KUZEY ANADOLU FAY ZONU · AVCILAR FAYI — FAY BİRİMİ TEKNİK RAPORU

TAM KOŞU 03.11.2026 · İZLEME ANI 03.11.2026 · KATALOG DÖNEMİ 2025-11-04 – 2026-11-03

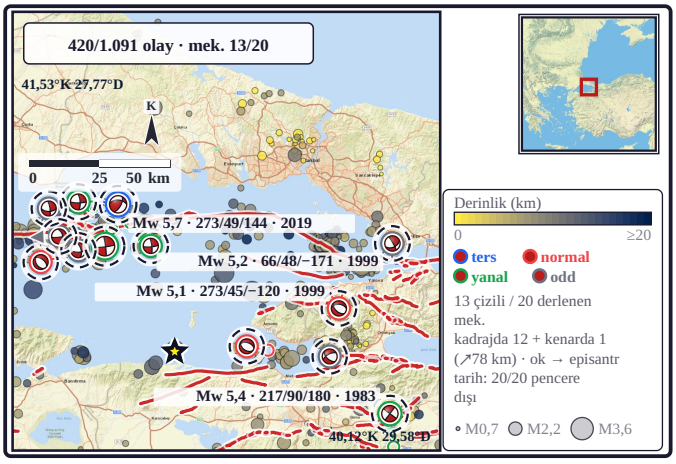
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026

ÖZET — Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı fay biriminin Fay İzleme tehlike önceliği Yüksek sınıfındadır; rapor birimin künyesini, tarihsel kırılmalarını, tekrarlanma ve 30 yıllık aşılma olasılığı ölçülerini, gerilme değişimini ve izleme sinyallerini birim çevresindeki bölgesel deprem etkinliğiyle birlikte sunar. Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı olarak tanımlanan alanda (40,12–41,53°K, 27,77–29,58°D) 2025-11-04 – 2026-11-03 döneminde 1.091 olay kataloglanmıştır (en büyük olay M3,6, Mc üstü ortalama büyüklük M̄=1,9); çapraz-kaynak kopyaları (44 kayıt) her istatistikten önce düşürülmüştür. Kümelenme teşhisi: sismisite karma — kümelenme ölçüleri tam uzlaşmıyor deseni sergilemektedir. Dizi, beyan edilen tek ölçüte göre karma/geçiş karakterli etkinlik olarak sınıflandırılmıştır; en-yakın-komşu teşhisi ile bu sınıflama farklı nicelikleri betimler ve ayrı ayrı raporlanır. Tamlık büyüklüğü Mc = 1,6; büyüklük–frekans dağılımı b = 1,10 ± 0,06 vermektedir (b = 1 referansından istatistiksel olarak ayırt edilemez). Çalışma kutusu çevresi mekanizma popülasyonundan (kutu ±60 km genişletilmiş; tarih filtresi yok; 1979–2025; n = 20) SHmax = 121° ve doğrultu-atımlı rejimi elde edilmiştir. Hiposantr derinlikleri 0,0–15,8 km bandında yoğunlaşmaktadır (%5–95 yüzdelik; ortanca 7,0 km). Ortanca, 233 kaydın atandığı sabit-derinlik yığınının etkisi altındadır; bu kayıtlar dışlandığında serbest derinlikli 858 kaydın ortancası 8,0 km'dir. Kayıtların %20'si (219/1091) tam 7,0 km'ye atanmıştır (ajans varsayılanı); derinlik ölçüleri bu yapay yığının etkisi altındadır. Sismojenik taban (D90 medyanı) ~13,4 km'dir. Pencerenin Mc üstü olay oranı, önceki 5 yıllık arka planın yaklaşık 0,9 katıdır (%95 GA 0,01–75) (eşiksiz sayımların Gardner–Knopoff ayrıştırmasıyla 1,3 kat; %95 GA 0,7–2,4). Bulgular, katalog penceresi ve model varsayımlarının sınırları içinde betimleyicidir.

Anahtar kelimeler: Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı, Gutenberg–Richter b-değeri, gerilme inversiyonu, sismojenik derinlik, bölgesel sismotektonik.

ABSTRACT — In Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı (40.12–41.53°N, 27.77–29.58°E) for 2025-11-04 – 2026-11-03, a total of 1,091 events were catalogued (the largest event is M3.6; mean magnitude above Mc M̄ = 1.9); cross-source duplicates were removed (44 records) before analysis. The nearest-neighbour diagnosis indicates a mixed pattern. Under the stated single criterion the catalogue window is classified as showing mixed clustering behaviour; the diagnosis and the class describe different quantities and are reported separately. The completeness magnitude is Mc = 1.6 and the Gutenberg–Richter b-value is 1.10 ± 0.06, indistinguishable from b = 1. Stress inversion of the study-box focal-mechanism population and its margin (±60 km; no date filter; 1979–2025; n = 20) gives SHmax = 121° with a strike-slip regime. Hypocentral depths are concentrated between 0.0 and 15.8 km (5th–95th percentile; median 7.0 km). The median is affected by the fixed-depth pile to which 233 records are assigned; excluding them, the median of the 858 free-depth records is 8.0 km. Of the records, 20% (219/1091) are assigned to exactly 7.0 km (agency default); the depth statistics are affected by this artificial pile. The seismogenic base, taken as the median of the D90 grid, is about 13.4 km. The event rate of the window above Mc is about 0.9 times that of the preceding five-year background (95% CI 0.01–75) (1.3 times after Gardner–Knopoff declustering of all magnitudes; 95% CI 0.7–2.4). Findings are descriptive within the catalogue window and model assumptions.

Keywords: Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı, Gutenberg–Richter b-value, stress inversion, seismogenic depth, regional seismotectonics.



Şekil 1. *1.091 olay; 20 odak mekanizması çözümü (gerilme inversiyonu girdisi). (faylar: MTA TDFH-2026 (Elmacı vd., 2026); mekanizmalar: inversiyon girdisi; katalog: AFAD·KOERI·ISC·EMSC).*

Tablo 1. Çalışma alanı, katalog penceresi ve temel istatistikler.

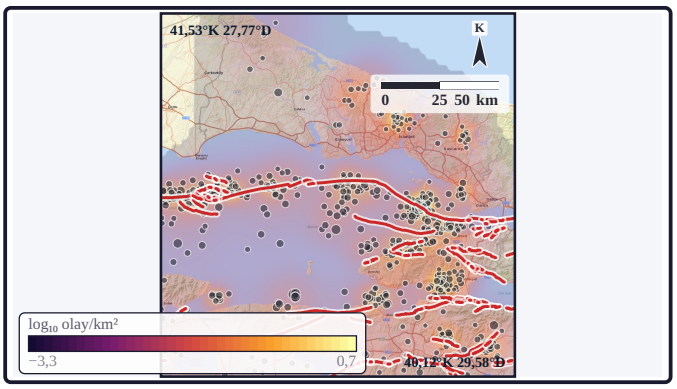
Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Çalışma alanı	40,12–41,53°K 27,77–29,58°D	olay yayılımı
Alan	23.648 km²	küresel yaklaşım (1° enlem = 110,574 km; 1° boylam = 111,32·cos φ km)
Katalog penceresi	04.11.2025 – 03.11.2026	
Kayıt sayısı	1.091	1.135 olaydan seçildi
Tamlık büyüklüğü Mc	1,6	maksimum eğrilik (+0,2)
Mc üstü olay	409	
G-R b-değeri	1,10 ± 0,06	Aki (1965) MLE[a]
G-R a-değeri	4,37	
Pencerenin en büyüğü	M3,6	Karacabey (Bursa)
Ortalama M (Mc üstü)	M1,94	G-R kestirim örneklemi
Ortalama M (tüm katalog)	M1,48	medyan M1,4
Tekilleştirme	44 kopya düştü	iki kural (bkz. Veri ve Yöntem)

Not: a) σ_b: bootstrap (Mc+b) (Aki, 1965: 0,054; Shi ve Bolt, 1982: 0,054).

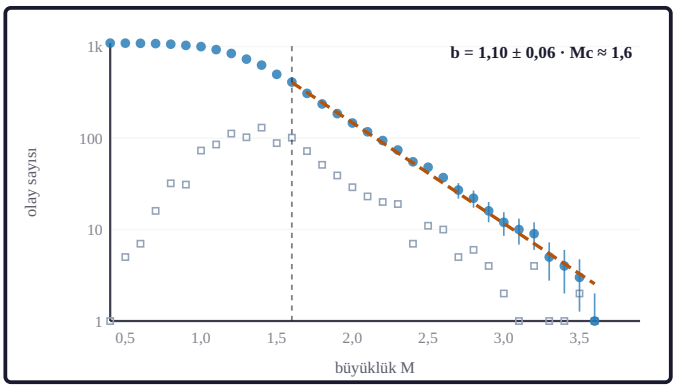
GİRİŞ: FAY BİRİMİ VE RAPORUN KAPSAMI

Bu rapor, Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı fay biriminin (KAFZ, segment 1-34) YAPI ZEMİN - Seismo Lab Fay İzleme hattındaki 03.11.2026 tarihli tam koşu sonuçlarını ve 03.11.2026 tarihli izleme durumunu bir arada sunar (Şekil 1). Bölgesel deprem etkinliği birim izinin çevresindeki 40,11–41,63° K, 27,77–29,63° D kutusunda 04.11.2025 – 03.11.2026 döneminde 1.091 deprem kaydıyla ölçülmüştür; birimin kendi ölçüleri Fay İzleme ürünlerinden aynen aktarılır.

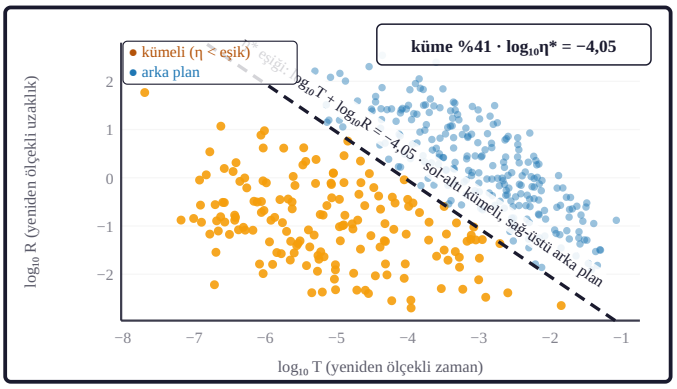
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır



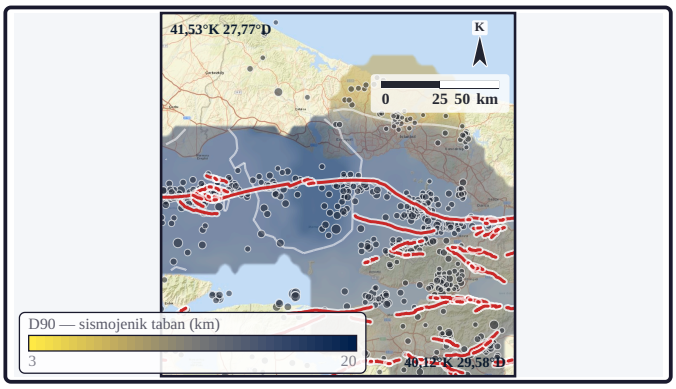
Şekil 2a. *Renk ölçeği adaptif çekirdek yoğunluk (KDE) alanının logaritmik sismisite yoğunluğunu koyu mor seyrekten sarı yoğuna verir. (Woo, 1996; düzleştirilmiş sismisite temeli: Frankel, 1995).*



Şekil 2b. *Mc = 1,6 üstünde (N = 409) b = 1,10 ± 0,06; b = 1 referansından istatistiksel olarak ayırt edilemez. (Gutenberg ve Richter, 1944).*



Şekil 2c. *Turuncu noktalar kümeli, mavi noktalar arka plan bağlarını, kesikli köşegen η* ayrım eşiğini ($log_{10}T + log_{10}R = log_{10}η^*$, sol-altı kümeli) gösterir. (Zaliapin ve Ben-Zion, 2013a; eşik: iki bileşenli GMM kesişimi).*



