sektörler bölgesel mekanizma kümesinin T eksen (uzama) azimut gülüdür (10°'lik dilimler; yarıçap sayımın kareköküyle orantılı); kümede salt çoğunlukta bir sınıf bulunmadığından P eksen gülü çizilmemiştir. İç kesikli çember yarı ölçek halkasıdır; şekil oranı R ve rejim sınıfı lejantıdır (SHmax yönü: Lund ve Townend, 2007; rejim sınıfı: Dünya Gerilme Haritası kuralı).



Şekil 6d. Çekinceli sayım: 22 çözümün %41'i normal sınıfındadır (%95 Wilson aralığı %22–63; 18 bağımsız küme). Alt uç %70 baskınlık eşliğinin altında kaldığından tek sınıflı niteleme yapılmamıştır. Bağımsız kümeler Gardner–Knopoff pencereleriyle ayrılmıştır. Frohlich üçgeninde her nokta bir odak mekanizması çözümünün P, T ve B eksenlerinin dalım açılarından gnomonik izdüşümle kurulan konumudur (köşeler: ters, normal, doğrultu atımlı). Renkli kesikli eğriler sınıf eşikleridir (B dalımı 60°, P dalımı 60°, T dalımı 50°); nokta rengi sınıfı, gri renk hiçbir eşik aşmayan eğik/karma çözümleri, nokta çapı büyüklüğü, turkuaz elmas kümedeki en büyük çözümü gösterir; sınıf sayımları lejantıdır (Frohlich, 1992 gnomonik üçgeni; Frohlich ve Apperson, 1992 eşikleri; çözümler: Global CMT, Ekström vd., 2012).

Şekil 6a–6d: Olayın moment tensörü şekilde izotropik payın sıfır olduğu yatay eksen üzerindedir; bu konum Global CMT çözümünün deviatorik kısıtından gelir, izotropik payın ölçümü değildir (Şekil 6a). Ayrışım kaynağın türünü betimler; büyüklük, hasar ya da izleyen etkinlik hakkında bilgi taşımaz. Gerilme inversiyonu çözümü çekincelidir: yinelemeli düzlem seçimi 5 yinelemede yakınsamamış, kararsızlık ölçütüyle seçilen düzlem kümesi kararlı hâle gelmemiştir; değerler bu çekinceyle verilmiştir (Şekil 6b). Gerilme inversiyonu çözümü çekincelidir (gerekçe gövdede ve çekince düşülen çözümlemeler çizelgesindedir); değerler bu çekinceyle verilmiştir (Şekil 6c). Şekil oranı uç değerde olduğundan ara asal gerilme σ_2, σ_1 'den ayrılmamaktadır; Anderson rejim sınıfı kısıtlanamamış, SHmax yalnız yön sonucu olarak raporlanmıştır. Gürültülü yeniden örneklemede kullanılan 10° aç gürültüsü ölçülmüş değil varsayılmış bir mekanizma belirsizliğidir; tek tek çözümlerin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından (GCMT tensör bileşenlerinin standart hataları kullanılmamıştır) gürültülü aralık bu varsayıma bağlıdır. Hiçbir eşik aşmayan 9 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eğik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 6d). Bölgesel mekanizma kümesindeki çözümlerin büyüklükleri Mw 4,77–6,34 aralığındadır; en büyük çözüm çalışma olayına aittir ve eğik/karma sınıfındadır.

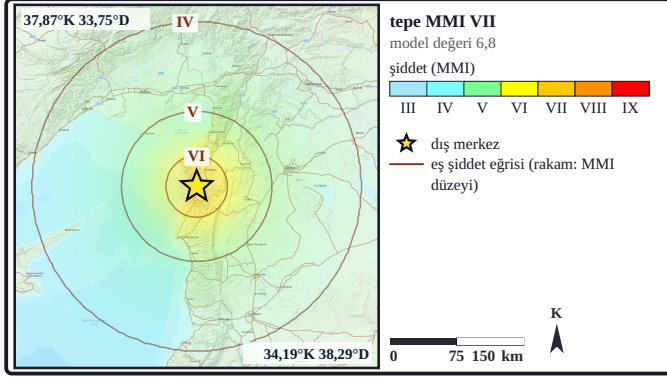
Sınıf sayımı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

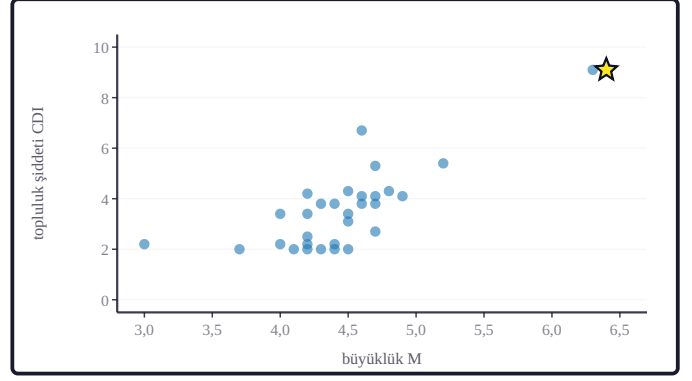
Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür ($\mu = 0,6$; 5 yineleme; belirsizlik 200 yeniden örnekleme %2,5–97,5 aralığıyla verilmiştir, yönün kısıtlanma düzeyi ise odak mekanizması açılanna gürültü eklenerek yinelenen yeniden örneklemeyle ayrıca sinanmıştır); 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 60 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; koşullar sağlanmazsa dizi sınıflanmamıştır. Dizi sınıflamasının eşikleri literatürden alınmamıştır; bu çalışmanın işletimsel ölçütleridir. Büyüklük farkı ve moment payı katalog büyüklüklerinden hesaplanmıştır.

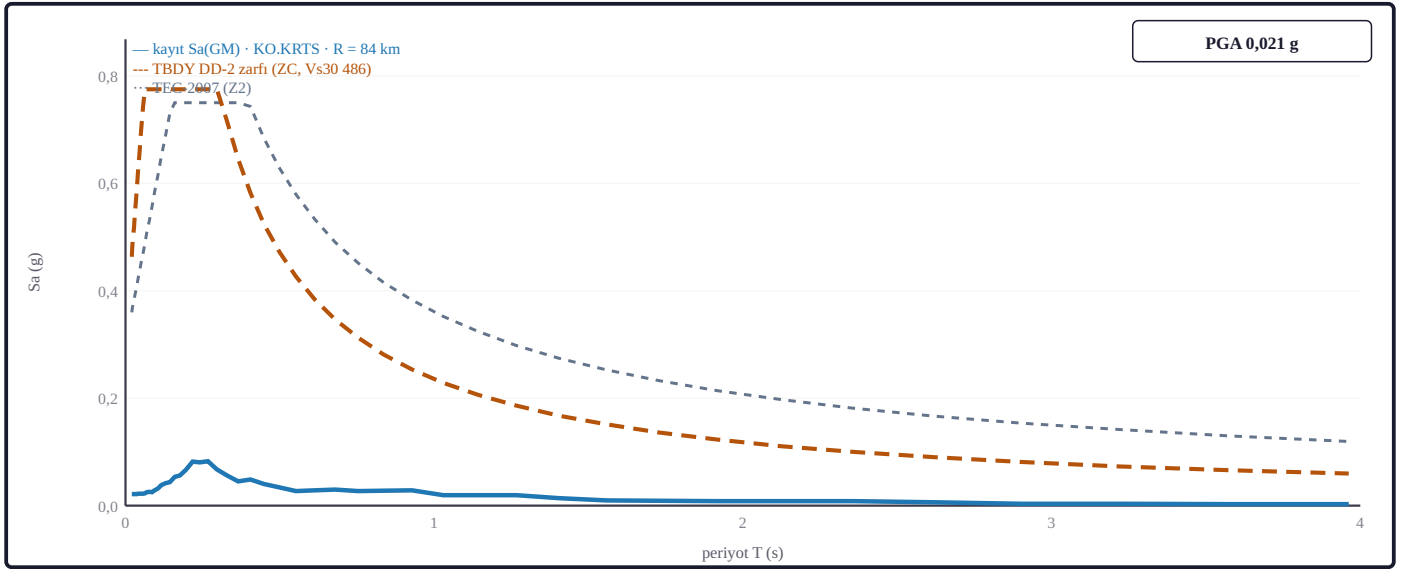
YER HAREKETİ VE ETKİ



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



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



Şekil 7c. Yatay eksen periyot T (s), dikey eksen %5 sönümlü spektral ivme Sa (g), mavi eğri kayıt, turuncu kesikli eğri tasarım zarfıdır. Şekil kaydedilen yer hareketinin tepki spektrumunu tasarım zarfıyla karşılaştırır, mavi eğri en yakın ivme-ölçer istasyonunun iki yatay bileşeninin geometrik ortalaması Sa(T), turuncu kesikli eğri aynı sahanın zemin sınıfı ve harita spektral ivme katsayılarıyla kurulan TBDY DD-2 tasarım spektrumu, gri noktalı eğri varsa TEC-2007 karşılığıdır; mavi eğrinin turuncu zarfı aştığı periyot bandı, o periyoda denk yapı stoğu için tasarım düzeyinin aşıldığı banttır (TBDY 2018 tasarım spektrumu; kayıt: FDSN ham ivme).

Şekil 7a-7c: Model şiddet alanı, şiddet-azalış bağıntısının uzaklıkla düşen halkalarını harita üzerinde verir; dış merkez yakınında hesaplanan tepe şiddet MMI VII (model değeri 6,8) düzeyindedir (Şekil 7a ve 7c). Model hesabına yerel zemin etkisi katılmamıştır; gözlenen şiddet dağılımı bu haritadan değil makrosismik verilerden okunur. Şekildeki bulut, bölgede DYFI kaydı bulunan 30 olayın bildirilen en büyük topluluk şiddetini (CDI) büyüklüğe karşı vermektedir; yıldız çalışma olayının kaydıdır (Şekil 7b). Çalışma olayının topluluk şiddeti bölge bulutundaki en yüksek değerdir. CDI gönüllü çevrimiçi bildirimlerden derlenir ve yerleşim yoğunluğuna bağlıdır; aletsel şiddetin yerine geçmez.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Arka plan dönemi olarak çalışma penceresinin başlangıcından geriye uzanan ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık pencere (22.02.2013 – 21.02.2018) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (376 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır.

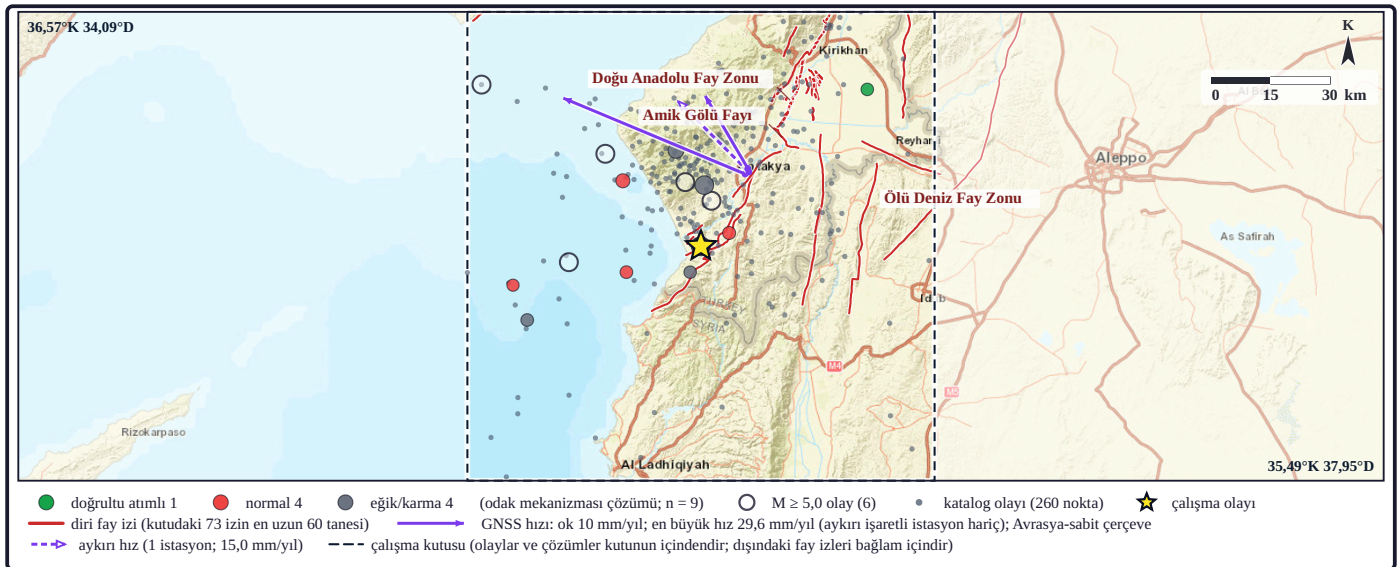
Diri fay verisi MTA TDFH-2026 (Türkiye Diri Fay Haritası) katmanından alınmıştır (Elmacı vd., 2026). Katmanın çalışma kutusuna düşen parçaları sürekli izlere birleştirilmiştir: kutuda 73 iz bulunmaktadır ve bölge haritalarında tümü, tektonik haritada en uzun 60'ı çizilmiştir; fay çizelgesi için aynı adı taşıyan parçalar ayrıca 1 km toleransla uç uca birleştirilmiş, elde edilen 76 izin (4 farklı ad) en uzun 8'i 3 ad altında çizelgede listelenmiştir. Şekillerdeki harita kadralları eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan 36,03°K'dir ve harita ölçeği iki eksenle eşit tutulmuştur; şekillerdeki tek ölçek çubuğu bu koşulla geçerlidir.