Şekil 2d. *D90 medyanı 13,4 km (hücreler 2,9–19,7 km); sismojenik taban bu değerle temsil edilir. (Nazareth ve Hauksson, 2004; D90 · W = D95−D05).*

KULLANILAN BAĞINTILAR

(1) Sismik moment	$M_0 = 10^{1,5 \cdot M + 9,1}$ N·m	*Hanks ve Kanamori (1979); sabit: Kanamori (1977)*
(2) Işınan enerji	$\log_{10}E = 1,5 \cdot M + 4,8$ (J)	*Gutenberg ve Richter (1956)*
(3) Büyüklük–sıklık	$\log_{10}N(\geq M) = a - b \cdot M$	*Gutenberg ve Richter (1944)*

Adaptif bant genişlikli (k=8. komşu) çekirdek yoğunluğu: 1091 olay → tepe 10^0,7 olay/km², 4,0 dekadlık dinamik aralık (Şekil 2a). Yoğunluk sırtları aktif yapıları (fay segmentlerini) izler: fay katmanıyla örtüşme, sismisitenin haritalanmış yapılara ne ölçüde bağlı olduğunu gösterir. Bu alan, olasılıksal tehlike modellerindeki düzleştirilmiş-sismisite (smoothed seismicity) kaynak temelinin ta kendisidir (Frankel, 1995): declusterlanmadan tehlike oranına çevrilmez ve tek başına tehlike düzeyi bildirmez. Oturtma penceresi 2,0 büyüklük birimi genişliğindedir (tamlık eşiği ile en büyük olay arasında 21 basamak, basamak aralığı 0,1); bu basamakların 0 tanesi boştur ve doğrunun üst ucu bu boşluklarla birlikte okunmalıdır (Şekil 2b). Bu çalışmada eğimin güvenilir sayılması için eşik üstünde en az bir büyüklük birimlik açıklık aranmıştır (işletimsel ölçüt); buradaki açıklık bu ölçütü karşılamaktadır. Eşik üstü örneklem, toplam kayıtların yüzde 37'sini oluşturmaktadır; geri kalanı ağın duyarlılık sınırının altında kalan ve istatistiğe hiç girmeyen kayıtlardır. Belirsizliğin kaynağı örneklem sayısıdır: Aki'nin (1965) b/√N kestirimi 0,054 vermektedir. Üstel bir büyüklük dağılımında Shi ve Bolt (1982) varyansı bu değere asimptotik olarak eşittir; dolayısıyla ikisinin örtüşmesi beklenen davranıştır ve kanıt taşımaz. Bilgi taşıyan durum ayrışmalarıdır: küçük ya da basamaklanmış örneklemde Shi ve Bolt yapay olarak küçülür, bu raporda basılan σ_b bootstrap yayılımıyla birlikte üç kestirimin en büyüğüdür (burada bootstrap).

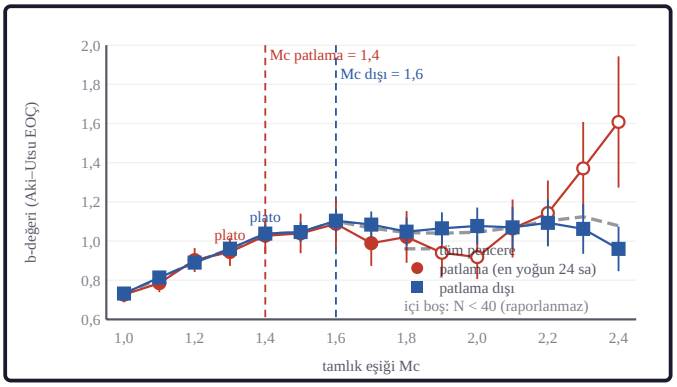
Küme payı %41: tektonik kataloglarda tipik karışım — arka plan + belirgin artçı aileleri bir arada (küme payı kataloğa ve bölgeye göre belirgin değişir; ZBZ 2016) (Şekil 2c). Sınıflama olasılıksaldır (tekil olay etiketi kesin değildir); yöntem fiziksel nedensellik değil istatistiksel yakınlık ölçer. 7 olay 5/10/33 km yapay sabit-derinlik yığılmalarından ayıklandı (katalog varsayılan derinlikleri) — yüzdelikler bu temizlikten sonra hesaplandı (Şekil 2d). D90 hiposantr derinlik kalitesine duyarlıdır: sabit-derinlik çözümleri ve az istasyonlu olaylar tabanı saptırır; kaliteli-katalog filtresiyle doğrulanmalı. Uyarı: bu panelin derinlik ekseni katalog derinliklerine dayanır ve kayıtların %20 kadarı tek tek sabit değerlere yığılmıştır (7,0 km: 219 olay); bu değerler ölçülmüş bir dağılım tepesi değil, çözüm derinliği kısıtlandığında verilen ajans varsayılanlarıdır ve derinlik geometrisi bu nedenle ölçülmüş bir dağılım olarak yorumlanamaz.

Raporun kapsamı tekrarlanma süresi, 30 yıllık aşılma olasılığı, Coulomb gerilme değişimi, sismik sessizlik (Z), b-değeri ve deprem oranı ölçüleridir; tetiklenme modelleri ve kısa dönemli dizi olasılık çizelgeleri kapsam dışıdır. Fay İzleme tehlike önceliği Yüksek sınıfındadır: endeks 0,67, öncelik puanı 0,67, tehlike sıralamasında 1. birim.

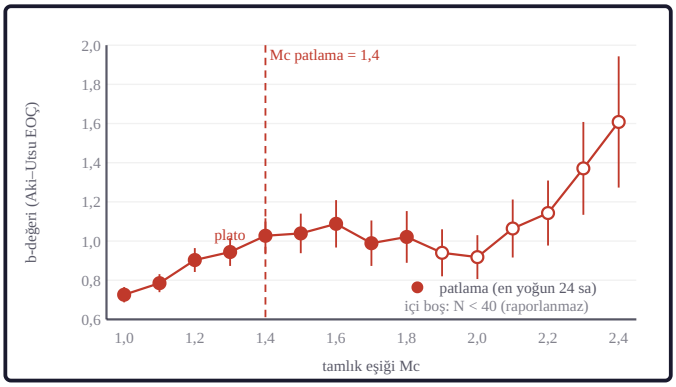
Çalışma alanı ve temel istatistikler Tablo 1'de verilmiştir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

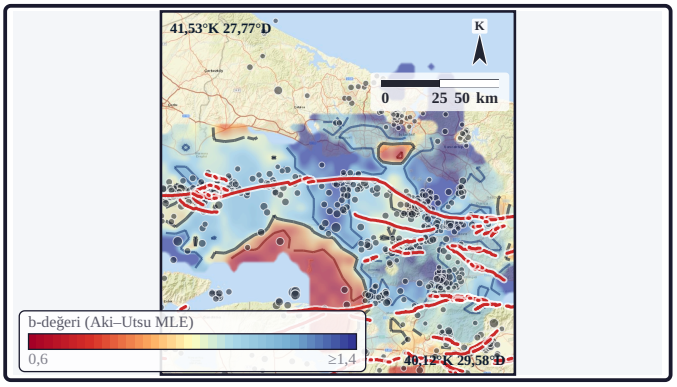
BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI



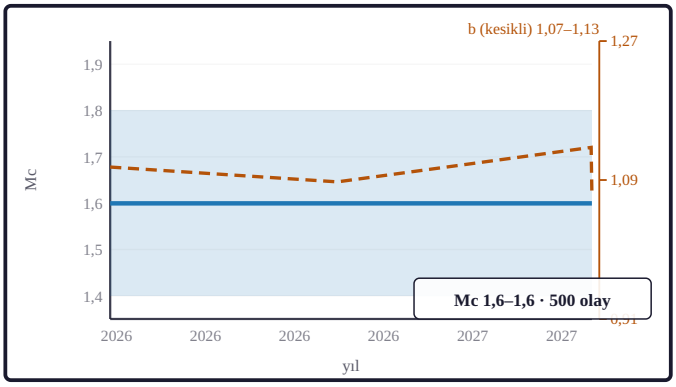
Şekil 3a. *b-değerinin tamlık eşiğiyle değişimi. (b(Mc) taraması: Mc = 1,0–2,4, 0,1 adım; b: Aki–Utsu en-çok-olabilirlik kestirimi (EOÇ); σ_b Shi ve Bolt (1982)).*



Şekil 3b. *En yoğun 24 saatlik atak alt örnekleminde tamlık eşiği boyunca b kestirimi (yalnız N ≥ 40; ±σ_b bantları). (Aki–Utsu maksimum olabilirlik; Shi ve Bolt (1982) belirsizliği; içi boş nokta N < 40 (raporlanmaz)).*



Şekil 3c. *Hücre b-değerleri 0,60–2,43 bandında (677 dolu hücre; 24 hücrede b < 0,7). (Wiemer ve Wyss, 1997; hücre b: Aki–Utsu MLE).*



Şekil 3d. *Mavi eğri yatay eksendeki yıla karşı katalog tamlık büyüklüğü Mc(t)'yi kayan pencerelerde maksimum-eğrilik + 0,2 kuralıyla verir. (Woessner ve Wiemer, 2005; kayan pencere %50 örtüşmeli).*

214 hücrede b>1,2: sıvı/jeotermal etki ya da sürü (swarm) davranışıyla ilişkilendirilen banda düşüyor — magma/akışkan literatüründe yüksek-b yamaları raporlanır (Şekil 3a–3c). Mc zaman içinde kararlı (Δ≈0,0): katalog homojen — b(t) ve oran analizleri bu pencerede güvenle kurulabilir (Şekil 3d). Mc altındaki b(t)/oran değişimleri gerçek sismisite değişimi sanılabilir — Mc(t) bu artefaktın dedektörüdür.

FAY BİRİMİ KÜNYESİ

Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı birimi MTA Türkiye Diri Fay Haritası 2026 (TDFH-2026) envanterinde 30 km uzunluğunda, 89° doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır; eğimi 90° (eğim yönü 179°). Birime atanan uzun dönem kayma hızı 21,4 mm/yıl (GEM Küresel Diri Faylar Veri Tabanı; aralık 15,0–27,9 mm/yıl; lisans CC BY-SA 4.0). Uzunluk–büyüklük ölçeklemesiyle karakteristik büyüklük Mw 6,5, sismojenik genişlik 9,9 km. Birimin veri yeterliliği C sınıfındadır (envanter A; tekrarlanma C; katalog B; son kırılma açık aralıkla (alt sınır)).

TARİHSEL KIRILMALAR

Birimle eşleşen tarihsel deprem kaydı yoktur (kurum listeleri ve aletsel katalog; M ≥ 5,5). Bilinen son kırılma kaydı yoktur; geçen süre 1900 yılından başlayan açık aralıkla (en az 127 yıl) ele alınır. Güven sınıfları kaydın türünü verir: A kurum kırılma kaydı, B aletsel katalog, C tarihsel liste; D sınıfındaki kayıtlar birime atanmaz.

TEKRARLANMA VE 30 YILLIK AŞILMA OLASILIĞI

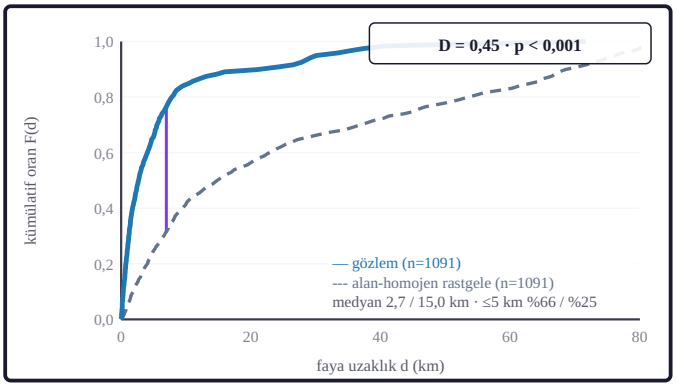
Jeolojik tekrarlanma süresi 37 yıl (kayma hızı 21,4 mm/yıl, karakteristik büyüklük Mw 6,5; logaritmik saçılım 0,60). Katalog tabanlı tekrarlanma süresi kurulamadı: veri yetersiz: koridor Mc üstü n 31, bölge n 198 (gereken 200). Harman tekrarlanma süresi 37 yıl (yalnız jeolojik (segmentModel)). Son kırılma bilinmediğinden 30 yıllık aşılma olasılığı açık aralıkla %83,0–%83,8 arasında verilir (BPT, geçen süre 127–201 yıl); tehlike sınıfı Poisson değeriyle (%55,6) belirlenmiştir. Geçen süre harman tekrarlanma süresinin en az 3,43 katıdır. Açık aralıktaki olasılıklar alt ve üst sınır arasında verilir ve tek bir değer olarak okunmamalıdır. Açık aralığın alt sınırıyla biriken kayma açığı en az 2,71 m, moment eşdeğeri en az Mw 6,9. Sismik boşluk ölçütlerinden 3/4 sağlanmaktadır; puan yalnız gösterimdir ve endekse girmez.