Boylam ölçeğinin sapması kutunun kuzey ve güney kenarlarında ters işaretlidir ve en çok 0,7'dir. Altlık karoları Web Mercator karolarından üretilip aynı dikdörtgene indirgenmiştir; altlık ölçülen bir nicelik taşımaz, yalnız coğrafi bağlam verir.

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

20.02.2023 tarihinde 17:04:27 UTC'de Yayladağı (Hatay) çevresinde, 36,0296°K, 36,0201°D koordinatlarında (AFAD çözümü), odak derinliği 21,7 km olan Mw 6,4 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Aynı olay için bir başka kurum çözümü 36,17°K–36,03°D konumunu vermektedir; iki dış merkez arasındaki fark 16 km'dir. Bu değer kurumlar arası dış merkez farkıdır, bir konum hatası kestirimi değildir; konuma dayanan uzaklık ölçüleri bu farktan daha ince yorumlanmamıştır. Pencere kataloğunda, $M \geq 3,0$ büyüklüğünde ve en az iki kurumun çözdüğü 278 olayda farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 12,4 km, yüzde doksanlık değeri 27,6 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 59 km); bu ölçü de kurumlar arası farktır ve eşleştirme toleransına koşulludur. Odak derinliği kurum çözümlerinde 10,0 ile 21,7 km arasında değişmektedir; olayın moment tensörü sentroid derinliği 12,0 km'dir (GCMT, çözülemeyen sentroid derinliğini sığ olaylarda 12 km'de sabit tutar; bu değer çözülmüş bir derinlik olmayabilir); bu değerlerin tümü sığ odak sınıfına düşer ($h < 70$ km). Olayın katalog kaydı GFZ, AFAD ve USGS çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr AFAD çözümüdür.

BÖLGESEL TEKTONİK ÇERÇEVE



Şekil 8. Haritada odak mekanizması çözümleri, diri fay izleri ve GNSS hız vektörleri birlikte gösterilmiştir. Renkli dairelerde renk mekanizma sınıfını, çap büyüklüğü kodlar. Kırmızı çizgiler haritalanmış diri fay izleridir; dış merkeze en yakın adlı faylar harita üzerinde adlandırılmıştır. Mor oklar GNSS istasyonlarının yatay hız vektörleridir (başvuru oku ve en büyük hız lejantıdır). İç boş halkalar $M \geq 5,0$ olayları, küçük gri noktalar katalog sismisitesini, sarı yıldız çalışma olayının dış merkezini gösterir (GCMT mekanizmaları; GNSS: Nevada Geodetic Laboratory [NGL] MIDAS hızları, Blewitt vd., 2016, 2018; Avrasya-sabit çerçeve: GSRM v2.1, Kreemer vd., 2014; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).

Şekil 8: Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını bölgesel fay sistemleri ve 3 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 8). Vektörler istasyonların levha-sabit çerçevedeki uzun dönemli hızlarıdır; pencere içindeki dizinin anlık deformasyonunu göstermez. Bu vektörlerden 1 tanesi (HAT1: seri 1,14 yıl < 2,5) aykırı işaretlidir ve şekilde kesikli gövde ile içi boş uçla çizilmiştir: ölçüt, seri süresinin 2,5 yıldan kısa olması ya da hızın 60 km/çizimdeki komşu istasyonların (en az 3) ortancasından $3\sigma + 5$ mm/yıl'dan fazla sapmasıdır. Aykırı vektörler bu haritada uzun dönemli hız olarak okunmamalıdır. Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A3'te verilmiştir.

**OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ
VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)**

Moment ölçeğindeki 3 kurum kaydı Mw 6,3–6,4 aralığındadır (en büyük fark 0,1 birim); GCMT moment büyüklüğü Mw 6,34 olarak verilmektedir. Konum çözümünün yayımlanmış tek kalite ölçüsü şudur: varış artışı RMS = 0,94 s. Yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ) bu katalogta yayımlanmamıştır.

KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT VE ENERJİ

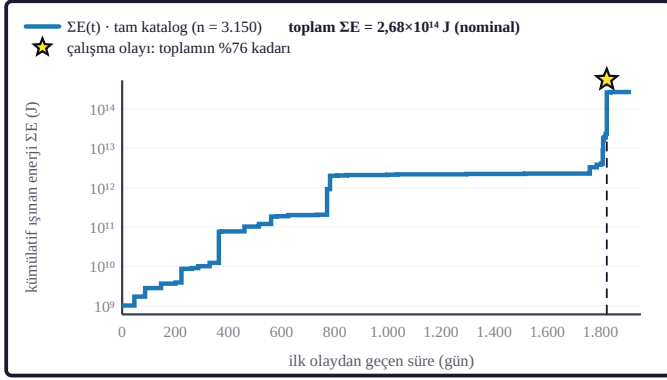
Sismik moment $M_0 = 4,085 \times 10^{18}$ N·m'dir (M_w 6,34; GCMT skaler momenti). Bu büyüklükten $\log_{10} E = 1,5 \cdot M_w + 4,8$ bağıntısıyla türetilen nominal ısınan enerji $E \approx 2,0 \times 10^{14}$ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5 \times 10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ısınan enerji değildir. Ampirik ölçekleme (Wells ve Coppersmith, 1994; doğrultu atımlı kolu) M_w 6,34 için 23,0 km yer altı kırık uzunluğu vermektedir; kol, mekanizmanın baskın kayma bileşenine göre seçilmiştir.

ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

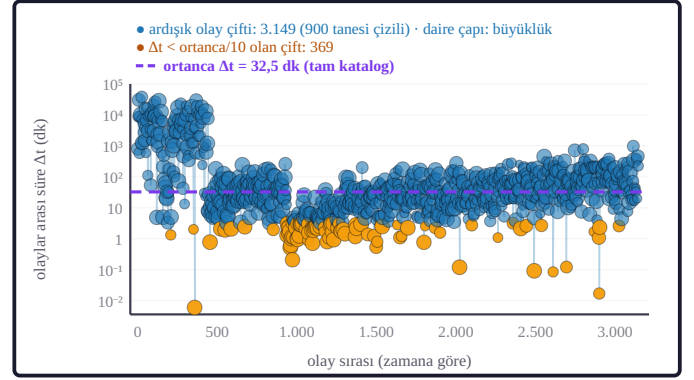
GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrultu/çğim/kayma açılarıyla $226^{\circ}/42^{\circ}/-16^{\circ}$ (NP1) ve $328^{\circ}/79^{\circ}/-131^{\circ}$ (NP2) olarak verilmektedir; kayma NP1 üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde sağ yönlü doğrultu atım bileşenli normal atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü M_w 6,34'tür. Moment tensörünün asal eksenlerinin (P, T, B) dalımları (41° , 23° , 40°) Frohlich ve Apperson (1992) eşiklerinin ($B > 60^{\circ}$, $P > 60^{\circ}$, $T > 50^{\circ}$) hiçbirini aşmadığından mekanizma tek bir faylanma sınıfına atanmamıştır. Kayma açılarına göre kaymanın doğrultu boyunca bileşeni NP1 düzleminde %96, NP2 düzleminde %66 düzeyindedir.

GCMT deviatorik moment tensöründen lüne ayrışımı %DC = 87,1, %CLVD = -12,9 vermektedir ($\gamma = 3,3^\circ$; %ISO = 0 ve $\delta = 0$ değerleri ölçüm değil, GCMT çözümünün deviatorik kısıtı gereğidir). Baskın makaslama bileşeni ve sınırlı deviatorik sapma tektonik depremler için olağan aralıktadır. Ayrışım olayın kendi GCMT çözümü (± 180 s eşleşmesi) tensöründen hesaplanmıştır. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan yinelemeli gerilme inversiyonu (olay merkezinden $\pm 1,2^\circ$; kataloğun bütün dönemi, çözüm yılları 1989–2024; $n = 24$; ortalama uyumsuzluk $20,4^\circ$) en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 5° ($62,5$ – $97,5$ yeniden örneklem aralığı: 178° – 10° , 180° üzerinden; genişlik 13°) olarak vermektedir; gerilme şekil oranı $R = 0,09$ ($0,04$ – $0,37$). SHmax değeri bir yön sonucudur: $R = 0,09$ değerinde ara asal gerilme σ_2 , σ_1 'den ayrışmadığından Anderson rejimi bu inversiyonla kısıtlanamamıştır. Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Bölgesel mekanizma kümesinin (çalışma kutusu her yönde 60 km genişletilerek; aynı dönem; $n = 22$) çözümleri Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle (B dalımı $> 60^\circ$ doğrultu atımlı, $P > 60^\circ$ normal, $T > 50^\circ$ ters; geri kalanı eğik/karma) sınıflanmış ve Frohlich (1992) üçgeninde gösterilmiştir: 4 doğrultu atımlı, 9 normal, 0 ters ve 9 eğik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf normal faylanmadır: 22 çözümün 9'u (%41) bu sınıftadır. Oranın %95 Wilson (1927) aralığı %22–63'tür; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrılan 18 bağımsız kümeye göre hesaplanmıştır. Aralık bu çalışmanın işletimsel sınıf eşiğini (%45) içerdiğinden küme için sözel bir kinematik niteleme yapılmamıştır. Eşik kullanmayan en dik eksen sınıflamasında sayım 8 doğrultu atımlı, 14 normal ve 0 ters çözümdür; bu sınıflama eğik/karma çözümleri de en dik eksenlerine göre üç sınıftan birine atar. Bu tip sayımı ile gerilme tensöründen türetilen Anderson rejimi ayrı ölçütlerdir: sayım tek tek mekanizmaların eksen dalımlarını sınıflar, rejim ise popülasyona ortak tek bir gerilme alanı uydurulmasından çıkar; biri diğerinin doğrulaması değildir. Çalışma olayı çevresinde ayrıca bir mekanizma arama penceresi taranmıştır: çalışma olayından 180 gün öncesi ile 30 gün sonrası arasında, 60 km yarıçapta ve $M_w \geq 4,0$ eşiğinde 6 çözüm bulunmuştur; 4 çözüm çalışma olayından önceki döneme, 1 çözüm çalışma olayının kendisine, 1 çözüm olaydan sonraki döneme aittir. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: çözümlerin 6'sı dizinin 60 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi içindedir. Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla dağılım 3 normal, 2 eğik/karma, 1 doğrultu atımlı çözüm biçimindedir. Mekanizmaların haritaları ana faya dik uzaklığı 0,7–11,8 km aralığında olup ortancası 7,8 km'dir; bu dağılım, dizinin tek bir fay düzlemine mi yoksa daha geniş bir hasar zonuna mı dağıldığını gösterir.

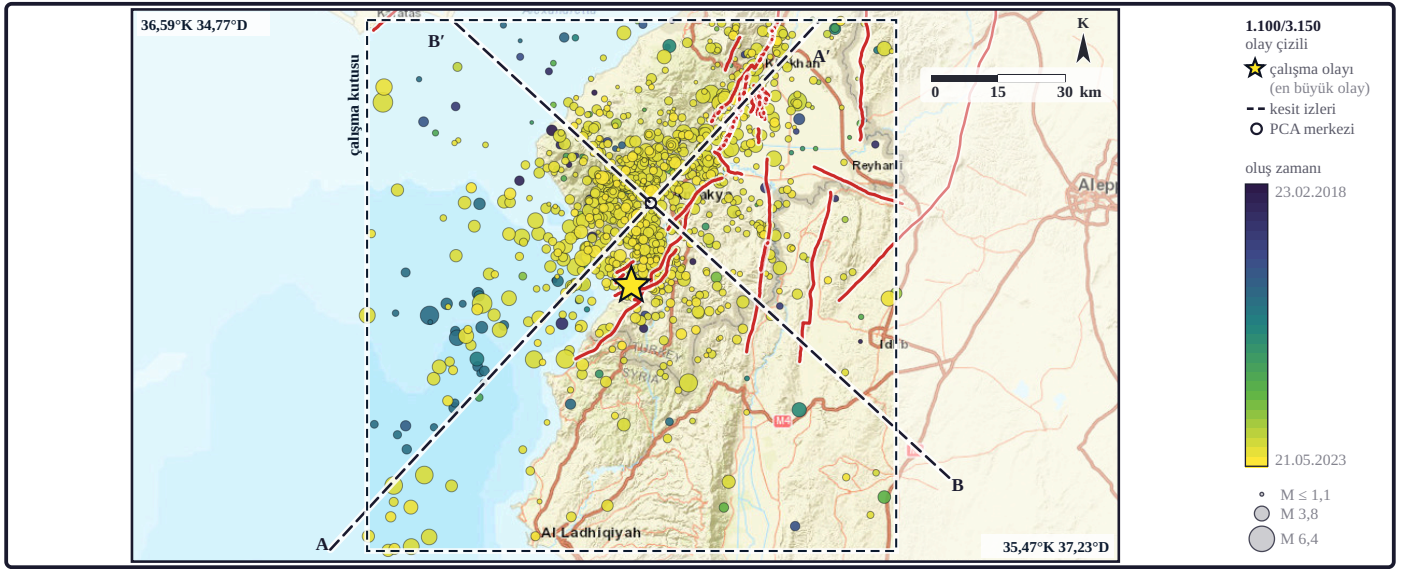
ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 9a. Mavi basamak eğrisi kümülatif ısınan sismik enerjidir (ΣE, logaritmik eksen). Kesikli düşey çizgi çalışma olayını işaretler; en büyük tek katkı bu olaydır (Gutenberg ve Richter, 1956 enerji bağıntısı).



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



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

Şekil 9a–9c: Kümülatif ısınan enerji basamakları, toplam boşalımın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 9a). Pencerede ısınan toplam enerji 2,68 × 10¹⁴ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden). Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 9b). Ortanca bekleme süresi 32,5 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değer onda birinden kısa 369 aralık ölçülmüştür (3.149 aralıkta); bu sayı Poisson (üstel bekleme) beklentisinin (210,9) üstündedir (binom $P(X \geq 369) < 0,001$) ve tetiklenmiş etkinlikle uyumludur. Dış merkezler oluş zamanına göre renklendirilerek etkinliğin kadraj içinde nasıl dolduğu gösterilmektedir (3.150 olay; ilk–son olay arası 1.913 gün; Şekil 9c). Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzyon ayrımına gidilmemiştir. Pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 6'da, raporlanmayan çözümler ve eleme gerekçeleri Tablo A4'te, çekince düşülen çözümler ve çekince gerekçeleri Tablo A5'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A6'da verilmiştir.

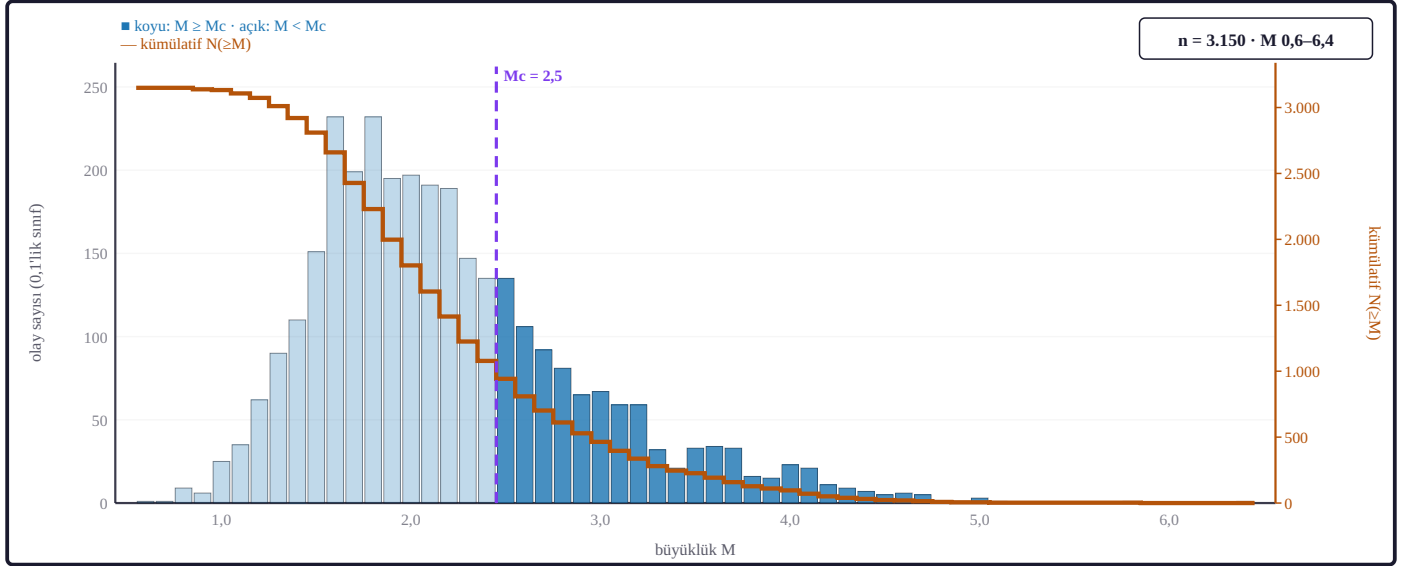
ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ (DEVAM)

Gerilme inversiyonuna giren olay merkezli mekanizma popülasyonunda (n = 24) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle mekanizma karışımı 5 doğrultu atımlı, 9 normal, 0 ters ve 10 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukarıdaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı 105,0 × 68,6 km boyutundadır (uzun × kısa eksen); olayların %95'i 3,1–24,9 km derinlik bandındadır (%2,5–97,5 yüzdelik); kayıtların önemli bölümü sabit derinlikli olduğundan bandın tabanı sismojenik kalınlık olarak yorumlanmamıştır (sabit derinlik payı Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir). Artçı kümesinin yatay boyutu 70,9 × 53,3 km olarak ölçülmüştür. Artçı bulutuna ana bileşen çözümlemesiyle (PCA) (Shearer vd., 2003) oturtulan düzlem 50°/5° (doğrultu/eğim) geometrisindedir; Westin düzlemsellik ölçüsü $cp = 0,59$ ($cl = 0,21$, $cs = 0,20$), düzleme karekök ortalama uzaklık 5,93 km, ortalama mutlak uzaklık 3,88 km (n = 1.374; sabit derinlikli 714 kayıt dışlanmıştır). Düzlem, NP1 düğüm düzlemine daha yakındır (doğrultu farkı 4°). Aynı düzlem, bulut ağırlık merkezine 5,2 km uzaklıktaki haritalı diri fay izinin bu noktadaki 36,3° yerel doğrultusuyla 13,2° fark göstermektedir; kıvrımlı izde yerel doğrultu ölçüm noktasına göre değişir ve düğüm düzlemi kıyasında kullanılan doğrultu izin dış merkeze en yakın noktasından okunduğundan bu değerden ayrışabilir. Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri $I(NP1) = 0,825$ ve $I(NP2) = 0,936$ olup aradaki fark 0,111 olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada iki düzlemin ayırt edilmiş sayılması için benimsenen işletimsel ölçüt $\Delta I > 0,15$ olup, bu eşik literatürden alınmamış, çalışmanın kendi kararı olarak belirlenmiştir. Ölçülen fark bu eşğin altındadır; iki düğüm düzlemi bu gerilme alanında benzer ölçüde elverişlidir ve ayırım yapılmamıştır. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (2 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda (n = 22) $I(NP1) = 0,800$ ve $I(NP2) = 0,940$ bulunmuştur; düzlem sıralaması değişmemiştir; fark iki çözümde de eşğin altında kaldığından bu ölçüt iki düzlemi ayırt etmemektedir.

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI



Şekil 10. Tamlık büyüklüğü $M_c = 2,5$ olarak benimsenmiştir (b-kararlılığı ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %92,9 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı çalışma olayıdır (Mw 6,4). Mavi çubuklar 0,1 genişliğindeki büyüklük sınıflarına düşen olay sayısıdır (sol eksen); turuncu eğri kümülatif $N(\geq M)$ sayımıdır (sağ eksen). Mor kesikli çizgi tamlık büyüklüğüdür; olay sonrası dönemin b değeri bu çizgiyle değil, o dönemin kendi tamlık eşiğiyle ($M_c = 2,3$) kestirilmiştir. Çizginin altındaki sınıflar açık dolguludur (tam katalog, $n = 3.150$).

Şekil 10: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sınar (Şekil 10). 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 yeri katmak b değerini sistematik olarak düşürürdü. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması Tablo 7'de verilmiştir.

ARTÇI DİZİSİ İSTATİSTİĞİ

Ana şoku izleyen 90 günlük dönemde, 60 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 2.091 artçı kaydedilmiştir; bunların en büyüğü M 5,8 büyüklüğündedir. Çalışma olayı bu dizinin toplam sismik momentinin %84 kadarını taşımaktadır; dizi, bu çalışmanın işletimsel ölçütüyle ($\Delta M > 0,3$ ve moment payı $\geq 50\%$) ana şok-artçı dizisi olarak sınıflanmıştır. Artçıların ($M \geq 2,0$) günlük oranı, ilk ölçüm aralığında (3,2–7,2 saat) günde 260 olaydan (%95 güven aralığı 180–350) son ölçüm aralığında (40–90 gün) günde 4,8 olaya (%95 güven aralığı 4,1–5,5) inmiştir; ilk aralıktaki oran son aralıktakinin 54 katıdır (%95 güven aralığı 38–75) ve azalma kesin Poisson güven sınırlarıyla (Garwood, 1936) istatistiksel olarak ayırt edilebilir düzeydedir; ilk 2 saatin kaydı eksik olduğundan ilk ölçüm aralığı kaydın tımlaştığı andan sonraki ilk aralıktır. Omori–Utsu sönüm yasası $n(t) = K/(t + c)^p$ bu diziye en büyük olabilirlik yöntemiyle (Ogata, 1983) uydurulmuştur ($n = 1.091$ 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; tamlık eşiği ana şoku izleyen ilk pencerede 3,7'dir ve 2,3 değerine ana şoktan 2,1 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. Ana şok ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı $\Delta M = 0,6$ olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri M 6,4 ve M 5,8); değer Båth yasasının (Båth, 1965) yaklaşık 1,2 birimlik farkıyla kıyaslandığında küçüktür. Aynı dizi için büyüklük-frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi $M^* \approx 5,9$ 'dur (kestirimde kullanılan $b = 0,78$; 60 km yarıçaplı dizi penceresinde $M \geq 2,0$ olan 1.091 artçı üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Buradaki b, dizi penceresindeki artçılardan kestirilmiştir ve bölgesel sismisite bölümünde verilen olay sonrası b ile aynı çekinceyi taşır: ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle b aşağı yanlı olabilir; b küçüldükçe M^* büyüdüğünden kestirim yukarı yanlı olabilir: ilk 2,1 saat dışlanarak kurulan ikinci kestirimde ($b = 0,93$, olay sonrası dönemin ikinci b kestiriminden; $M \geq 2,4$ olan 513 artçı) $M^* \approx 5,3$ 'tür ve aynı alt listede gözlenen en büyük artçı M 5,0'dır.