GERİLME DEĞİŞİMİ (ΔCFS)

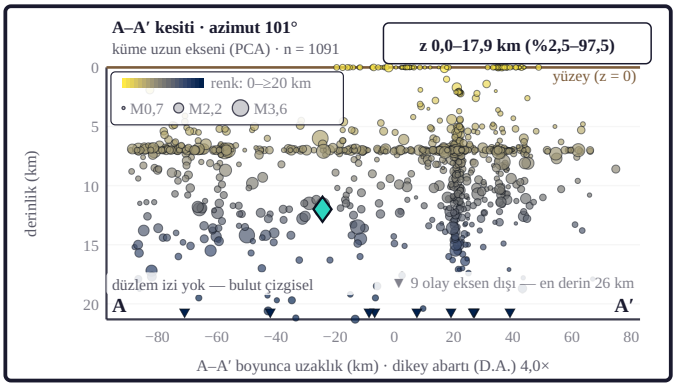
Birim düzlemine (doğrultu 89°, eğim 90°, kayma açısı 180°) büyük depremlerden ve tarihsel kırılmalardan aktarılan Coulomb gerilme değişimi ΔCFS = 1,23 bar (37 kaynak; etkin sürtünme 0,4). En büyük katkı 1912 depremi (MTA, M 7,4) kaynağından gelir (0,94 bar). Kaynaklardan en az biri alıcı birime kaynak genişliğinden daha yakın olduğundan değer yakın alan belirsizliği taşır. Gerilme yüklenme hızı jeodezik gerinim modelinden (GSRM v2.1) türetilir; model yalnız iç kullanıma açık olduğundan yüklenme hızı ve ondan türeyen saat kayması bu raporda sayısal olarak verilmez. ΔCFS tehlike endeksine girmez; yalnız gösterimdir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

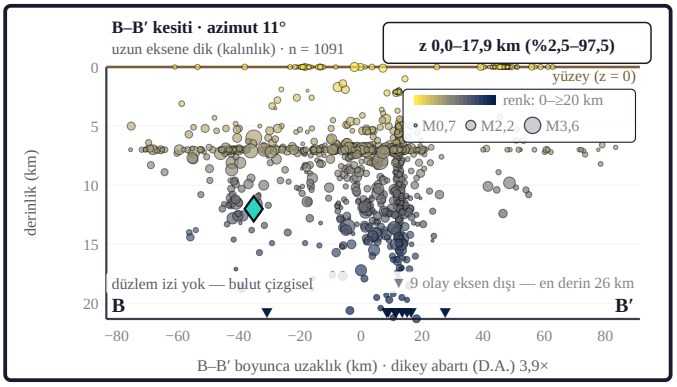
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI



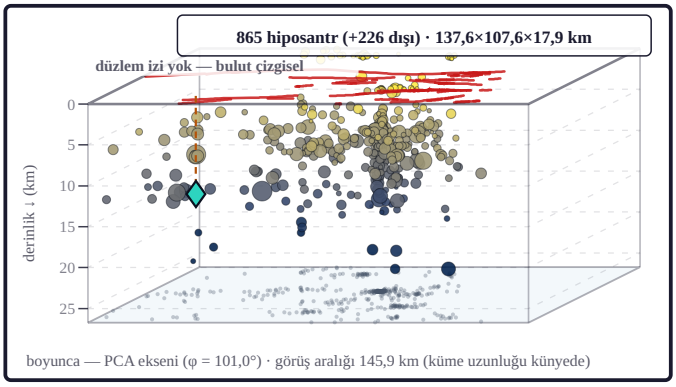
Şekil 4a. *Yatay eksen faylara uzaklık d (km), düşey eksen kümülatif oran F(d) olup kalın mavi eğri gözlenen sismisiteyi verir. (Powers ve Jordan, 2010; rastgele katalog deterministik LCG).*



Şekil 4b. *Derinlikler 0,0–15,8 km bandında (%5–95 yüzdelik), ortanca 7,0 km (serbest 8,0 km). (düzlem: ağırlık merkezli asal bileşen (PCA) çözümü (Ouillon vd., 2008); derinlikler katalog hiposantrları).*



Şekil 4c. *B–B′ kesiti bulutun kalınlığını ölçer. Yatay eksen uzun eksene dik uzaklıktır. (düzlem: ağırlık merkezli asal bileşen (PCA) çözümü (Ouillon vd., 2008); kalınlık: RMS uzaklık künyede).*



Şekil 4d. *Blokta yatay eksen dizi boyunu, sağ-üste kaçan eksen enine uzaklığı, düşey eksen derinliği verir. (kabinet izdüşüm; düzlem uyumu: kovaryans özvektörü (toplam en küçük kareler); eksenler ayrı ölçekli).*

Uzaklıklar 80 km'de kırpılır (kuyruk doygun); sonuç fay haritasının tamlığına koşulludur — fay-dışı görünen küme, haritada olmayan yapının izi olabilir (Şekil 4a). Bulutun temel bileşen çözümüyle oturtulan düzleminin eğimi 0,9°'dir; düzlem yataya yakın (eğim 0,9°); doğrultu sayısal olarak kararsızdır, bu nedenle düzlem doğrultusu raporlanmamıştır (Şekil 4b). Bu düzlem hiposantr bulutuna oturtulmuş geometrik bir özettir; eğimi tek başına faylanma türünü belirlemez ve odak mekanizmasının yerini tutmaz. Odakların düzleme dik uzaklıklarının karekök ortalaması (rms) 3,72 km, ortalama mutlak uzaklığı 2,92 km'dir; rms, düzleme dik saçılımın bir standart sapmalık (1σ) genişliğidir ve kırık zonunun kalınlığı olarak okunmaz; konum belirsizliği de bu saçılıma katkı verir. Ana eksene dik kesit kutu bulutunun genişliğini verir (107,6 km); uzunluk/genişlik oranı 1,3; çalışma kutusunun kendi en-boy oranı ise 1,0'dır (Şekil 4c). Küme oranı kadraj oranını belirgin biçimde aşmadığından (1,25×) ölçülen uzama büyük ölçüde kadrajın geometrisidir ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır. Westin düzlemsellik ölçüsü cp = 0,51 (cl = 0,47, cs = 0,02; cl + cp + cs ≈ 1, yuvarlama) ölçülmüştür: bulut düzlemsel eğilim göstermekte ancak belirgin saçılım taşımaktadır. Dik kesitteki dağınıklık, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırılamaz. Üç boyutlu blok, kesitlerde ayrı ayrı okunan uzunluk–genişlik–derinlik ilişkisini tek görünümde birleştirir: küme 137,6 × 107,6 × 17,9 km boyutlarındadır (Şekil 4d). Düşey yayılımın yatay uzunluğa oranı 0,13'tür; kutu bulutunun yatay boyutu düşey boyutunu aşmaktadır. Bloktaki yoğunlaşmalar, dizinin 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.

Fay birimi künyesi Tablo 5'te, kutu bulutunun ve odak kümesinin geometrik ölçüleri Tablo 7'de, derinlik dağılımının ölçütleri Tablo A5'te, çalışma alanındaki adlandırılmış diri fay izleri Tablo A6'da verilmiştir.

OLAĞAN DIŞI ETKİNLİK SİNYALLERİ

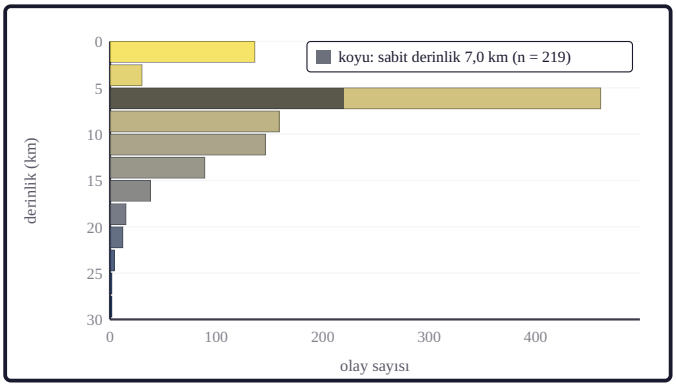
03.11.2026 tam koşusunda 1 sinyal ailesi sınandı; aile başına eşik p* yanlış keşif oranı denetimiyle (FDR, q = 0,05) kuruldu. Eşiği aşan aile yoktur. B-değeri düşüşü (100 olay): p = 0,31, p* = 0,001, etki −0,11, en küçük saptanabilir etki 0,40. Paket anına kadarki son 30 günde bu birim için sinyal kaydı yoktur. En küçük saptanabilir etki (MDE) katalog tamlığı ve taban sayımıyla belirlenir; MDE altındaki değişimler bu veriyle ayırt edilemez.

İZLEME UYARISI SEYRİ

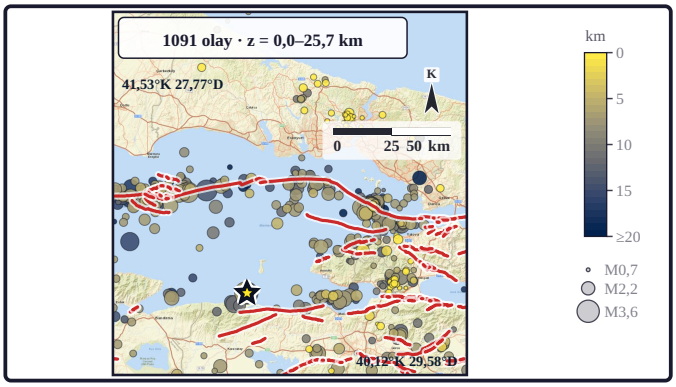
Paket anında birimde açık izleme uyarısı yoktur. İzleme uyarısı katalogdaki istatistiksel bir sapmayı bildirir; bir deprem tahmini değildir.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

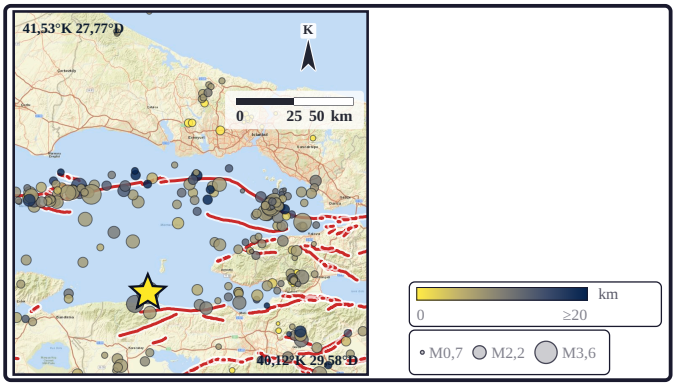
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