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. Artçı zonunun mekânsal evrimi $R(t) = R_0 + a \cdot \log_{10}(t/t_0)$ biçiminde modellenmiştir (Tajima ve Kanamori, 1985); $R_0 = 36$ km, $a = 4,3$ km/onluk (zamanın her on katına karşılık yarıçap artışı; boyutsuz oran 0,122, $n = 2.088$) bulunmuştur. Ölçülebilir log-zaman genişlemesi vardır (zaman-uzaklık permütasyonu $p = 0,02$; eğimin %95 yeniden örnekleme aralığı 2,1–6,5 km/onluk); literatürde afterslip cephesi ya da gözenek-basıncı difüzyonuyla ilişkilendirilir. Seçim yarıçapı sabit (60 km) olduğundan ve dizi oranı zamanla azalırken aynı alandaki arka plan etkinliği sabit kaldığından uzak olayların payı zamanla büyür; zarfın genişlemesinin bir bölümü bu seçim etkisinden kaynaklanabilir ve genişleme fiziksel bir cephe olarak yorumlanmamıştır. $R(t)$ modeli artçı bulutunun istatistiksel sınır evrimini betimler; kırığın fiziksel ilerlemesinin doğrudan ölçümü değildir.

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 21,7 km derinlikte ve 76×76 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi ampirik ölçeklemeyle (Wells ve Coppersmith, 1994) kurulan, hiposantr merkezli dikdörtgenden alınmıştır (doğrultu/eğim/kayma $226^\circ/42^\circ/-16^\circ$; $L = 23,0$ km, $W = 9,0$ km). Bu geometri ölçülmüş bir kırık değil, bir çalışma varsayımdır. Gözlemsel sinama olarak ACFS her artçının kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 2.085 artçının 757 tanesi (%36) +0,1 bar üzerindeki yükleme alanında, 509 tanesi (%24) –0,1 bar altındaki gölge alanında, 819 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 3 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 yükleme alanına düşen pay %22 olarak ölçülmüştür (182/836); artçı payı ile boş model payı arasındaki fark 14,5 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı 11,0 ile 17,9 arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfırı içermediğinden artçıların yükleme alanındaki payı boş modelin üzerindedir. Artçı konum belirsizliği bu sayımlara yayılmıştır; işletimsel bir konum senaryosunda (yatay 2 km, derinlik 3 km standart sapma) artçıların %63 kadarının sınıfı değişmektedir.

Senaryonun yatay sapması pencerede ölçülen kurumlar arası dış merkez farkının ortancasından (12,4 km) küçük olduğundan bu pay alt sınır olarak okunmalıdır; daha geniş bir senaryoda (yatay 5 km, derinlik 5 km standart sapma; sabit derinlikli kayıtlarda derinlik 2–25 km arasında düzgün dağılımlı) bu pay %88 düzeyine çıkmaktadır. Sınıflar katalog hiposantrlarına göredir ve alan tetiklenme kanıtı olarak değil, gerilme aktarımının yön ve mertebe betimlemesi olarak okunmalıdır. Sonlu kaynak dikdörtgeni $226^\circ/42^\circ/-16^\circ$ geometrisinde kurulmuştur — NP1: yakındaki diri fay izinin (dış merkeze en yakın noktasındaki yerel) doğrultusu iki düğüm düzleminden 35° ve 67° ayrıldığından düzlemleri ayırt etmemekte, NP1 varsayılan olarak alınmaktadır. Alıcı düzlem kaynakla eş yönelimlidir; bu, gerilme değişimini kaynak fayın kendi geometrisi üzerinde okumak demektir ve başka yönelimli bir alıcı düzlem için lob–gölge deseni farklı çıkar. İki düğüm düzlemi fay kararsızlık ölçütüyle ayırt edilememektedir ($\Delta I = 0,111$, eşik 0,15); alan NP1 üzerine kurulmuştur. Alanın büyük bölümü küçük genliklidir: ızgaranın yalnız %12 kadarında $|\Delta CFS|$, bu çalışmada yansız bant eşığı olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır. Düğüm değerlerinin ortancası 0,0057 bar, %5–95 aralığı –0,19 ile 0,11 bar arası, %1–99 aralığı –6,6 ile 0,58 bar arası olarak hesaplanmıştır. Dislokasyon çözümünde gerilme kaynak dikdörtgeninin kenarlarında iraksadığından alanın uç değerleri ızgara aralığına bağlıdır ve raporlanmıştır. Alan iki bileşenine ayrılarak da incelenmiştir: makaslama gerilmesi değişimi $\Delta \tau$ ve fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta \sigma_n$ ($\Delta CFS = \Delta \tau + \mu' \cdot \Delta \sigma_n$). İki panel aynı kadraj ve aynı kaynak geometrisiyle çizildiğinden, birleşik alandaki desenin hangi bileşenden doğduğu doğrudan okunabilir. Gözlemsel karşılık olarak β oran-değişim istatistiği (Matthews ve Reasenber, 1988) hesaplanmış; 36×36 düğümlü haritada 1.178 düğümden oran artışı ($\beta > 2$), 0 düğümden sismik gölge ($\beta < -2$) ölçülmüştür (ana şok öncesi 5 yıl, sonrası 90 gün fiili gözlem; yalnız kuramsal beklenen sayımı $E \geq 1$ olan 1.178 düğüm değerlendirilmiştir; $n = 3.150$). Bu sayımlar tekil düğüm eşığına göredir: 1.178 düğüm birlikte sınıandığında, gerçek bir değişim olmasa dahi her yönde yaklaşık 27 düğümün eşığı yalnız şans eseri aşması beklenir; düğümler örtüşen toplama yarıçapları nedeniyle bağımsız da değildir. Tekil düğüm sayısı bu nedenle tek başına anlamlılık kanıtı sayılmamıştır. Model loblarıyla örtüşme kanıt niteliğindedir, öngörü değildir.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM

Olay merkezli bölgesel katalogun b değeri raporlanmamıştır: uydurulan üstel yasa dağılımın üst kuyruğunu betimlememektedir ($M \geq 5,0$ için yasadan beklenen olay sayısı 19,1 iken katalogda 6 olay bulunmaktadır; binom olasılığı $< 0,001$, bu çalışmanın işletimsel eşığı 0,01). Gerekçe ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde verilmiştir. Tarihsel eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta $M \geq 6,0$ (3 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca $5,0 \leq M < 6,0$ (7 kayıt); toplam 10 kayıt. Derlemedeki en büyük olay 1918 yılında, dış merkeze 88 km uzaklıkta gerçekleşen M 6,5 depremidir. Derlemenin öteki büyük kayıtlar şunlardır: 1998 M 6,3 (120 km); 1945 M 6,1 (136 km); 1951 M 5,8 (56 km); 1936 M 5,7 (59 km). Derlemenin dış merkeze 20 km'den yakın 2 kaydı şunlardır: 22.01.1997 M 5,1 (13 km); 22.01.1997 M 5,7 (19 km). Gardner–Knopoff uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış bağımsız $M \geq 6,4$ olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce 1 kez gözlenmiştir (123 yıllık gözlem süresi). Bağımsız olayların ortalama yinelenme aralığının %95 güven aralığı 22–4.900 yıldır (kesin Poisson sınırları: Garwood, 1936). Katalogun bu büyüklükteki tamlık başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi katalogun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca $M \geq 6,4$ için tam varsayılmıştır; varsayım sınınamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlı olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Ana şoku izleyen 90 günlük dönemde 60 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlık eşığında ($M \geq 2,5$) 474 olay kaydedilmiştir; bu sayı 5,3 olay/gün oranına karşılık gelir. Çalışma penceresinden önceki ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık arka plan dönemi (22.02.2013 – 21.02.2018) aynı dairede ve aynı eşikte 74 olay içermektedir; bu dönemin oranı 0,041 olay/gün (14,8 olay/yıl) düzeyindedir. Oran katı 130'dur (%95 güven aralığı 100–170); 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 tamlık eşığı 3,7) olay sonrası sayım ve dolayısıyla oran katı alt sınırdır; güven aralığı bu eksikliği taşımaz. Arka plan döneminin b değeri, çalışma kutusunun tamamında ve pencereyle aynı tamlık eşığında ($M_c = 2,5$) kestirilmiştir: $b = 0,81 \pm 0,09$ ($N = 81$; belirsizlik kestiricisi: Aki, 1965). Pencere değeriyle fark $|\Delta b| = 0,13$, birleşik belirsizlik 0,11 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını aşmadığından iki dönem b bakımından ayırt edilememektedir. İki dönem zamanda örtüşmemektedir.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk %10 ve son %10 olay (her dilimde 315 olay) arasında 16,1 km yer değiştirmiştir (azimut 72° ; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.232,0 gün; ortalama 13 m/gün). Bu ölçü iki ortalamanın farkıdır; bir göç modeli uydurması değildir. Son dilimin ortalama zamanı çalışma olayından sonradır; dilim büyük ölçüde olayı izleyen diziden oluştuğundan bu fark, dizinin önceki sismisiteye göre konumunu gösterir ve pencere boyunca süren bir göç olarak yorumlanmamıştır. Duyarlılık olarak dış merkez koordinatlarının zamana göre doğrusal eğilimi 75° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 3° 'dir (ağırlık merkezi farkı pencerenin iki ucunu, regresyon bütün pencereyi tartar). Eğilimin anlamlılığı, kümelenmeye karşı etkin örneklem büyüklüğüyle (n_{etkin} ; Gardner–Knopoff bağımsız küme sayısı ile birinci dereceden öz bağlanım ve öz ilişki düzeltmelerinin en küçüğü) ve Fisher z dönüşümüyle sınıanmıştır: kuzey–güney bileşeninde $r = 0,04$, $n_{\text{etkin}} = 314$ ile $|z| = 0,7$; doğu–batı bileşeninde $r = 0,15$, $n_{\text{etkin}} = 314$ ile $|z| = 2,7$. En büyük $|z|$ değeri 1,96 eşığını aştığından eğilim istatistiksel olarak sıfırdan ayrılmaktadır; bu ayrışma da pencerenin sonundaki dizinin katkısı içerir. Dönem yapısını belirlemek için katalog, parçalı sabit oranlı bir Poisson süreci olarak modellenmiş ve değişim noktası başına BIC (Bayesçi bilgi ölçütü) cezasıyla bölütlenmiştir; bölütleme, 3.150 olayın kümülatif eğrisinin eşit aralıklı 800 noktalık örneği üzerinde yapılmıştır. Bölütleme 6 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 1.808 gün, 0,24 olay/gün; 15 gün, 32,9 olay/gün; 1,4 gün, 245,0 olay/gün; 19 gün, 45,3 olay/gün; 14 gün, 24,1 olay/gün; 56 gün, 11,8 olay/gün. Pencerenin toplam sismik momenti $5,35 \times 10^{18}$ N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; çalışma olayı bu toplama Mw 6,34 moment tensörü büyüklüğüyle girmiştir; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki payı %76'dır. Moment bütçesinin üst kanalında (en büyük katalog büyüklüğünün 1,0 birim altına kadar: $M \geq 5,4$) 2 olay toplam nominal momentin %88 kadarını, kalan 3.148 olay %12 kadarını taşımaktadır.

YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI

Şiddet-azalım bağıntısıyla (Allen vd., 2012) modellenen alan, dış merkez yakınında MMI VII düzeyinde tepe şiddet vermektedir (hesap odak derinliği 21,7 km); MMI IV eşığı dış merkezden yaklaşık 185 km uzaklığa kadar aşılmaktadır. Modelde yerel zemin etkisi ayrıca hesaba katılmamıştır. Topluluk şiddeti verisi (USGS “Did You Feel It?”, DYFI) 546 bildirim ile topluluk ondalık şiddeti (CDI) 9,1 değerini vermektedir (USGS PAGER uyan düzeyi: kırmızı). USGS ShakeMap model şiddeti MMI 8,9 olup iki değer arasındaki fark 0,2 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 6,8) topluluk gözleminin 2,3 birim altında kalmaktadır; fark, modelin yerel zemin koşullarını ve kırık boyutunu hesaba katmamasının ve bildirim dağılımının etkilerini birlikte taşır. Topluluk şiddeti ve model şiddeti değerleri ürünlerin 23.08.2026 16:50:00 UTC'deki durumuna aittir; bildirim sayısı ve şiddet değerleri sonraki güncellemelerle değişir. KO.KRTS istasyonunun ($R = 83,6$ km, Adana) ham ivme kaydından, sayaç değerleri kanal duyarlılığıyla fiziksel birime dönüştürülerek %5 sönümlü elastik tepki spektrumu SDOF sayısal integrasyonu ile hesaplanmıştır. Yatay bileşenlerin geometrik ortalaması $T = 0,27$ s periyodunda $S_a = 0,083$ g tepe değerine ulaşmakta, zemin ivmesi $PGA = 0,021$ g ölçülmektedir (kayıt kaynağı: KOERI).