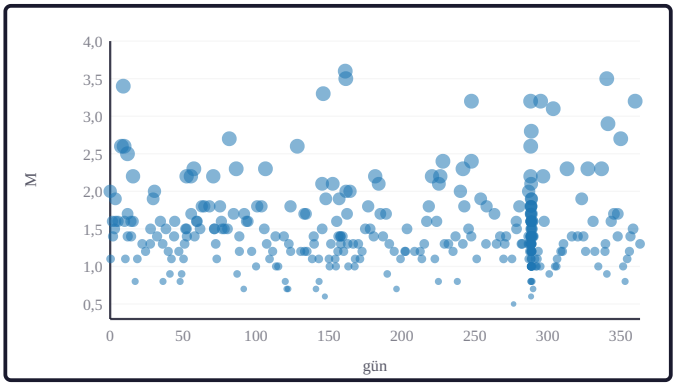
Şekil 5a. *Olayların %72'si ≤ 10 km derinliktedir. 6–8 km kutusundaki tepe (436 olay) büyük ölçüde 7,0 km sabit-derinlik atamasından (219 olay) kaynaklanır ve ölçülmüş bir dağılım tepesi değildir.*



Şekil 5b. *Derinlik-renkli 1091 episantr: olayların %72'si ≤ 10 km; ortanca 7,0 km (serbest 8,0 km). (cividis ters: sığ sarı → derin lacivert; gömülü histogram basılmadı — olayların >%5'ini örterdi).*



Şekil 5c. *1.091 episantr; en büyük olay M3,6. Bölge haritası — pencerenin en büyük olayı (yıldız). (faylar: MTA TDFH-2026 (Elmacı vd., 2026); mekanizmalar: inversiyon girdisi; katalog: AFAD·KOERI·ISC·EMSC).*



Şekil 5d. *1.091 olay; en büyük M3,6 (14.04.2026); Mc = 1,6 üstünde 409 olay. (1.091 olaydan 320 tanesi çizilmiştir; en büyük 10 olay seyreltmeden muaftır).*

Odakların yüzde 72 kadarı 10 km ve daha sığ kabukta, kalanı daha derinde yer almaktadır (789 sığ / 302 derin olay) (Şekil 5a). Histogram tepesi 6–8 km aralığındadır (436 olay). Kataloglarda sık görülen 5, 10 ve 33 km'lik yapay sabit-derinlik yığılmaları (çözüm derinliği kısıtlandığında atanan varsayılan değerler) çözümleme öncesinde denetlenmiştir: bu pencerede tam bu değerlere düşen 14 olay bulunmaktadır ve histogramdaki keskin tepeler bu kayıtlarla birlikte okunmalıdır. Ayrıca bu kataloğun kendi baskın yığını 7,0 km (219 olay, %20) değerindedir; bu değer ölçülmüş bir dağılım tepesi değil, ajans varsayılanı olarak okunmalıdır. Derinliğe göre renklendirilmiş episantr haritası, sığ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; kadrajdaki 1091 derinlikli olayın 789 tanesi 10 km ve daha sığ, 302 tanesi daha derindir (Şekil 5b). Ortanca derinlik 7,0 km'dir. Derinlik değerleri ajans çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır. Episantr dağılımı ve haritalı diri fay izleri birlikte okunduğunda etkinliğin bilinen yapılarla ilişkisi ilk elde değerlendirilebilir (Şekil 5c). 1091 olayın konumsal deseni, 137,6 km uzunluğunda bir kuşak oluşturmaktadır. Büyüklük–zaman serimi dizinin zaman içindeki gelişimini betimler: 1091 olay, ilk–son olay arası 364 gün, en büyüğü M3,6 (Şekil 5d). Ortalama büyüklük M1,48, ortanca M1,4'tür (tüm katalog). Bu pencerede desen karma/geçiş karakterlidir; tek bir sınıf etiketine zorlanmamıştır. Serim betimleyicidir; adlandırılmış bir yöntem kullanmaz ve bu nedenle ayrı bir atıf gerektirmez. Serimin düşey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M1,2 altında, dörtte biri M1,7 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 0,5 büyüklük birimidir; serimin bantlı görünümü bu dar açıklıktan doğar.

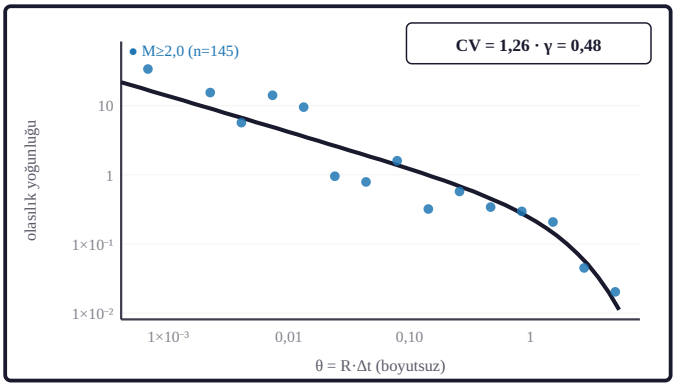
Serimdeki en küçük olaylar tamlık eşiğinin altında kalır; zaman içindeki seyrekleşmeleri gerçek bir sakinleşme değil ağ duyarlılığının anlık değişimi de olabilir, bu nedenle serim eşik üstü altkümeyle kurulan istatistiklerin yerine geçmez.

GİRİŞ VE ÇALIŞMA ALANI

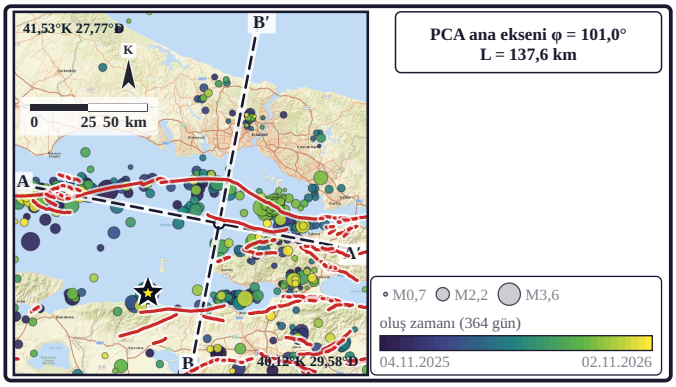
Bu çalışmada Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı olarak tanımlanan alanın (40,12–41,53°K, 27,77–29,58°D, yaklaşık 23.648 km²) sismik etkinliği, aletsel katalog dönemi içinde bölgesel istatistik yöntemleriyle incelenmektedir. Alan, haritalı diri fay veri tabanında 90 sürekli fay iziyle temsil edilmektedir (MTA TDFH-2026 (Elmacı vd., 2026)); sismisitenin bu yapılarla ilişkisi aşağıda uzaklık dağılımı sınamasıyla ele alınmaktadır. Çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolunun Marmara Denizi içinde sürdüğü kesimdedir; fay zonunun bu kolunun deniz tabanında tek ve sürekli bir sağ yanal sistem olduğu (Le Pichon vd., 2001; Şengör vd., 2005) ile segmentli bir çek-ayır sistemi oluşturduğu (Armijo vd., 2002) görüşleri tartışmalıdır. Denizin kuzey çukurlukları, fayın ilerleme süreciyle ilişkilendirilen asimetrik bir çek-ayır geometrisi sergiler (Armijo vd., 2002); kayma hızının segmentler arasında değiştiği ve deformasyonun bir bölümünün yayılı olduğu jeodezik-mekanik modellerle gösterilmiştir (Hergert ve Heidbach, 2010). İstanbul'un güneyindeki segmentte 1766'dan bu yana büyük kırılma kaydedilmemiştir; bu kesim literatürde sismik boşluk olarak tanımlanmakta ve kilitli bir yama içerdiği bildirilmektedir (Bohnhoff vd., 2013). Bölge için M ≥ 7 olasılığı olasılıksal tehlike çalışmalarında ayrıca değerlendirilmiştir (Parsons, 2004).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

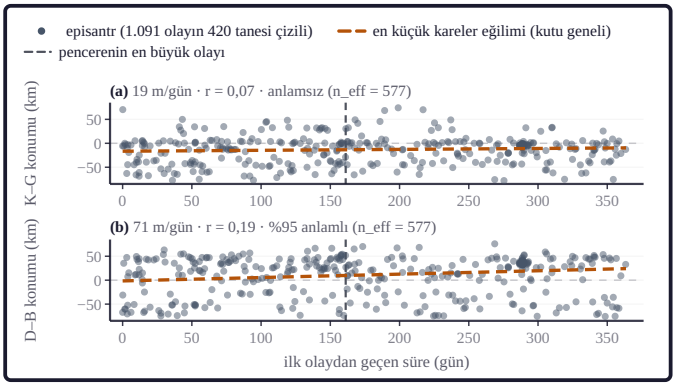
ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



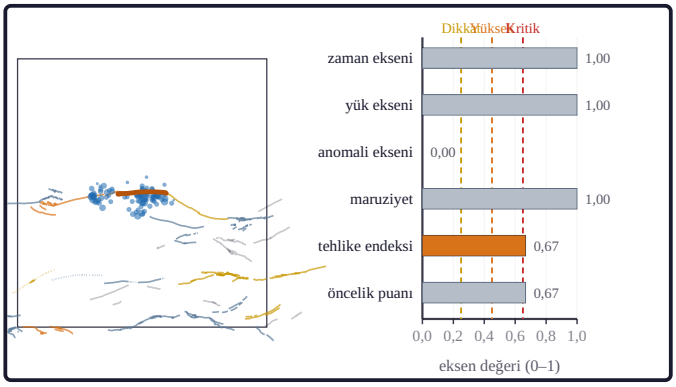
Şekil 6a. *Log-log eksenlerde yatayda ölçeklenmiş bekleme süresi θ = R·Δt, düşeyde olasılık yoğunluğu okunur. (Corral, 2004; gama fiti MLE — γ ölçülen değerdir (kutuda); kümelenmiş dizilerde γ < 1 beklenir).*



Şekil 6b. *Zamansal doluş haritasında dairelerin rengi olayın oluş zamanını koyu mordan sarıya, çapı büyüklüğünü kodlar. (ana eksen: kovaryans matrisinin baskın özvektörü (PCA); A–A′/B–B′: kesit izleri (şerit: tüm kutu)).*



Şekil 6c. *Episantr koordinatlarının zaman serisi iki şeritte verilmiştir: (a) kuzey–güney, (b) doğu–batı bileşeni. (Eğilim: en küçük kareler; anlamlılık: Fisher z, n_eff ile).*



Şekil 6d. *Solda Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı biriminin TDFH-2026 izi (kalın amber çizgi). (iz: MTA TDFH-2026; eksenler: YAPI ZEMİN - Seismo Lab Fay İzleme tam koşusu; depremler: birleşik katalog).*

Ölçekleme dönemin istatistiksel dokusunu tanımlar; bir sonraki olayın zamanı hakkında bilgi taşımaz (Şekil 6a ve 6d). Episantrlar oluş zamanına göre renklendirilerek etkinliğin kadraj içinde nasıl dolduğu gösterilmektedir (1.091 olay; ilk–son olay arası 364 gün) (Şekil 6b). İlk %20 ile son %20 zaman diliminin ağırlık merkezleri arasındaki yer değiştirme 18,4 km ölçülmüştür; bu sayı yalnız iki ağırlık merkezi arasındaki farktır, bir model oturtması değildir ve doğrusal/difüzif ayrımı bu panelde yapılmamıştır. Episantr koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 6c). Kuzey–güney ve doğu–batı bileşenleri kutu merkezine göre kilometre cinsinden aynı ölçekte verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Düşey kesikli çizgi pencerenin en büyük olayının anını işaretler. Sinyal aileleri ve eşikler Tablo 6'da, arka plan sismisitesi kestirimleri Tablo 8'de, raporlanmayan çözümlemeler ve eleme gerekçeleri Tablo A3'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede düşen kayıtlar ve tolerans duyarlılığı Tablo A4'te verilmiştir.

Bu bölgesel bağlam, çalışma kutusunun yaklaşık %78 kadarını kapsayan Marmara Denizi ve Kuzey Anadolu Fayı kuzey kolu kesimine ilişkindir; kutunun geri kalanı bu anlatının dışındadır. Alan adı denetimi: "Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı" adı, kutu içindeki katalog kayıtlarının yer adlarında geçmemektedir (31 kayıt tarandı); ad, kutunun tarif ettiği alanla birebir örtüşmeyebilir ve kutu koordinatları esas alınmalıdır. Haritalanmış diri fay verisi olarak MTA TDFH-2026 (Türkiye Diri Fay Haritası) katmanı kullanılmıştır (katman seçimi kapsama yoğunluğuna göredir: istenen kaynak (tdfh) bbox'ta veri taşıyor). Kutuya düşen ham çizgi parçaları sürekli izlere dikilmiştir.

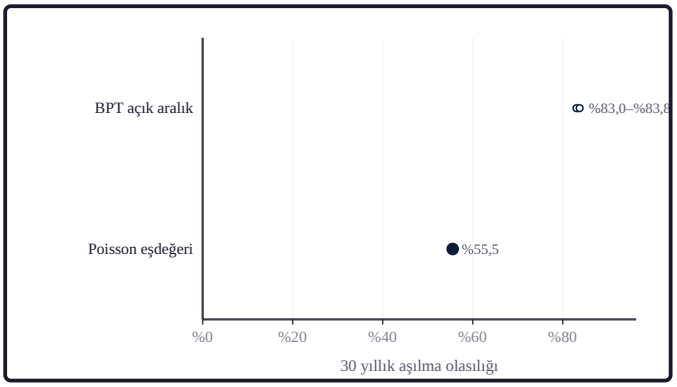
Fay envanterinin üç sayısı farklı şeyleri sayar: haritada 90 sürekli iz çizilmiştir; rapora iz uzunluğuna göre en uzun 8 iz taşınmış ve aynı zonun parçaları tek satırda toplandığından fay çizelgesi 3 ad altında listelenmiştir; kutuya düşen ham parça sayısı yukarıdaki seçim gerekçesinde verilmiştir. Bölgenin uzun dönemli deformasyonu 13 sürekli GNSS istasyonunun Avrasya-sabit (GSRM v2.1 kutbu) çerçevesindeki seküler hızlarıyla izlenebilmektedir; levha kinematiği çerçevesi için küresel gerinim ve levha hareketi modelleri kullanılmıştır. Tektonik çerçeve haritasında bölgenin en büyük 12 yayımlanmış odak mekanizması çözümü gösterilmektedir; gerilme rejimi ise çalışma kutusu çevresi mekanizma popülasyonundan (kutu ±60 km genişletilmiş; tarih filtresi yok; 1979–2025; n = 20) türetilmiştir. Tarihsel bağlamda, 150 km yarıçaplı tamponda 1900 sonrası 30 eşik-üstü kayıt bulunmaktadır; en büyüğü 1999 yılında Mw 7,6 (GCMT; katalog büyüklüğü M7,4). Çalışmanın amacı, bir tek olayın kaynak fiziğini çözmek değil, pencere içindeki sismisite popülasyonunun istatistiksel karakterini — kümelenme yapısı, büyüklük dağılımı, gerilme rejimi, derinlik yapısı, moment bütçesi ve tekrarlanma davranışı — katalog dürüstlüğü denetimleriyle birlikte betimlemektir.

VERİ VE YÖNTEM

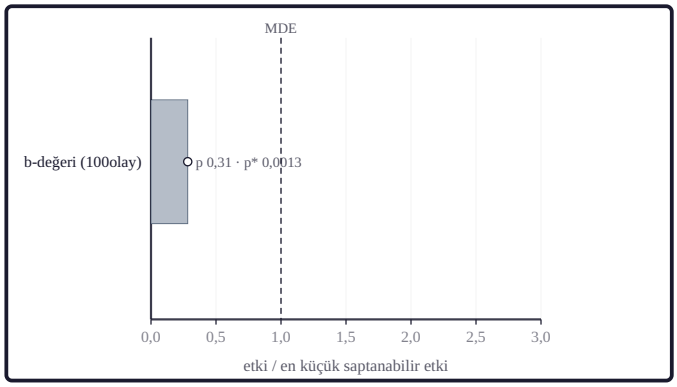
Katalog, birleşik çok-kaynaklı deprem arşivinden 2025-11-04 – 2026-11-03 penceresinde ve yukarıda tanımlı kutuda sorgulanmış; çalışma kataloğu 1.091 kayıttır (çapraz-kaynak kopyaları düşüldükten sonra). Kayıtların kurum dağılımı: AFAD 722, KOERI 277, ISC 89, EMSC 3. Büyüklük türü dağılımı: ML 1.041, belirtilmemiş 46, Mw 4. Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiş ve ajans çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

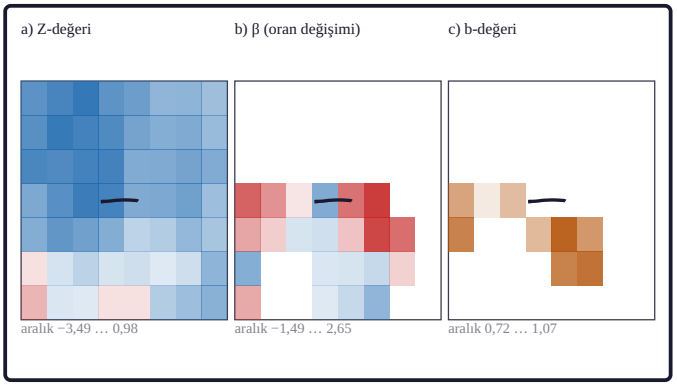
ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



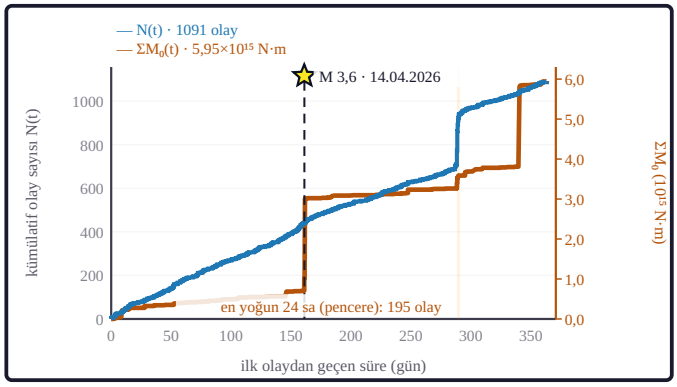
Şekil 7a. *Son kırılma bilinmediğinden olasılık açık aralıkla verilir. (BPT yenilenme modeli ve Poisson eşdeğeri; kayma hızı: kurum kaynağı (GEM GAF, EFSM20, GreDaSS)).*



Şekil 7b. *Çubuklar sınanan sinyal ailelerinde ölçülen etkinin en küçük saptanabilir etkiye (MDE) oranıdır. (p* aile başına yanlış keşif oranı denetimi (q = 0,05); YAPI ZEMİN - Seismo Lab Fay İzleme tam koşusu).*



Şekil 7c. *Panolar birim kutusundaki 0,25° hücrelerin Fay İzleme ızgaralarıdır. (ızgaralar: YAPI ZEMİN - Seismo Lab Fay İzleme tam koşusu (dekümeli tek kaynak–tek tür dizi); iz: MTA TDFH-2026).*



Şekil 7d. *Yatay eksende ilk olaydan geçen süre (gün), sol eksende mavi N(t) sayım eğrisi. (M_0: Hanks ve Kanamori (1979) ölçeği, 9,1 sabiti Kanamori (1977); sayım eğrisi çizilen katalog altkümesindendir).*

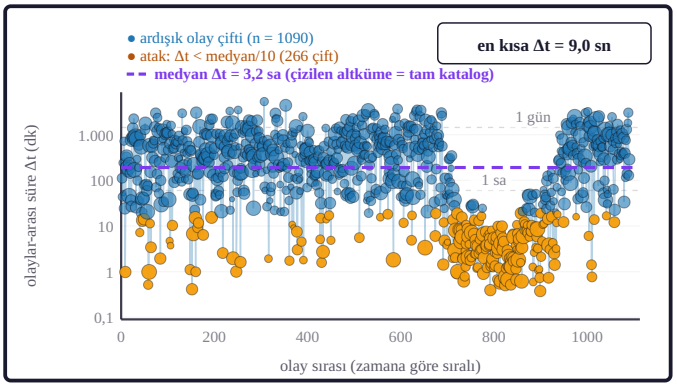
Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 7a–7d). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 3,0 olay/gün; eğrideki dikleşmeler bu ortalamanın belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Pencerede boşalan toplam sismik moment 5,95×10¹⁵ N·m'dir. Sayım ve moment eğrilerinin göreli biçimi dizinin karakterine dair betimleyici bir okumadır; bu pencerede sınıf etiketi kurulmamıştır. Eğriler 800 noktalı kümülatif seriden çizilmiştir.

Şekillerdeki harita kadrajları eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan 40,82°K'dır ve piksel/km iki eksende eşit tutulmuştur — tek ölçek çubuğunun geçerliliği bu koşula bağlıdır. Boylam ölçeğinin sapması kutunun kuzey kenarında −%1,1, güney kenarında %1,1'dir. Altlık karoları Web Mercator karolarından üretilip aynı dikdörtgene indirgenmiştir; altlık ölçülen bir nicelik taşımaz, yalnız coğrafi bağlam verir. Odak mekanizması ve moment-tensör çözümleri Global CMT (GCMT) kataloğundan alınmıştır (Ekström vd., 2012). Konum kalitesi alanları (varış artığı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, ERH/ERZ, en yakın istasyon uzaklığı) birleşik katalogda taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanamamıştır. Çözüm kalitesinin tek görünür izi sabit-derinlik atamasıdır (5/7/10/33 km toplamı: kayıtların %21'i, 233/1091); derinlik istatistiklerinin bu kayıtlar dışlanmış hâliyle de verilmesinin nedeni budur. Küme geometrisi, faya-uzaklık sınaması ve derinlik histogramı bu sınırla okunmalıdır. Katalog kayıtlarının %8'i ISC kaynağından gelmektedir. ISC gözden geçirilmiş bülteni gerçek zamanın yaklaşık 24 ay gerisinden yayımlanmaktadır (isc.ac.uk/iscbulletin); buna göre 02.11.2024 tarihinden sonrasında bu kaynağın katkısı gözden geçirilmemiş ajans bildirimlerinden oluşmaktadır.

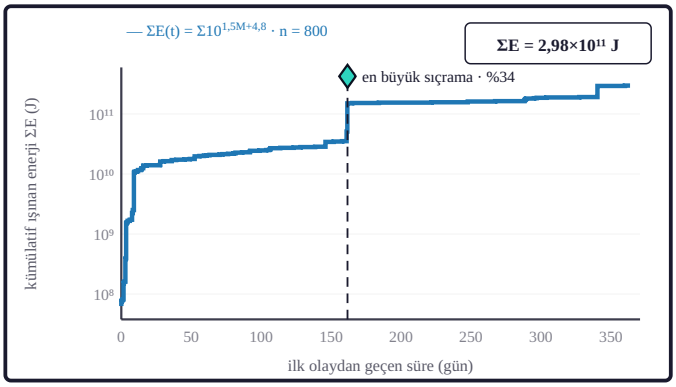
Pencerenin son 364 günlük bölümü bu nedenle önceki dönemle aynı tamlıkta değildir; bu bölüme ait olay oranları ve tamlık büyüklüğü alt sınır olarak okunmalıdır. Katalog sorgusu 03.11.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir. Çapraz-kaynak kopyaları (1) $\Delta t \le 20$ s ∧ Δkonum ≤ 70 km ∧ $\Delta M \le 0{,}5$ ya da (2) $\Delta t \le 5$ s ∧ Δkonum ≤ 60 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 44 kayıt düşürülmüştür; çakışan kayıtlarda temsilci, ajans önceliği (yurt içinde ulusal ağ önce), moment büyüklüğü tercihi ve büyük magnitüd sırasıyla seçilmiştir. Tüm istatistikler tekilleşmiş katalog üzerinde hesaplanmıştır. Katalogdaki 1.091 kaydın 4 tanesi zaten moment büyüklüğü ölçeğindedir (Mw/mw etiketlileriyle birlikte moment sınıfı sayılan genel M/m etiketleri dahil); geri kalanların 2 tanesi Kadirioğlu ve Kartal (2016) ampirik denklemleriyle Mw eşdeğerine çevrilmiştir (MS için ortogonal regresyon, mb/Md/ML için sıradan en küçük kareler — yöntemin kendi ayrımı korunmuştur; kaynak: Kadirioğlu ve Kartal, 2016). Geriye kalanların 1.039'u denklemlerin yayımlanmış geçerlilik aralığı dışında kaldığı, 46 tanesi büyüklük türü etiketi taşımadığı için dönüştürülmemiştir; bu kayıtlarda ham büyüklük kullanılmış ve dışdeğerleme yapılmamıştır. Moment ve enerji toplamları Mw eşdeğerleri üzerinden hesaplanmıştır. Pencerenin en büyük olayı için benimsenen büyüklük ölçek önceliğiyle seçilmiştir (moment tensörü > hızlı Mwp > yüzey dalgası > cisim/yerel): katalog değeri M3,9 yerine moment tensörü sınıfından M3,6 kullanılmış ve moment/enerji, kaynak ölçeklemesi ile tarihsel kıyas bu değerden hesaplanmıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