İstasyon zemin koşulu Vs30 = 486 m/s olup TBDY-2018'e göre ZC sınıfındadır (TADAS istasyonu 0119, 1,5 km uzaklıkta; harita parametreleri Ss = 0,619, S₁ = 0,157, 475 yıllık PGA = 0,272g). TBDY-2018 DD-2 elastik tasarım spektrumu (ZC, SDS = 0,775g, SD1 = 0,235g, TA = 0,061 s, TB = 0,304 s) ile kıyaslandığında KO.KRTS kaydında gözlenen/tasarım oranı en çok 0,11 olarak ölçülmüştür; zarf bu kayıta hiçbir periyot bandında aşılmamıştır. Spektral karşılaştırma geçmiş yer hareketinin mühendislik değerlendirmesidir; yapısal karar için sahaya özel zemin etüdü esastır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

20.02.2023 tarihli Yayladağı (Hatay) depremi (Mw 6,4; odak derinliği 21,7 km), Doğu Anadolu Fay Zonu ve 2023 Kahramanmaraş dizisi bölgesinde meydana gelmiştir; dış merkeze en yakın haritalı fay parçaları Doğu Anadolu Fay Zonu'na (1,2 km) ve Ölü Deniz Fay Zonu'na (29 km) bağlıdır. GCMT moment tensörü çözümü (M₀ = 4,085×10¹⁸ N·m; Mw 6,34) NP1 düğüm düzlemi üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde sağ yönlü doğrultu atım bileşenli normal atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir; çift kuvvet payı %87 düzeyindedir. Olayın dizisi ana şok-artçı dizisi olarak sınıflanmıştır: çalışma olayı dizinin toplam sismik momentinin %84 kadarını taşımaktadır ve en büyük artçıyla büyüklük farkı ΔM = 0,6 değerindedir (işletimsel ölçüt: ΔM > 0,3 ve moment payı ≥ %50). Olayı izleyen dönemin olay oranı, ortak tamlık eşiğinde (M ≥ 2,5), arka plan oranının 130 katıdır (%95 güven aralığı 100–170). 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: 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 çözümlmesi ve bağımsız konum sınaması, üretim anında en yakın istasyonların üç bileşenli kayıtları veri merkezinden alınmadığından kurulamamıştır. Birleşik katalogda hiçbir kurum raporunda büyüklüğü bulunmayan 2 kayıt (hiçbiri ana şoktan sonra değil) büyüklüğe dayanan çözümlerlere 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) 9 çözümler raporlanmamış ve gerekçeleriyle birlikte ekteki raporlanmayan çözümlerler çizelgesinde listelenmiştir; örnekleme, belirsizliği ya da girdi verisi eşiğe yakın kalanlar elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır. Çekinceyle raporlanan çözümlerler şunlardır: Omori–Utsu artçı sönümü, Reasenber–Jones artçı dizisi oranı, yinelenme aralığı (nadirlik), en yakın komşu kümelenme, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu, mekanizma sınıflarının dağılımı (Frohlich üçgeni), kayma yönlerinin ana fay doğrultusuna uyumu ve artçı dönemi b değeri. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlerlerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 21.02.2018 – 21.05.2023 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 3.150 kayıt üzerinden üretilmiştir. Kurum hiposantrları yeniden konumlandırılmamıştır; konum ve derinlik belirsizlikleri kurum çözümlerinin kalitesiyle sınırlıdır. Katalog tamlığı zamanla ve büyüklükle değişmektedir; uzun dönemli sayımlara dayanan ölçüler (tarihsel derleme, yinelenme aralığı, arka plan oranı) erken dönem kayıtlarının eksikliğinden etkilenir.

VERİ ERIŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem kataloğu, 21.02.2018 – 21.05.2023 dönemi için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (AFAD, ISC, GSI, EMSC, USGS, GFZ); sorgu kutusu ve tekilleştirme ölçütleri Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Fay katmanı ve yardımcı veri setlerinin künyeleri Kaynakça ile şekil altyazılarındadır. Katalog kayıtlarını üreten ağ ve bültenler: AFAD (Disaster and Emergency Management Authority, 1990), ISC (International Seismological Centre, t.y.), EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre, t.y.), USGS (U.S. Geological Survey, 2017) ve GFZ (GEOFON Data Centre, 1993); GSI kayıtları için doğrulanmış bir ağ/katalog künyesi bulunmadığından yalnız kurum adı verilmiştir. Tarihsel derlemenin büyüklükleri, kayıt ISC-GEM katalogunda varsa onun moment büyüklüğüdür (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018); yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir. Moment tensörleri Global CMT katalogundandır (Dziewonski vd., 1981; Ekström vd., 2012). Tepki spektrumunun ivme kaydı KO ağıının (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, 1971) KO.KRTS istasyonundandır. İstasyon zemin parametreleri (Vs30, zemin sınıfı) ivme istasyonuna en yakın AFAD TADAS istasyonundan (0119, 1,5 km uzakta) alınmıştır (AFAD, t.y.); bu istasyon Türkiye ulusal kuvvetli yer hareketi ağına aittir (Disaster and Emergency Management Authority, 1973). Birleşik çok-kaynaklı katalog, bu çalışmada kurum çözümlerinin çapraz-kaynak tekilleştirilmesiyle derlenmiş türetilmiş bir üründür; kaynakçada ayrı bir eser olarak listelenmez. Harita altlığı karoları için sağlayıcının istediği atf: “Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community” (erişim: 16.10.2026). Konum haritasının (Şekil 1'in iç haritası) altlığı için sağlayıcının istediği atf: “Source: US National Park Service” (erişim: 16.10.2026). GNSS hız vektörleri Nevada Geodetic Laboratory'nin (NGL) MIDAS hız üründendir (Blewitt vd., 2016, 2018) (erişim: 16.10.2026). Topluluk şiddeti verisi USGS “Did You Feel It?” üründen ve model şiddeti USGS ShakeMap üründen, uyarı düzeyi USGS PAGER üründen alınmıştır (erişim: 16.10.2026). Levha sınırları sayısal levha sınırı modelindendir (Bird, 2003).

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

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

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ

Tablo 2. Kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr.

Kurum	Oluş zamanı (UTC)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	M	Tür	Çözüm durumu	Arşive alınma (UTC)
AFAD*	20.02.2023 17:04:27	36,0296°K	36,0201°D	21,7	6,4	Mw	—	23.08.2026 16:08
USGS	20.02.2023 17:04:29	36,1616°K	36,0251°D	16,0	6,3	Mww	gözden geçirilmiş	23.08.2026 16:50
GFZ	20.02.2023 17:04:30	36,106°K	35,926°D	10,0	6,3	Mw	—	22.08.2026 17:59

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği 551067). Benimseme sırası: derinliği verilmiş çözüm ve Türkiye için ulusal ağları öne alan kurum sırası gözeticilir. Birleşik kataloğun temsilci kaydı benimsenen hiposantrla aynıdır. Değerler kurumun bildirdiği ondalıklardır (“—”: alan kayıttı yok). “Arşive alınma”, raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 16.10.2026 08:41 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

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

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	105,0 × 68,6 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 3.150)
Artçı bulutu (uzun × kısa)	70,9 × 53,3 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · artçı bulutu (n = 2.088)
Derinlik bandı	3,1–24,9 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
Artçı bulutu ana eksen	—	raporlanmadı; gerekçesi raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde
Kesit eksen (kutu yayılımının uzun eksen)	43°	ana bileşen eksen · çalışma kutusu olayları · kesitlerin izdüşüm eksenidir; pencere biçimine duyarlıdır, yapısal doğrultu değildir
Oturtulan düzlem	50° / 5°	doğrultu/eğim · artçı bulutu · n = 1.374 · sabit derinlikli 714 olay dışlandı
Westin düzlemsellik çp	0,59	cl 0,21 · cs 0,20 (Σs1, yuvarlama)
Düzleme uzaklık (rms)	5,93 km	karekök ortalama · artçı bulutu · n = 1.374 · sabit derinlikli 714 olay dışlandı
Düzleme uzaklık (ort. mutlak)	3,88 km	ortalama mutlak uzaklık · aynı bulut
Haritalı faydan sapma	13°	en yakın haritalı fay

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

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Kaynak mekanizması	226°/42°/–16°	GCMT odak mekanizması · NP1 varsayılan; yakındaki diri fay izi düzlemleri ayırt etmiyor (doğrultu farkları 35° ve 67°)
Kırılma uzunluğu L	23,0 km	Wells ve Coppersmith (1994) — doğrultu atımlı kol
Kırılma genişliği W	9,0 km	üst kenar 18,7 km, alt kenar 24,7 km derinlikte
Ortalama kayma ü	0,66 m	M ₀ = μ · L · W · ü denkliğinden; rijitlik μ = 30 GPa
Sürtünme katsayısı μ’	0,40	etkin sürtünme (gözenek basıncı dâhil)
Hesap derinliği	21,7 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli
Izgara	76 × 76	151 × 151 km
Ortanca ΔCFS	0,0057 bar	ızgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca ΔCFS	0,014 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	–0,19 ile 0,11 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90’ı
%1–%99 aralığı	–6,6 ile 0,58 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
ΔCFS > 0,1 bar olan ızgara düğümleri	%12	hesap ızgarasında ΔCFS yansız bant eşliğini aşan düğümlerin payı (yükleme ve gölge alanları birlikte)
Gösterim ölçeği	±3,0 bar	renk ölçeğinin doyum sınırı
Sınamaya giren artçı	2.088	nokta hesabı · 3 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	757 / 509 / 819	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 2.085 · yük %36, gölge %24
Yük / gölge / yansız — boş model	182 / 187 / 467	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 836 · yük %22, gölge %22
— yalnız serbest derinlikli artçılar	520 / 333 / 517	kurum varsayılanı derinlikler dışlandı · n = 1.370 · yük %38, gölge %24

Not: Alan Okada (1992) elastik yarı uzay çözümüyle kurulmuş, alıcı geometri kaynak fayla eş alınmıştır. ΔCFS = Δτ + μ’ · Δσ_n. Değerler tek dikkörtgen kaynak varsayımına dayanır; çok segmentli kırılmalarda uç bölgelerin deseni basitleşir. Artçı sınaması nokta hesabıdır: ΔCFS her artçının kendi konumunda ve derinliğinde hesaplanmıştır; yansız bant |ΔCFS| < 0,1 bar; kaynak dikkörtgenine 2,0 km’den yakın olaylar (kaynak üstü) sayım dışıdır. Artçı konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır.

Tablo 5. Arama penceresindeki odak mekanizmaları — 6 çözümünden Mw’ye göre en büyük 6 tanesi (arama penceresi: ana şoktan 180 gün önce – 30 gün sonra, 60 km yarıçap, Mw ≥ 4,0).

Tarih (UTC)	Mw	Doğrultu/eğim/kayma (°)	Tip	Ana şoka göre zaman	Dış merkeze uzaklık (km)	Faya dik (km)
20.02.2023	6,34	226/42/–16	eğik/karma	ana şok	15,6	7,8
16.02.2023	5,22	171/24/–106	normal	ana şoktan önce	25,9	—
23.02.2023	4,96	216/37/–73	normal	ana şoktan sonra	7,9	0,7
16.02.2023	4,90	175/35/–120	normal	ana şoktan önce	20,0	11,8
18.12.2022	4,86	207/61/5	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)	ana şoktan önce	58,0	11,7
07.02.2023	4,85	219/57/–25	eğik/karma	ana şoktan önce	7,1	0,9

Not: Tip dağılımı, Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla: normal 3, eğik/karma 2, doğrultu atımlı 1; ana şoka göre zaman dağılımı: ana şoktan önce 4, ana şok 1, ana şoktan sonra 1 (“ana şoktan önce” yalnız zaman konumudur; öncü deprem nitelemesi değildir). Mw sütunu GCMT moment tensörü büyüklüğüdür. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: dizi içi sayılan çözümlerin dış merkezi Gardner ve Knopoff (1974) uzay penceresi içindedir (60 km); 6 çözüm dizi içinde. “eşiğe yakın”: sınıfı belirleyen eksenin dalımı Frohlich ve Apperson (1992) sınıf eşliğinden en çok 5° ayrılır; bu atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır.

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 6. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (22.02.2013 – 21.02.2018), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	3.150	376
Oran (olay/gün)	1,64	0,21
Mc (dönemin kendi eşiği)	2,5	2,1
Derinlik ortancası (km)	7,0	7,1
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	314 (%10)	301 (%80)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	0,16	0,16

Not: Bağımsız olay satırları Gardner ve Knopoff (1974) uzay-zaman pencereleriyle ayrıştırılmış sayımdır; yüzde, ham kayıt içindeki payıdır. Sayım ve oran satırları eşiksizdir ve dönemlerin tamlık eşikleri farklıdır (Mc 2,5 ↔ 2,1); bu satırlardaki fark tamlık farkını da içerir.

Tablo 7. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
AFAD	6,4	Mw
USGS	6,3	Mww
GFZ	6,3	Mw
GCMT (moment)	6,34	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 3 kurum değeri 6,3–6,4 aralığındadır (en büyük fark 0,1). 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	3.150	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	7,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 3.150)
Ortanca derinlik (serbest)	7,4 km	0/5/7/10/33 km atamaları dışlandı · n = 2.084 (1.066 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	4,5–20,0 km	%5–95 yüzdelik
Derinlik bandı	3,1–24,9 km	%2,5–97,5 yüzdelik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 300,0 km arası	en sığ / en derin kayıt
Yuvarlak derin değerler	2 kayıt	50 km ve daha derin, 50 km'nin tam katı: 100 km'de 1, 300 km'de 1 kayıt · kurum değeridir, bağımsız olarak doğrulanmamıştır; varsayılan sabit derinlikler arasında olmadığından sabit derinlik sayımına girmemiştir
Histogram tepesi	6–8 km	1.743 olay · 2 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	7,0 km · %30	930/3.150 olay
Varsayılan sabit derinlikler	136 olay	0/5/10/33 km · n = 3.150

Tablo A2. Çalışma alanındaki adı bulunan diri fay izleri — fay katmanının aynı adlı parçaları uçtan uca dikilerek kurulan 76 izden (4 ad) uzunluğa göre en uzun 8 tanesi, 3 ad altında; haritalardaki iz envanteri ayrı bir birleştirmedir (kutuda 73 iz); kaynak: MTA TDFH-2026 (Elmacı vd., 2026).

Fay / fay sistemi	Dış merkeze uzaklık (km)	İz uzunluğu, parçalar toplamı (km)	Parça	Kayma türü
Ölü Deniz Fay Zonu	28,6	117,8	4	SoD
Doğu Anadolu Fay Zonu	1,2	64,2	3	SoD+N
Reyhanlı Fayı	48,9	19,8	1	SaD

Not: İz uzunluğu haritalanmış parçaların toplamıdır (parçalar arasındaki boşluklar sayılmaz); uzaklık, en yakın parçanın dış merkeze yatay uzaklığıdır. Şu adlar tek bir fayın değil, izlerin bağlı olduğu fay sisteminin adıdır; satır o sisteme bağlı listelenen parçaları verir (aynı adı taşıyan izlerin kutudaki toplam uzunluğu ayrıç içinde): Ölü Deniz Fay Zonu (133,0 km), Doğu Anadolu Fay Zonu (190,0 km). Kayma türü kodları: SaD sağ yönlü doğrultu atımlı; SoD sol yönlü doğrultu atımlı; N normal.

Tablo A3. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 22 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir (arama kutusu ±60 km genişletilmiş).

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	20.02.2023	36,17	36,03	226	42	–16	6,34	eğik/karma
2	27.06.1998	36,88	35,31	321	75	171	6,25	doğrultu atımlı
3	22.01.1997	36,25	35,95	243	39	–15	5,69	eğik/karma
4	04.07.1998	36,87	35,32	72	55	8	5,40	eğik/karma
5	16.02.2023	36,18	35,80	171	24	–106	5,22	normal

devamı izleyen sayfada

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A3 (devam). Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 22 çözümünden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir (arama kutusu ± 60 km genişletilmiş).

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
6	12.08.2024	35,12	37,01	205	76	−9	5,21	doğrultu atımlı
7	24.06.1989	36,70	35,88	203	28	−93	5,07	normal
8	29.07.2015	36,56	34,98	345	30	−116	4,99	normal
9	23.02.2023	36,06	36,10	216	37	−73	4,96	normal
10	29.03.2006	35,25	35,43	219	43	−10	4,96	eğik/karma
11	16.02.2023	35,97	35,81	175	35	−120	4,90	normal
12	15.04.2020	35,86	35,53	219	47	−10	4,90	eğik/karma
13	05.03.2023	36,79	36,18	211	37	−49	4,89	normal (eşiğe yakın)
14	14.11.2010	36,58	36,01	211	37	−84	4,89	normal
15	16.08.2024	35,06	37,03	199	72	−19	4,89	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
16	14.02.2014	36,74	36,08	155	36	−144	4,87	eğik/karma
17	18.12.2022	36,39	36,49	207	61	5	4,86	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
18	07.02.2023	35,97	35,99	219	57	−25	4,85	eğik/karma
19	09.06.2014	36,74	36,05	164	36	−135	4,84	eğik/karma (eşiğe yakın)
20	09.11.2023	36,60	36,42	204	56	−35	4,82	eğik/karma

Not: Tip, P, T ve B eksen dalımlarına göre Frohlich ve Apperson (1992) sınıflıdır: B > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; hiçbirini sağlamazsa eğik/karma; “eşiğe yakın”: sınırı belirleyen eksenin dalımı sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır (atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır). Tüm çözümler GCMT kataloğundandır: Mw moment tensöründen, enlem ve boylam kaydın başvuru hiposantrındandır (moment tensörünün ağırlık merkezi konumu değildir). Aynı olayın tarihsel çizelgedeki büyüklüğü (ISC-GEM Mw ya da katalog M) ve konumu başka kaynaktanır: büyüklük ayrışabilir, iki konum eşleşen olaylarda en çok 6,3 km ayrışır (27.06.1998); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzay–zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 18 bağımsız küme (en büyük küme 2 çözüm).

Tablo A4. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
Gutenberg–Richter büyüklük–sıklık dağılımı	ölçek/geçerlilik	kuyruk uyumu olasılığı $\geq 0,01$ · mevcut < 0,001	Benimsenen b değeri, tamlik eşiği uyum iyiliği ya da b-kararlılığı ölçütüyle doğrulandığında ve eşik üstünde $N \geq 50$, görelî belirsizlik $\leq 0,15$ iken bulgu 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 olabirlik bağıntısıyla (Aki, 1965) yapılmıştır; belirsizliğin kestirim yöntemi Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Bu olayda: büyüklük–frekans dağılımının kuyruğunun uydurulan üstel yasayla uyusmaması ($M \geq 5,0$ için beklenen 19,1, gözlenen 6 olay; binom olasılığı < 0,001).
PGA azalımı (istasyon kayıtları)	istatistiksel güç	$n \geq 25$ · mevcut 10	Azalım eğrisi bir yer hareketi kestirim bağıntısı değildir: bu olayın kendi istasyon setine uydurulmuş ampirik doğrudur; eğimin anlamlı olması için kayıtların en az on katlık bir uzaklık aralığına yayılması gerekir. Bu olayda: aletsel kayıt sayısının yetersizliği ($n = 10 < 25$).
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	$n \geq 6$ · mevcut 3	Gerinim hızı, üçgen köşelerindeki istasyonların yatay hız farklarından kenar uzunluğu değişimiyle hesaplanır; ağız kurulabilmesi için en az 6 istasyon gerekir ve alan, istasyonların seyrek olduğu kenarlarda zayıf kısıtlıdır. Bu olayda: üçgen ağı kuracak GNSS istasyonu sayısının yetersizliği ($n = 3 < 6$).
Gerilme düşümü $\Delta\sigma$	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Gerilme düşümü ancak kaynak boyutu bağımsız ölçüldüğünde (kayma modeli ya da kırık dörtgeni) ölçümdür; boyut büyüklükten ölçeklendiğinde değer ölçekleme bağıntısının yeniden ifadesidir. Artçı zonu yarıçapına dayanan dairesel çatlak kestirimi (Eshelby, 1957) yalnız duyarlılık olarak verilir. Bu olayda: kaynak boyutunun bağımsız ölçülmeyip büyüklükten ölçeklenmesi — değer ölçeklemenin yeniden ifadesidir, ölçüm değildir.
Kırılma direktivitesi	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Direktivite, sonlu kırık gerektirir (McGuire vd., 2002); sentroid ötelenmesi konum belirsizliğini aşmalıdır. Bu olayda: artçı bulutu neredeyse izotrop (uzama 1,29 < 1,3) — azimut zayıf kısıtlı.
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 / difüzif)	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 difüzif modellerin bu veriyle ayırt edilememesi ($ \Delta AICc < 2$).
Hiposantr konum kalite notu	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Konum kalite notu, kalite ölçütleri benimsenen hiposantrı veren kurumun çözümüne aitse ve çözüm türüne (yerel, bölgesel, telesismik) uygun eşiklerle kurulur; yerel ağ eşikleri en yakın istasyonu 100 km'den uzak çözümlere uygulanmaz (işletimsel ölçüt; ölçütlerin tartışması için Husen ve Hardebeck, 2010). Bu olayda: çözüm türünün (yerel, bölgesel, telesismik) belirlenememesi — yerel ağ eşikleri bu çözüme doğrudan uygulanamaz.
Küme doğrultusu (artçı bulutunun ana eksenini)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Doğrultu, artçı bulutunun ana bileşeninden okunur ve yalnız uzanım belirginse (işletimsel ölçüt: uzama $\geq 1,5$, yeniden örneklem yarı aralığı $\leq 20^\circ$, $n \geq 30$) raporlanır; kutu bulutunun yönü pencere biçimine duyarlıdır. Bu olayda: artçı bulutunun belirgin bir uzanım göstermemesi (uzama 1,29; yön yarı aralığı $\pm 5,6^\circ$; $n = 2088$; ölçüt uzama $\geq 1,5$, yarı aralık $\leq 20^\circ$, $n \geq 30$).

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

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A5. Çekince düşülen çözümlemeler.

Çözümleme	Çekince
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 eşığının benimsenen eşığın üzerinde olması (ilk pencerede $Mc\ 3,7 > 2,3$; eşik benimsenen değere ana şoktan 2,1 saat sonra inmektedir) — ilk saatlerin olay sayısı eksik olduğundan c yukarı yanlı olabilir.
Reasenberɡ–Jones artçı dizisi oranı	Dizi oranı modeli (Reasenberɡ 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: bu mekanizma aranır–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 katalogun 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.
En yakın komşu kümelenme (Zaliapın)	Bu raporun işletimsel eşığı Mc üstü $n \geq 200$ ister; iki-kipli ayırım bu örneklem altında çözülmez. Kutuda kurulamadığında eşik kapsayan bölgesel katalogdan kalibre edilir (Zaliapın ve Ben-Zion, 2013a). Bu olayda: η dağılımında iki mod ayrışmadı (Ashman $D < 2$); eşik kanonik sabitten ($\log_{10}\eta^* = -5$) alındı — kümelenme oranı bu koşulda ölçüm değil sınıflama varsayımdır.
Gerilme tensörü inversiyonu	Doğrusal gerilme inversiyonunda (Michael, 1984) kararlı bir çözüm için bu çalışmada en az 15 mekanizma aranır (işletimsel ölçüt); güven aralığı olmadan tensör raporlanmaz. Bu olayda: yinelemeli düzlem seçiminin yakınsamaması (5 yinelemede üst sınıra ulaşılmıştır).
Frohlich kaynak-tipi üçgeni	Üçgen bir dağılım gösterimidir; birkaç mekanizmayla rejim ifadesi kurulamaz. Bu olayda: en sık sınıfa ilişkin oranın (normal; 9/22, %41) %95 Wilson (1927) aralığının (%22–63; 18 bağımsız küme) işletimsel %45 eşığını içermesi.
Kayma yönlerinin ana fay doğrultusuna uyumu (kanallanma)	Kanallanma, kaymanın ana fay yüzeyine ne kadar bağlı kaldığını ölçer; dik uzaklık dış merkez konum hatasını taşıdığı için birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanmaz. Bu olayda: ana faya uzaklık ve kayma azimutu birlikte çözölen mekanizma yetersiz ($n = 5 < 10$).
Artçı dönemi b değeri	Dizi b değeri kendi tamlık eşığında kestirilir; bulgu için eşığın 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 eşığı zamanla değişir: eşik zamana göre sıralı kayıtlarda kayan pencereyle izlenir (Woessner ve Wiemer, 2005) ve ilk pencerelerin eşığı benimsenen eşığı aşıyorsa tek eşikle kurulan b çekinceyle verilir, ilk saatler dışlanarak ikinci kez kestirilir. Bu olayda: ana şoku izleyen ilk saatlerde tamlık eşığının benimsenen eşığın üzerinde olması (zamana göre 50 olaylık kayan pencerede ilk pencerenin eşığı $Mc\ 3,7 > 2,3$; eşik benimsenen değere ana şoktan 2,1 saat sonra inmektedir) — tek eşikle kurulan b aşağı yanlı olabilir; ilk 2,1 saat dışlandığında $b = 0,93 \pm 0,06$ ($Mc\ 2,4$; $N = 558$).