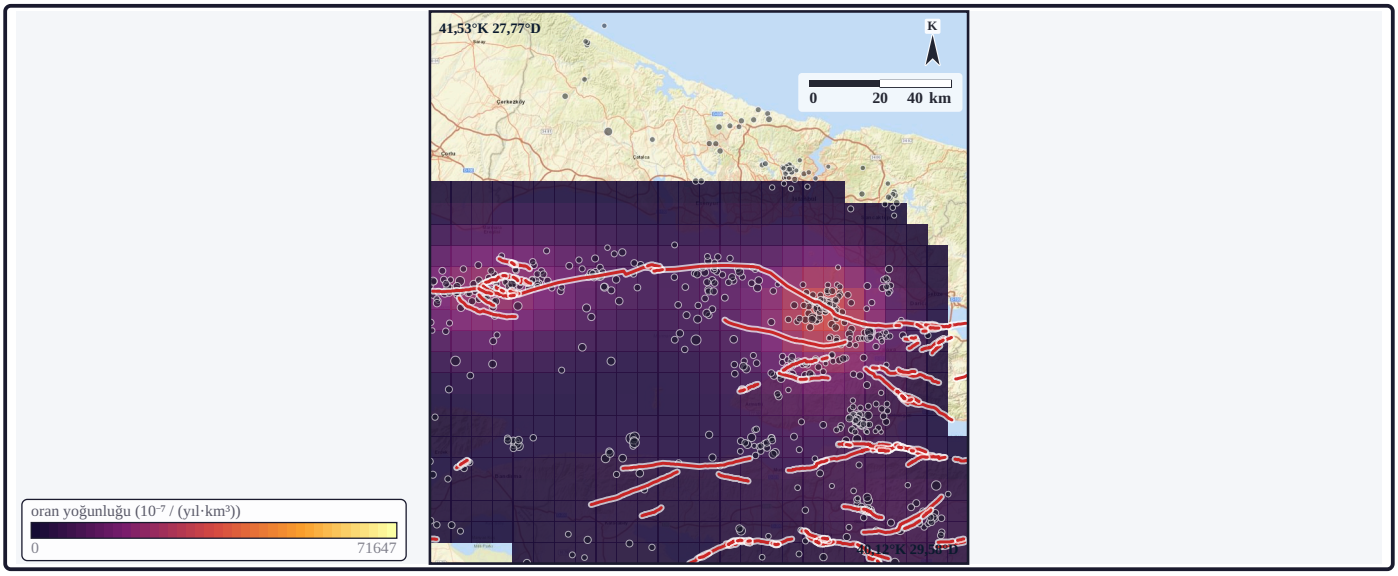
ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 8a. *Yatay eksen olay sırası, düşey eksen bir önceki olaydan geçen süredir (dakika, log); mavi daireler ardışık olay çiftidir. (seri, Veri ve Yöntem'de tanımlanan tekilleşmiş katalogdan çizilmiştir).*



Şekil 8b. *Kümülatif ışınan sismik enerji basamağında yatay eksen ilk olaydan geçen süreyi (gün), logaritmik düşey eksen ΣE toplamını verir. (Gutenberg ve Richter, 1956 enerji bağıntısı).*



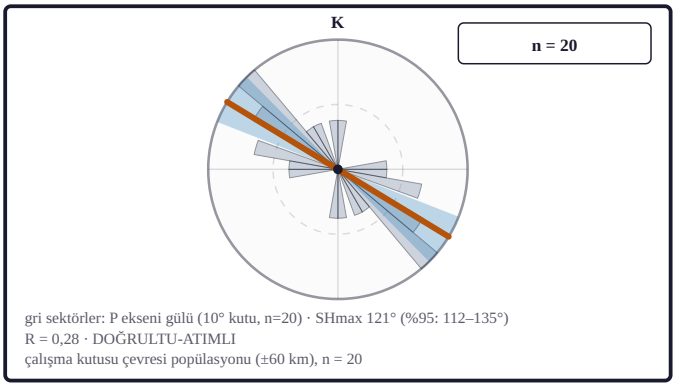
Şekil 8c. *Renk ölçeği, 3B Gauss çekirdeğiyle düzleştirilmiş derinlik-ortalamalı oran yoğunluğunu verir. (3B Gauss çekirdekli düzleştirilmiş sismisite (Frankel, 1995; Woo, 1996 geleneğinin derinliğe genişletilmişi); oran birimi lejantta).*

Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 8a). Ortanca bekleme süresi 3,2 saat düzeyindedir (tam katalog); bu değerin onda birinden kısa 266 aralık ölçülmüştür; bu sayı Poisson (üstel bekleme) beklentisinin (73,0) üstündedir (binom $P(X \geq 266) < 0{,}001$) ve tetiklenmiş etkinlikle uyumludur. Kümülatif ışınan enerji basamakları, toplam boşalımın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 8b). Pencerede ışınan toplam enerji 2,98×10¹¹ J'dir. En büyük olay (M3,6) tek başına bu toplamın %5'ini üretmektedir. Enerji büyüklükle üstel ölçeklenir ($\log_{10}E = 1{,}5 \cdot M + 4{,}8$; bir birim ≈ 32 kat), bu yüzden basamak yükseklikleri küçük büyüklük farklarını abartılı gösterebilir ve grafik logaritmik eksende okunmalıdır. Üç boyutlu oran yoğunluğu alanı, $M \geq 1{,}6$ olaylarıyla sismisiteyi hem haritada hem derinlikte düzleştirerek etkinliğin hacimsel dağılımını verir; pencere (364,4 gün) bir yıldan kısa olduğundan yoğunluk yıllık oran olarak basılmamıştır (Şekil 8c). Düzleştirme çekirdeği komşuluk ölçeğini belirler: dar çekirdek tekil kümeleri, geniş çekirdek bölgesel eğilimi öne çıkarır. Alan geçmiş katalogun yumuşatılmış hâlidir; bir tehlike modeli değildir ve gelecekteki oranı bildirmez.

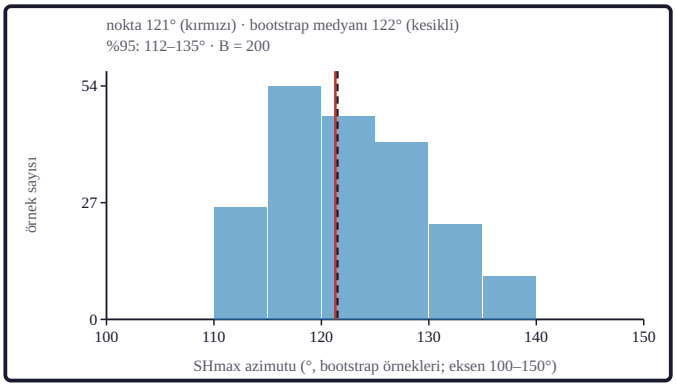
Tamlık büyüklüğü maksimum eğrilik yöntemiyle (Wiemer ve Wyss, 2000; +0,2 düzeltmesi Woessner ve Wiemer, 2005) $M_c \approx 1{,}6$ kestirilmiş; b-değeri Aki–Utsu maksimum olabilirlik kestirimidir ve eşik, 0,1 birimlik büyüklük kutuları için $M_c - \Delta M/2$ düzeltmesiyle alınmıştır (Utsu, 1966); belirsizliği için Aki (1965) $b/\sqrt{N}$ kestirimi, Shi ve Bolt (1982) varyansı ve Mc ile b'nin birlikte yeniden kestirildiği bootstrap yayılımı birlikte hesaplanıp en büyüğü raporlanmıştır (bu örneklemde bootstrap) ve büyüklük–frekans ile kümelenme istatistikleri bu eşiğin üstündeki olaylarla kurulmuştur (M_c üstü N = 409) — eşik altı örneklem ağ duyarlılığıyla değişeceği için istatistiği yanlı hâle getirir. Kümelenme ayrıştırması en-yakın-komşu ölçüsüyle yapılmıştır (Zaliapin ve Ben-Zion, 2013a; b = 1, fraktal boyut d = 1,6; eşik $\log_{10}\eta = -4{,}05$ — iki-mod GMM kesişimi). Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür ($\mu = 0{,}6$, 5 yinelemede tavana ulaşılmış, düzlem seçimi kararlı değildir, 200 yeniden-örneklemeli bootstrap ile %2,5–%97,5 güven aralığı); SHmax doğrultusu Lund ve Townend (2007) türetimiyle, rejim sınıfı Anderson (1951) çerçevesi ve Dünya Gerilme Haritası kuralıyla (Zoback, 1992) verilmiştir. Faya-uzaklık sınamasının boş modeli, katalog sorgusunun kutusunda alan-homojen (enlemde sin-düzgün) 1.091 rastgele noktadan deterministik doğrusal eşleşik üreteci ile kurulmuş; kıyas Kolmogorov–Smirnov istatistiğiyle yapılmıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

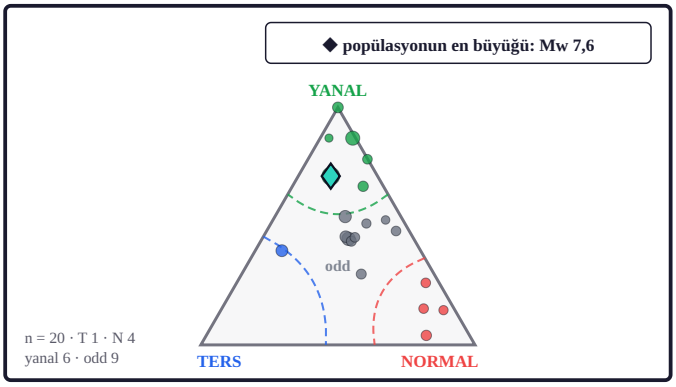
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



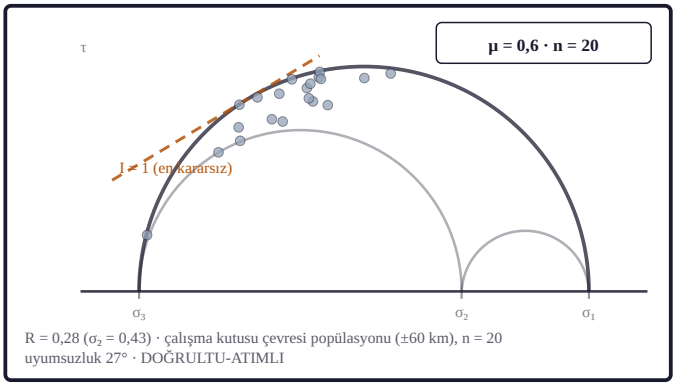
Şekil 9a. *SHmax = 121° (%95 bootstrap aralığı 112–135°), doğrultu-atımlı rejim (n = 20, ortalama uyumsuzluk 27°). (Lund ve Townend, 2007 (SHmax); rejim: WSM kuralı).*



Şekil 9b. *Gerilme inversiyonunun bootstrap yeniden-örneklemelerinde SHmax azimutunun dağılımı (5° kutular). (Michael, 1984 / Vavryčuk 2014 inversiyonu; bootstrap: mekanizma yeniden-örneklemesi).*



Şekil 9c. *20 mekanizmanın %30'u doğrultu-atımlı (6/20; %95 Wilson aralığı %12–%57, GK pencereleriyle 13 bağımsız küme). (Frohlich, 1992 gnomonik üçgeni; Frohlich ve Apperson, 1992 eşikleri; GCMT moment tensör kataloğu).*



Şekil 9d. *Yatay eksen normalize normal gerilme σ_n, düşey eksen kayma gerilmesi τ'dur; bölge kipinde tek bir olay düzlemi yoktur, daireler popülasyonun gerilme durumudur. (Vavryčuk, 2014; kararsızlık ölçütü ve μ künyede).*

Bootstrap yelpazesi ≈24° geniş: yön kestirimi gevşek — mekanizma çeşitliliği ya da az sayıda bağımsız olay; harita barbı yelpazesiyle birlikte okunmalı (Şekil 9a ve 9b). SHmax gerilme yönüdür, büyüklüğü değildir; fay aktivitesi sıralaması ya da tehlike düzeyi bildirmez. 20 mekanizma Frohlich (1992) gnomonik üçgenine yerleştirildi ve Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle sınıflandı: %30 yanal · %20 normal · %5 ters · %45 eğik/karma (odd) (Şekil 9c). P/T gülleri eksenel azimut dağılımıdır (antipod dahil, simetrik); P gülünün dar demeti bölgesel kısalma yönünü, T gülü uzama yönünü verir. Tip sayımı olay büyüklüğünden bağımsızdır. 20 mekanizmayla iteratif gerilme inversiyonu (μ=0,6, 5 tur, bootstrap B=200; popülasyon: çalışma kutusu çevresi mekanizmalar, kutu ±60 km genişletilmiş — değerler pencere olaylarının kendisine değil bu popülasyona aittir): popülasyon: çalışma kutusu (n = 20); σ1 → 121°/6°, SHmax=121° (%95 GA 112–135°); Anderson sınıfı: doğrultu-atımlı rejim (σ2 düşey — yanal kayma) (Şekil 9d).

Boş modelin kutusu katalog sorgusunun kutusudur (156,6 × 167,4 km, yaklaşık 26.221 km²): kıyı çizgisi poligonuyla deniz-içi bir kırpma uygulanmamıştır, dolayısıyla kutu kara ve deniz alanlarını birlikte kapsar ve rastgele noktalar da her ikisine düşebilir. Kara üzerindeki noktaların fay izlerine uzaklık dağılımı denizdekinden farklı olduğundan, sınamanın boş dağılımı bu karışımı taşır; sonuç bu sınırla okunmalıdır. Pencerenin bütününün dizi karakteri şu operasyonel ölçütle sınıflanmıştır: en büyük olayın toplam sismik momentteki payı ≥%50 ise ana şok–artçı; payı <%50 iken Zaliapin kümelenmiş bağ oranı >%50 ise sürü (swarm); ikisi de sağlanmazsa karma olarak raporlanır.

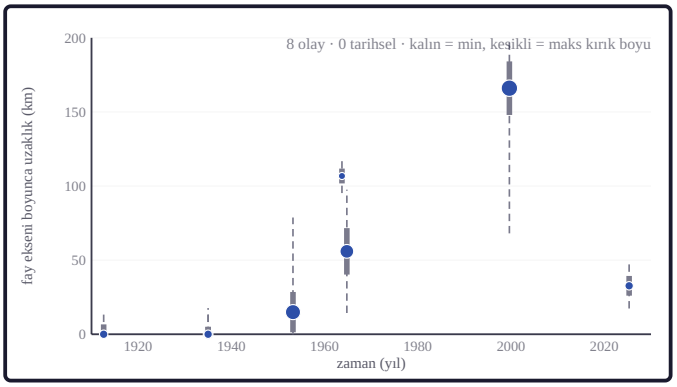
Ana şok–artçı sınıflaması ayrıca bir zaman koşuluna bağlıdır: pencere kayıtlarının en az %25'i en büyük olaydan sonra gerçekleşmiş olmalıdır; aksi hâlde katalog ağırlıklı biçimde olay öncesini örneklediğinden karma olarak raporlanır. Arka plan dönemi olarak pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (2020-11-04 – 2025-11-03) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (4.253 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır. Çalışma alanı 151,8 × 155,8 km (~23.648 km²) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = 111,32·cos φ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri 40,118°K–41,526°K ve 27,774°D–29,576°D koordinatlarındadır. Çözümlemelerin rapora girişi elle değil, önceden tanımlı veri/ölçek/istatistiksel güç ölçütleriyle belirlenmiştir; ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayanlar gerekçeleriyle birlikte aşağıda listelenmiştir.

KÜMELENME TEŞHİSİ — BÖLGEDE NE OLUYOR?

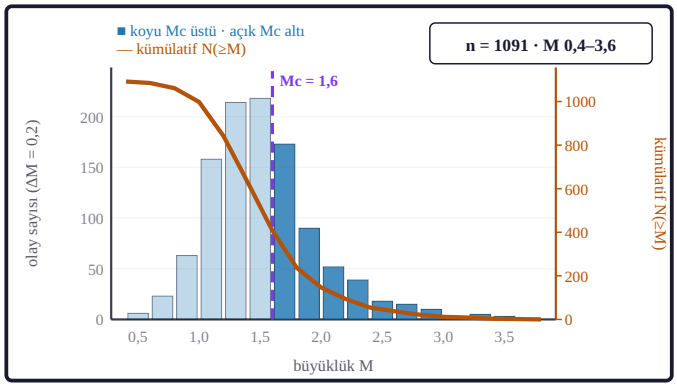
Kümelenme teşhisi tek yönteme değil dört bağımsız ölçünün uzlaşısına dayandırılmıştır: Zaliapin kümelenmiş bağ oranı %41 · Gardner–Knopoff artçı payı %45 · olaylar-arası süre CV 1,26 · Corral γ 0,48. Ölçüler tam uzlaşmamaktadır: dönem tek etiketle özetlenememektedir ve bu ayrışma bir bulgu olarak raporlanmıştır; kümelenmeye duyarlı çıkarımlar en tutucu ölçüye göre okunmalıdır. Zaliapin sınıflamasının sayısal dökümü: 409 bağın %41 kadarı kümelenmiş sayılmış; ≥2 üyeli 43 küme oluşmuş ve en büyüğü 89 olay içermektedir (eşik $\log_{10}\eta = -4{,}05$, yöntem: iki bileşenli Gauss karışım modelinin (GMM) kesişimi). İki dağılımın ayrışma derecesi Ashman vd. (1994) D ölçütüyle betimlenmiştir: D = 3,3 (> 2) ile iki bileşen bu ölçüte göre ayrışmaktadır; bu bir anlamlılık sınaması değildir. Olaylar-arası süre istatistiği bağımsız doğrulamadır: CV=1,26 >1, kümelenmiş süreç (Corral, 2004).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

TEKRARLANMA VE TEHLİKE BAĞLAMI · BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI (DEVAM)



Şekil 10a. *Yatay eksen zamandır, düşey eksen fay ekseni boyunca uzaklıktır ve çubuk kırılan bölümü gösterir. (Kırık uzunluğu: Wells ve Coppersmith (1994) ölçekleme bağıntıları (mekanizmaya duyarlı)).*



Şekil 10b. *Tamlık büyüklüğü Mc = 1,6 (maksimum eğrilik + 0,2 düzeltme); uyum-iyiliği kestirimi Mc = 1,6 (R = %89); en büyük M3,6. Büyüklük dağılımı. (Mc: maksimum eğrilik + 0,2 düzeltmesi (Woessner ve Wiemer, 2005)).*

Kırık uzunluğunun 0 olayda yayımlanmış ölçümden, 8 olayda ölçekleme bağıntısından kestirildiği figürde ayrı çizgi türleriyle ayrılmıştır; ikisinin belirsizliği aynı değildir (Şekil 10a). Eksen tek bir haritalanmış fay izi değil, zonun orta eksenidir (Fay zonunun orta ekseni (asal eğri; Hastie & Stuetzle 1989)); bir fay zonu yüzlerce ayrı iz parçasından oluştuğu için yalnız en uzun parçayı almak zonun geometrisini yanlış temsil ederdi. Diyagramda boş kalan bölümler yalnız "bu pencerede kırılmamış görünen" kesimlerdir; kırık uzunluğu kestirimlerinin belirsizliği doğrudan çubuk uzunluklarına taşınır ve tarihsel olayların büyüklüğü çoğu kez şiddet gözlemlerinden dönüştürülmüştür. Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sınar (Şekil 10b). Mc altındaki düşüş fiziksel bir eksiklik değil, ağ duyarlılığının sınırıdır: küçük olaylar meydana gelmiş ancak yeterli istasyonda kaydedilemedikleri için katalogda yer almamıştır. Tüm büyüklük-frekans istatistikleri yalnız Mc üstü örneklemle kurulmuştur; eşik altı veriyi katmak b değerini sistematik olarak düşürürdü. Fay ekseni boyunca eşik-üstü olaylar Tablo 3'te verilmiştir.

GUTENBERG–RICHTER DAVRANIŞI VE UZAMSAL B

Bölgesel katalogdan (Mc≈1,6) maksimum olabilirlikle b=1,10 ± 0,06 hesaplanmıştır; a = 4,37, yıl ve km² başına normalize edildiğinde a′ = −0,00. Değer, belirsizliğiyle birlikte okunduğunda b = 1 küresel referansından istatistiksel olarak ayırt edilemez ($|b-1|/\sigma_b = 1,7 < 2$; σ_b = 0,06); bu nedenle büyüklük dağılımı üzerinden gerilme birikimi ya da olay-payı çıkarımı yapılmamıştır. Mc ve b, büyüklük örnekleminin 1000 bootstrap yeniden-örneklemesinde birlikte yeniden kestirilmiştir: Mc'nin %16–84 aralığı 1,5–1,6, b'nin bootstrap yayılımı σ_b = 0,06 (%16–84: 1,03–1,15); raporlanan σ_b üç kestirimin (Aki, 1965; Shi ve Bolt, 1982; bootstrap) büyüğüdür, böylece Mc belirsizliği b'ye taşınır. Tamlık, en yoğun 24 saat (2026-08-19 13:08 UTC; n = 195) ve pencerenin geri kalanı (n = 896) için ayrı ayrı kestirilmiştir: Mc = 1,4 ↔ 1,6 (uyum-iyiliği 1,4 / 1,6), patlama alt-örnekleminde b = 1,03 ± 0,09 (N = 118), geri kalanında b = 1,10 ± 0,06 (N = 332). Daha düşük eşik patlama alt-örneklemindedir (küçük olay bolluğu); pencere Mc'si iki alt-örneklemin karışımıdır ve pencere b'si patlama alt-örneklemince yönetilmektedir. Patlama alt-örnekleminin b-değerinin tamlık eşiği seçimine duyarlılığı, b'nin eşik boyunca taranmasıyla sınanmıştır (her eşikte Aki–Utsu maksimum olabilirlik ve Shi ve Bolt belirsizliği; yalnız N ≥ 40 örneklemler). Eşik 1,0'dan 1,8'e çıkarıldığında b, 0,73 değerinden 1,02 değerine yükselmektedir (eğim 0,38 birim^{-1}; uçlar arası birleşik belirsizlik 0,14; N = 187 → 45); raporda kullanılan eşikte (Mc = 1,4) değer b = 1,03'tür.