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

Tablo A6. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	07.04.2018 17:27:26	AFAD	36,063°K	35,991°D	ML 2,5
	07.04.2018 17:27:24	ISC	36,014°K	35,976°D	ML 2,4
2	23.04.2018 01:34:59	AFAD	36,108°K	35,782°D	ML 2,4
	23.04.2018 01:34:55	ISC	35,995°K	35,808°D	Mws 2,4
3	11.07.2018 06:40:26	AFAD	35,942°K	36,050°D	ML 2,2
	11.07.2018 06:40:23	EMSC (ISK)	35,77°K	36,06°D	ML 2,5
4	22.09.2018 10:36:41	AFAD	36,129°K	35,922°D	ML 2,5
	22.09.2018 10:36:37	ISC	35,965°K	35,752°D	Mws 2,9
5	04.10.2018 15:14:00	AFAD	36,267°K	36,074°D	ML 2,9
	04.10.2018 15:13:58	GSI	36,439°K	36,024°D	Mws 2,9
6	26.12.2018 17:05:05	AFAD	36,451°K	35,732°D	ML 2,9
	26.12.2018 17:05:04	GSI	36,475°K	35,476°D	Mws 2,8
7	17.01.2019 12:15:28	AFAD	35,819°K	35,589°D	ML 2,3
	17.01.2019 12:15:26	GSI	36,085°K	35,458°D	Mws 2,3
8	20.02.2019 05:35:23	AFAD	36,230°K	35,929°D	Mw 4,0
	20.02.2019 05:35:20	GSI	36,212°K	35,781°D	Mws 4,2
	20.02.2019 05:35:23	USGS	36,045°K	35,870°D	mb 4,0
9	04.03.2019 00:45:59	AFAD	36,514°K	36,110°D	ML 1,6
	04.03.2019 00:45:56	ISC (ISK)	36,550°K	35,853°D	ML 1,2
10	04.03.2019 23:12:41	ISC	35,980°K	35,574°D	Mws 3,0
	04.03.2019 23:12:46	GSI	35,761°K	35,565°D	MLv 3,0
11	03.04.2019 17:34:26	AFAD	36,194°K	36,372°D	ML 1,6
	03.04.2019 17:34:29	ISC (ISK)	36,489°K	36,217°D	ML 1,6
12	13.06.2019 06:12:10	AFAD	35,969°K	36,054°D	ML 2,3
	13.06.2019 06:12:13	GSI	35,78°K	36,24°D	ML 3,0

Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 86 · 20 km → 319 · 40 km → 588 · 70 km → 653

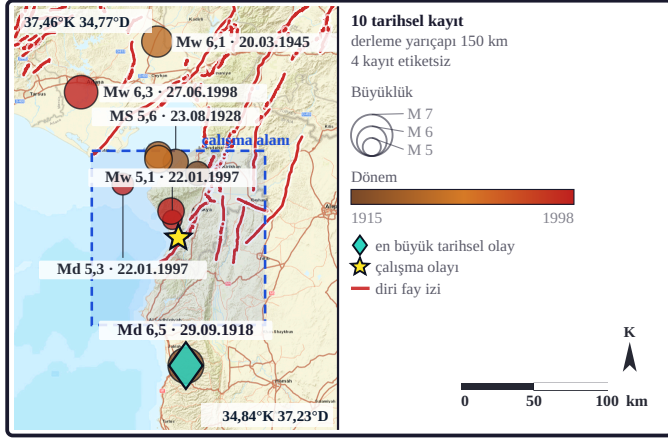
Uzak ağ kayıtları ($M \geq 2,0$) — yerel otorite kaydına bağlanan kopya: 5; eşi bulunamayan kayıt: 0; bu kayıtlar katalogdan çıkarılmıştır. Eşleme ölçütü: $\Delta t \leq 35$ s, Δ konum ≤ 300 km, $\Delta M -0,5$ ile +1,5 arası ve eş kaydın en az 2 kurumca bildirilmiş olması. Katalogdan çıkarılan kayıtların hesabı: sorgudan dönen 3.797 kayıttan çıkarılan 647 (çapraz-kaynak kopyası 642, uzak ağ kopyası 5, eşi bulunamayan uzak ağ kaydı 0); tekilleştirilmiş katalogda kalan 3.150 kayıt.

kopya	18.12.2022 18:13:13	INGV	36,2391°K	36,4395°D	mb 4,7
kopya	07.02.2023 23:13:09	INGV	36,0773°K	35,5518°D	mb 4,6
kopya	16.02.2023 11:16:23	NIEP	35,8175°K	36,0414°D	ML 4,8
kopya	16.02.2023 11:16:28	INGV	35,9367°K	35,6221°D	mb 4,9
kopya	01.03.2023 07:20:26	INGV	36,1617°K	36,1494°D	mb 4,6

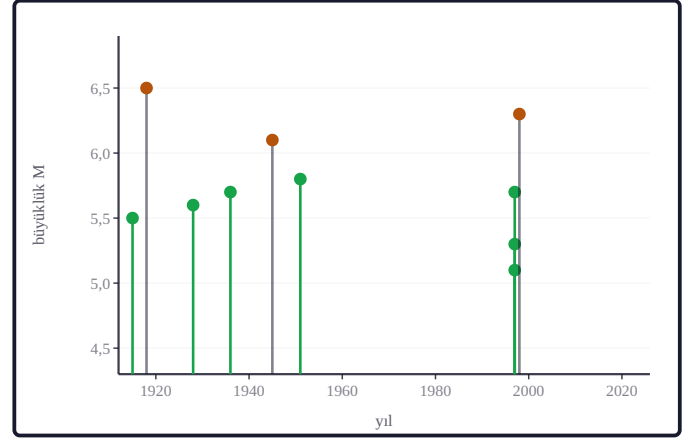
Not: İki kayıt (1) $\Delta t \leq 20$ s, Δ konum ≤ 59 km ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5$ s ve Δ konum ≤ 59 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) koşulunu sağladığında aynı olay sayılmıştır; konum toleransı kutu boyutuyla ölçeklenmiştir (59 km). Her küme bir fiziksel olayı temsil eder; ilk satır seçilen temsilcidir. Tekilleştirmede düşen 642 kaydın kümelerinden ilk 12 tanesi listelenmiştir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği ondalıkla verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

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

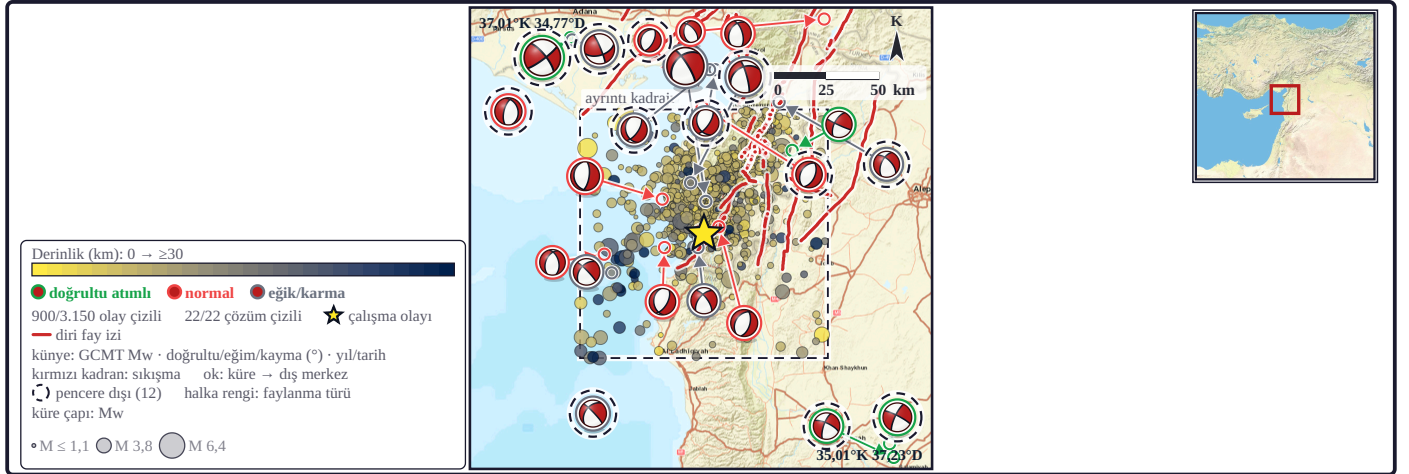
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 11a ve 11b'de, bölgesel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



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



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



Şekil 11c. Bölgesel odak mekanizması çerçevesi: harita, çevrede yayımlanmış çözümlerin Mw sırasıyla en büyüklüklerini gösterir; ötelenen küreler okla konumlarına bağlıdır. Küreler alt yarıküre izdüşümünde odak mekanizmalarıdır (kırmızı kadrın sıkışma). Küreler künyesizdir. Küçük daireler pencere olayları, kesikli dikdörtgen ayrıntı haritasının kadrıdır (mekanizma kümesi: bölgesel küme [n = 22]; gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır [n = 24]; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).

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

Tarih	M	Tür	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Ölçüt	Yer	E/E ₀
29.09.1918◆	6,5	Md	10	88	$M \geq 6$, 150 km içinde	—	×1,4
27.06.1998	6,3	Mw	38	120	$M \geq 6$, 150 km içinde	Türkiye	×0,71
20.03.1945	6,1	Mw	15	136	$M \geq 6$, 150 km içinde	İmamoğlu — 18 km D	×0,35
08.04.1951	5,8	Mw	15	56	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,13
14.06.1936	5,7	Mw	15	59	$M \geq 5$, 60 km içinde	İskenderun — 27 km B	×0,089
22.01.1997	5,7	Mw	20	19	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,089
23.08.1928	5,6	MS	35	52	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,063
25.12.1915	5,5	Mw	15	46	$M \geq 5$, 60 km içinde	Belen — 7 km GGB	×0,045
Yakın kuşakta (≤ 60 km) dış merkez en yakın kayıtlar (yukarıda listelenmeyenler, uzaklık sırasıyla)							
22.01.1997	5,1	Mw	17	13	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,011
22.01.1997	5,3	Md	6	53	$M \geq 5$, 60 km içinde	—	×0,022

Not: Büyüklükler, kayıt ISC-GEM kataloğunda (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018) varsa onun moment büyüklüğüdür (Mw), yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir; 1 kayıta değer ya da tür katalogdakinden ayrışır. Derleme, dış merkeze 60 km içindeki $M \geq 5$ ve 150 km içindeki $M \geq 6$ depremlerden oluşur (kutudaki 150 km'den uzak olaylar girmez); her kaydın ölçütü "Ölçüt" sütunundadır. 10 tekil kayıttan en büyük 8 olay listelenmiştir (yakın kuşağın kayıtları alt bölümde); 2 kopya kayıt tekillleştirilmiştir ($\Delta t \leq 60$ s ve ≤ 100 km); tek kuruma dayanan ve yer künyesi taşımayan 1 $M \geq 6$ kaydı doğrulanamadığından derleme dışıdır. Dizi ayrımı ölçütünün (olaydan önceki 30 gün ve sonrası, dış merkeze 60 km içinde) kapsadığı 4 eşik üstü kayıt tarihsel derlemeye alınmamıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 6 kaydın büyüklüğü yeniden değerlendirme ürünüdür ve kaynağa göre $\approx 0,3-0,5$ birim ayrışabilir. E/E₀: ışıman enerjinin bu olayınkine oranı (büyüklük farkından); ◆ en büyük kayıt. Yalnız ülke adı yazılı kayıtların yer künyesi yoktur. Alanın hemen dışındaki $M \geq 7$ depremler (150–188 km): 06.02.2023 M 7,7 (166 km KKD, Pazarcık (Kahramanmaraş)).

KAYNAKÇA

- AFAD (2018) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. T.C. Resmî Gazete, 18 Mart 2018, Sayı 30364 (Mükerrer). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm>
- AFAD (t.y.) TADAS (çevrimiçi kuvvetli yer hareketi veri tabanı). <https://tadas.afad.gov.tr> (erişim: 16.10.2026)
- Aki, K. (1965) Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits. Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 43(2), 237–239. doi:10.15083/0000033631
- Aki, K. ve Richards, P. G. (2002) Quantitative Seismology. 2. bs., University Science Books, Sausalito.
- Allen, T. I., Wald, D. J. ve Worden, C. B. (2012) Intensity attenuation for active crustal regions. J. Seismol. 16(3), 409–433. doi:10.1007/s10950-012-9278-7
- Ambraseys, N. N. (1989) Temporary seismic quiescence: SE Turkey. Geophys. J. Int. 96(2), 311–331. doi:10.1111/j.1365-246X.1989.tb04453.x
- Anderson, E. M. (1951) The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain. Oliver & Boyd, Edinburgh, 206 s.
- Atkinson, G. M. ve Wald, D. J. (2007) “Did You Feel It?” intensity data: A surprisingly good measure of earthquake ground motion. Seismol. Res. Lett. 78(3), 362–368. doi:10.1785/gssrl.78.3.362
- Båth, M. (1965) Lateral inhomogeneities of the upper mantle. Tectonophysics 2(6), 483–514. doi:10.1016/0040-1951(65)90003-X
- Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries. Geochem. Geophys. Geosyst. 4(3), 1027. doi:10.1029/2001GC000252
- Blewitt, G., Hammond, W. C. ve Kreemer, C. (2018) Harnessing the GPS data explosion for interdisciplinary science. Eos 99. doi:10.1029/2018EO104623
- Blewitt, G., Kreemer, C., Hammond, W. C. ve Gazeaux, J. (2016) MIDAS robust trend estimator for accurate GPS station velocities without step detection. J. Geophys. Res. Solid Earth 121(3), 2054–2068. doi:10.1002/2015JB012552
- Clopper, C. J. ve Pearson, E. S. (1934) The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial. Biometrika 26(4), 404–413. doi:10.1093/biomet/26.4.404
- Di Giacomo, D., Bondár, I., Storchak, D. A., Engdahl, E. R., Bormann, P. ve Harris, J. (2015) ISC-GEM: Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009), III. Re-computed MS and mb, proxy MW, final magnitude composition and completeness assessment. Phys. Earth Planet. Inter. 239, 33–47. doi:10.1016/j.pepi.2014.06.005
- Di Giacomo, D., Engdahl, E. R. ve Storchak, D. A. (2018) The ISC-GEM Earthquake Catalogue (1904–2014): Status after the Extension Project. Earth Syst. Sci. Data 10(4), 1877–1899. doi:10.5194/essd-10-1877-2018
- Disaster and Emergency Management Authority (1973) Turkish National Strong Motion Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/TK
- Disaster and Emergency Management Authority (1990) Turkish National Seismic Network. Department of Earthquake, Disaster and Emergency Management Authority. doi:10.7914/SN/TU
- Duman, T. Y. ve Emre, Ö. (2013) The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 372(1), 495–529. doi:10.1144/SP372.14
- Dziewonski, A. M., Chou, T.-A. ve Woodhouse, J. H. (1981) Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity. J. Geophys. Res. 86(B4), 2825–2852. doi:10.1029/JB086iB04p02825
- Ekström, G., Nettles, M. ve Dziewoński, A. M. (2012) The global CMT project 2004–2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. Phys. Earth Planet. Inter. 200–201, 1–9. doi:10.1016/j.pepi.2012.04.002
- Elmacı, H., Kürçer, A., Özalp, S., Altuntaş, G., Avcı, H. O., Aydoğan, H., Yüce, A. A., Öztürker, A. R., Karayazı, O., Bayrak, A., Özdemir, E., Çal, Ç., Güven, C. ve Yalvaç, O. (2026) Türkiye Diri Fay Haritası. MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-60, Ankara. ISBN 978-625-8107-74-6.
- Eshelby, J. D. (1957) The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems. Proc. R. Soc. Lond. A 241(1226), 376–396. doi:10.1098/rspa.1957.0133
- European-Mediterranean Seismological Centre (t.y.) Deprem parametreleri (çevrimiçi katalog). <https://www.emsc-csem.org> (erişim: 16.10.2026)
- Frohlich, C. (1992) Triangle diagrams: Ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms. Phys. Earth Planet. Inter. 75(1–3), 193–198. doi:10.1016/0031-9201(92)90130-N
- Frohlich, C. ve Apperson, K. D. (1992) Earthquake focal mechanisms, moment tensors, and the consistency of seismic activity near plate boundaries. Tectonics 11(2), 279–296. doi:10.1029/91TC02888
- Gardner, J. K. ve Knopoff, L. (1974) Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian? Bull. Seismol. Soc. Am. 64(5), 1363–1367. doi:10.1785/BSSA0640051363
- Garwood, F. (1936) Fiducial limits for the Poisson distribution. Biometrika 28(3–4), 437–442. doi:10.1093/biomet/28.3-4.437
- GEOFON Data Centre (1993) GEOFON Seismic Network. GFZ Data Services. doi:10.14470/TR560404
- Gutenberg, B. ve Richter, C. F. (1944) Frequency of earthquakes in California. Bull. Seismol. Soc. Am. 34(4), 185–188. doi:10.1785/BSSA0340040185
- Gutenberg, B. ve Richter, C. F. (1956) Magnitude and energy of earthquakes. Ann. Geofis. 9(1), 1–15. doi:10.4401/ag-5590
- Güvercin, S. E., Karabulut, H., Konca, A. Ö., Doğan, U. ve Ergintav, S. (2022) Active seismotectonics of the East Anatolian Fault. Geophys. J. Int. 230(1), 50–69. doi:10.1093/gji/ggac045
- Hanks, T. C. ve Kanamori, H. (1979) A moment magnitude scale. J. Geophys. Res. 84(B5), 2348–2350. doi:10.1029/JB084iB05p02348
- Hardebeck, J. L., Nazareth, J. J. ve Hauksson, E. (1998) The static stress change triggering model: Constraints from two southern California aftershock sequences. J. Geophys. Res. 103(B10), 24427–24437. doi:10.1029/98JB00573
- Husen, S. ve Hardebeck, J. L. (2010) Earthquake location accuracy. Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis (CORSSA). doi:10.5078/corssa-55815573
- International Seismological Centre (2026) ISC-GEM Earthquake Catalogue. doi:10.31905/d808b825
- International Seismological Centre (t.y.) ISC Bulletin. doi:10.31905/D808B830 (erişim: 16.10.2026)
- Jia, Z., Jin, Z., Marchandon, M., Ulrich, T., Gabriel, A.-A., Fan, W., Shearer, P., Zou, X., Rekoske, J., Bulut, F., Garagon, A. ve Fialko, Y. (2023) The complex dynamics of the 2023 Kahramanmaraş, Turkey, Mw 7.8–7.7 earthquake doublet. Science 381(6661), 985–990. doi:10.1126/science.ad10685
- Jones, L. M. ve Molnar, P. (1979) Some characteristics of foreshocks and their possible relationship to earthquake prediction and premonitory slip on faults. J. Geophys. Res. 84(B7), 3596–3608. doi:10.1029/JB084iB07p03596
- Kanamori, H. (1977) The energy release in great earthquakes. J. Geophys. Res. 82(20), 2981–2987. doi:10.1029/JB082i020p02981
- Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute (KOERI). International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/KO
- King, G. C. P., Stein, R. S. ve Lin, J. (1994) Static stress changes and the triggering of earthquakes. Bull. Seismol. Soc. Am. 84(3), 935–953. doi:10.1785/BSSA0840030935
- Kreemer, C., Blewitt, G. ve Klein, E. C. (2014) A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model. Geochem. Geophys. Geosyst. 15(10), 3849–3889. doi:10.1002/2014GC005407
- Lund, B. ve Townend, J. (2007) Calculating horizontal stress orientations with full or partial knowledge of the tectonic stress tensor. Geophys. J. Int. 170(3), 1328–1335. doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03468.x
- Matthews, M. V. ve Reasenber, P. A. (1988) Statistical methods for investigating quiescence and other temporal seismicity patterns. Pure Appl. Geophys. 126(2–4), 357–372. doi:10.1007/BF00879003
- McGuire, J. J., Zhao, L. ve Jordan, T. H. (2002) Predominance of unilateral rupture for a global catalog of large earthquakes. Bull. Seismol. Soc. Am. 92(8), 3309–3317. doi:10.1785/0120010293
- Melgar, D., Taymaz, T., Ganas, A., Crowell, B., Ocalan, T., Kahraman, M., Tsironi, V., Yolsal-Çevikbıl, S., Valkaniotis, S., İrmak, T. S., Eken, T., Erman, C., Özkan, B., Dogan, A. H. ve Altuntaş, C. (2023) Sub- and super-shear ruptures during the 2023 Mw 7.8 and Mw 7.6 earthquake doublet in SE Türkiye. Seismica 2(3). doi:10.26443/seismica.v2i3.387
- Michael, A. J. (1984) Determination of stress from slip data: Faults and folds. J. Geophys. Res. 89(B13), 11517–11526. doi:10.1029/JB089iB13p11517
- 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;2-1
- 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
- Tajima, F. ve Kanamori, H. (1985) Global survey of aftershock area expansion patterns. Phys. Earth Planet. Inter. 40(2), 77–134. doi:10.1016/0031-9201(85)90066-4
- Tape, W. ve Tape, C. (2012) A geometric setting for moment tensors. Geophys. J. Int. 190(1), 476–498. doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05491.x
- U.S. Geological Survey (2017) Advanced National Seismic System (ANSS) Comprehensive Catalog. doi:10.5066/F7MS3QZH
- Utsu, T. (1966) A statistical significance test of the difference in b -value between two earthquake groups. J. Phys. Earth 14(2), 37–40. doi:10.4294/jpe.1952.14.37
- Utsu, T., Ogata, Y. ve Matsu’ura, R. S. (1995) The centenary of the Omori formula for a decay law of aftershock activity. J. Phys. Earth 43(1), 1–33. doi:10.4294/jpe.1952.43.1
- Vavryčuk, V. (2014) Iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms. Geophys. J. Int. 199(1), 69–77. doi:10.1093/gji/ggu224
- Wells, D. L. ve Coppersmith, K. J. (1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bull. Seismol. Soc. Am. 84(4), 974–1002. doi:10.1785/BSSA0840040974
- Wiemer, S. ve Wyss, M. (2000) Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: Examples from Alaska, the western United States, and Japan. Bull. Seismol. Soc. Am. 90(4), 859–869. doi:10.1785/0119990114
- Wilson, E. B. (1927) Probable inference, the law of succession, and statistical inference. J. Am. Stat. Assoc. 22(158), 209–212. doi:10.1080/01621459.1927.10502953
- Woessner, J. ve Wiemer, S. (2005) Assessing the quality of earthquake catalogs: Estimating the magnitude of completeness and its uncertainty. Bull. Seismol. Soc. Am. 95(2), 684–698. doi:10.1785/0120040007
- Zaliapin, I. ve Ben-Zion, Y. (2013a) Earthquake clusters in southern California I: Identification and stability. J. Geophys. Res. Solid Earth 118(6), 2847–2864. doi:10.1002/jgrb.50179
- Zoback, M. L. (1992) First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project. J. Geophys. Res. 97(B8), 11703–11728. doi:10.1029/92JB00132

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