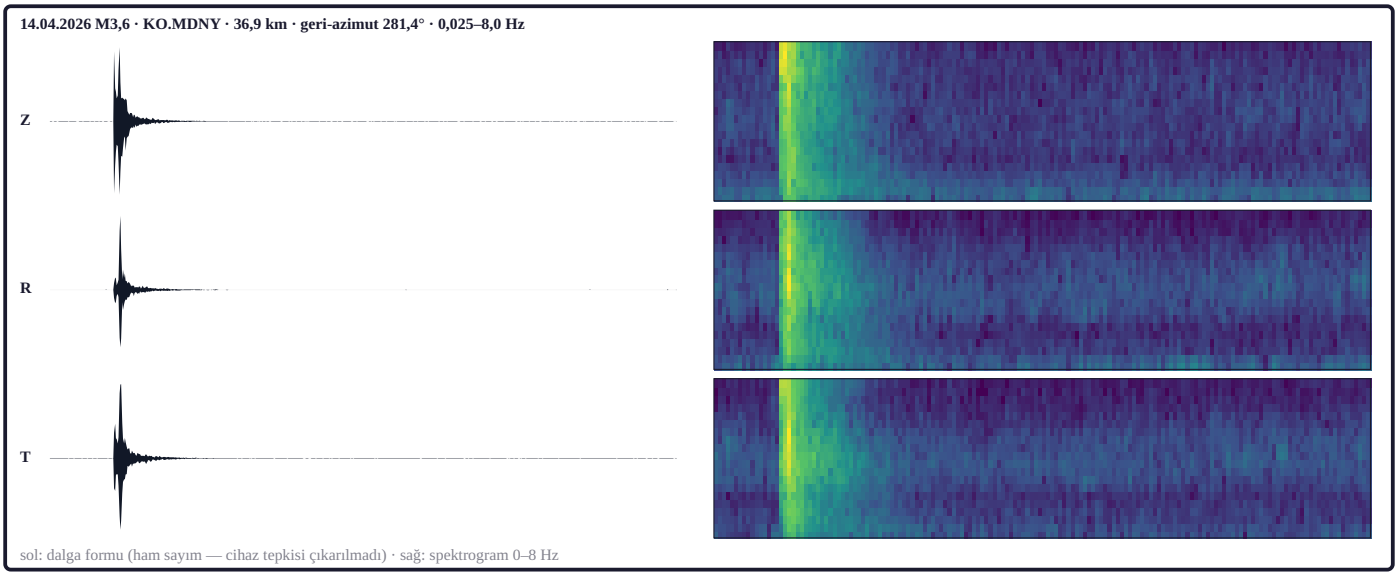
Kestirim eşik boyunca kararlı hâle gelmediğinden düşük eşiklerdeki b değerleri en azından kısmen tamlık eksikliğinin ürünüdür; raporda kullanılan eşikteki değer bu çekinceyle okunmalıdır. Oran-bağımlı geçici tamlık kaybına dayanıklı b-positive kestiricisi (van der Elst, 2021) zaman sırasındaki ardışık büyüklük farklarının Δm ≥ 0,2 olanlarına Aki–Utsu biçimiyle uygulanmıştır ($\sigma = b^{+}/\sqrt{N}$; N pozitif fark sayısı, büyüklük aralığı 0,1 için yarım aralık düzeltmesiyle). Pencerenin tamamında (1091 olay; N = 424) b^{+} = 1,03 ± 0,05 bulunmuştur. Bu değer Mc üstü Aki–Utsu kestiriminden (b = 1,10 ± 0,06) 0,07 küçüktür; fark birleşik belirsizliğin iki katının (0,16) altında kaldığından iki kestirim istatistiksel olarak ayrışmaz. Patlama alt-örnekleminde (195 olay; N = 77) b^{+} = 1,02 ± 0,12. Bu değer aynı alt-örneklemin Mc = 1,4 eşiğindeki Aki–Utsu kestiriminden (b = 1,03 ± 0,09) 0,01 küçüktür; fark birleşik belirsizliğin iki katının (0,30) altında kaldığından iki kestirim istatistiksel olarak ayrışmaz. Uzamsal b-haritası (Wiemer ve Wyss, 1997) hücre değerlerini 0,60–2,43 bandında vermekte; 24 hücrede b<0,7 ölçülmektedir — bu hücreler Wiemer ve Wyss (1997) çalışma çerçevesinde asperite/kilitli-zon adayı olarak yorumlanır; hücre başına σ_b raporlanamadığından bu bir aday etiketidir ve kırılma yeri/zamanı öngörüsü değildir.

GERİLME REJİMİ

Gerilme alanı, çalışma kutusu çevresi mekanizma popülasyonundan türetilmiştir (kutu ±60 km genişletilmiş; tarih filtresi yok; 1979–2025; n = 20; Michael, 1984; Lund ve Townend, 2007): maksimum yatay sıkışma SHmax=121° (%95 GA 112–135°), Anderson (1951) rejimi doğrultu-atımlı (yanal kayma), şekil oranı R=0,28 (%95 GA 0,07–0,59). Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, çalışma kutusu çevresi mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Ortalama uyumsuzluk (çalışma kutusu çevresi popülasyonu, n = 20: 27,3°), tek düzgün bir gerilme tensörünün yeterli sayıldığı 25° düzeyinin üstündedir; yön raporlanmakla birlikte tam homojen olmayan bir popülasyonun ortalaması olarak okunmalıdır. Mekanizmalar Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle (B dalımı > 60° doğrultu-atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; geri kalanı odd, yani eğik/karma) sınıflanmış ve Frohlich (1992) üçgeninde gösterilmiştir: 6 doğrultu-atımlı, 4 normal, 1 ters ve 9 eğik/karma (odd) çözüm. Popülasyonun %30'u (6/20; %95 Wilson (1927) aralığı %12–%57; Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 13 bağımsız küme, aralık n = 13 ile) doğrultu-atımlı sınıfındadır; oranın %95 aralığı sözel sınıf eşiğini (%45) kesmektedir. Bu örneklemde baskın mekanizma tipi kısıtlanamamış ve kinematik niteleme yapılmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

YER HAREKETİ VE ETKİ



Şekil 11. *Solda üç bileşenin zaman serisi, sağda düşey ekseni frekans olan Fourier spektrogramı verilir. Panel istasyon kaydı ve spektrogramıdır. (Dalga formu: FDSN dataselect · süzgeç: Butterworth bant geçiren, sıfır-fazlı · spektrogram: Hann pencereli STFT).*

Kayıt KO.MDNY istasyonundan alınmıştır: kaynağa uzaklık 36,9 km, geri-azimut 281,4°, örnekleme 100 Hz, pencere uzunluğu 661 sn (Şekil 11). Yatay bileşenler geri-azimuta göre ışınsal (R) ve teğetsel (T) eksenlere döndürülmüştür; bu ayrım S dalgası enerjisinin teğetsel bileşende baskın olması gibi beklenen davranışların sınanmasını sağlar. Süzgeç 0,025–8,0 Hz bandında sıfır fazlı (ileri–geri) uygulanmıştır; bu süzgeç faz kaydırmaz, ancak ani başlangıçların önüne nedensel olmayan salınım bindirebilir. Spektrogramlar Hann pencereli kısa-zamanlı Fourier dönüşümüyle (2,56 sn pencere) hesaplanmış, renk tepeye göre dB olarak verilmiştir; enerjinin zamanla hangi frekans bandında toplandığı, kaynağın tektonik bir kırılma mı, uzun süreli ve yüksek frekansça fakir bir süreç mi (heyelan, çığ) yoksa ani başlangıçlı ve yüksek frekansça zengin bir patlama mı olduğunu ayırt etmede ilk göstergedir. Uyarı: cihaz tepkisi çıkarılmamıştır — genlikler ham sayımdır, yer değiştirme birimine çevrilmemiştir ve iki farklı istasyonun genliği doğrudan kıyaslanamaz; dalga biçimi, varış sırası ve frekans içeriği bu kısıttan etkilenmez. Kullanılan sismogram künyesi Tablo 4'te verilmiştir.

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. Eşiksiz baskın (en dik) eksen sınıfına göre sayım ise 14 doğrultu-atımlı, 5 normal ve 1 ters çözümdür; bu sınıflama eşik kullanmadığından odd çözümleri de en dik eksenlerine göre üç sınıftan birine atar.

JEODEZİK HIZ ALANI VE BLOK KİNEMATİĞİ

Bölgenin güncel deformasyonu 13 sürekli GNSS istasyonunun seküler hızlarıyla betimlenmiştir (referans çerçeve Avrasya-sabit (GSRM v2.1 kutbu) — Kreemer vd., 2014); hızlar MIDAS güçlü-dayanıklı kestirimiyle üretilmiş uzun dönemli değerlerdir ve tekil depremlerin koseismik yer değiştirmesini içermez. Yatay hız büyüklüğü en çok 21,4 mm/yıl, ortalaması 7,1 mm/yıl ölçülmüştür. Hız vektörleri k-ortalamalar yöntemiyle (MacQueen, 1967; Lloyd, 1982) 2 kümeye ayrılmıştır (küme sayısı siluet ölçütüyle (Rousseeuw, 1987) seçilmiştir): K1 · n=10 · 1,3 mm/yıl · 307°; K2 · n=3 · 20,0 mm/yıl · 258°.

Bölgesel GNSS hız alanlarının hız uzayında kümelenerek çözümlenmesi Simpson vd. (2012) yaklaşımını izler; kümeler kinematik gruplamalardır, blok sınırı ya da fay tanımı değildir. Aday 15 istasyondan 2 tanesi süre/belirsizlik ölçütlerini sağlamadığı için dışarıda bırakılmıştır.

FAY BOYUNCA TEKRARLANMA DESENİ

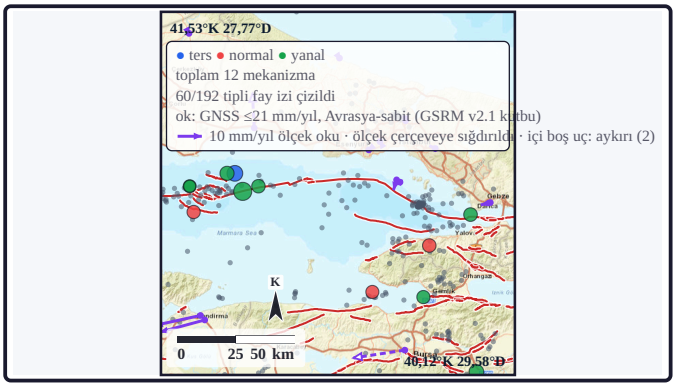
Ana fay ekseni (Kuzey Anadolu Fay Zonu) boyunca eşik-üstü olayların zaman–konum dağılımı incelenmiştir: 166 km uzunluğundaki eksende 8 olay, 1912–2025 dönemini kapsamaktadır (ölçüt: M ≥ 6,0; eleme, aynı adlı en yakın haritalanmış fay izine uzaklıkla yapılır: ≤ 40 km). Eleme ölçütü olayın aynı adlı en yakın haritalanmış fay izine uzaklığına uygulanır (ortanca iz uzaklığı 28,7 km); kestirilen tek eksene dik uzaklık yalnız diyagram geometrisidir ve zon genişliği nedeniyle ölçüt eşiğini aşabilir (ortanca 46,2 km, en büyüğü 78,4 km). Ölçütü sağlamayan 1 olay diyagramdan çıkarılmıştır. Birleşik katalogda 1900 öncesine ait kayıt bulunmamaktadır; belgesel/tarihsel depremler (ör. 1509, 1668, 1766) bu diyagrama girmez. Diyagram, kırılmaların eksen üzerinde nasıl dizildiğini betimler; boşluk görünen kesimler katalog tamlığıyla birlikte okunmalıdır ve bir sıradaki kırılmanın yerini göstermez.

SİSMOJENİK DERİNLİK VE YAPISAL KONTROL

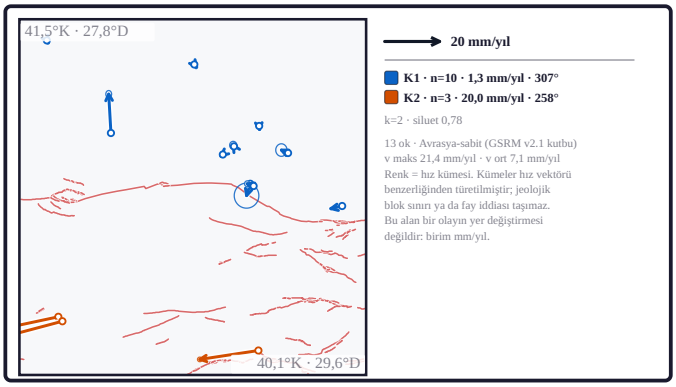
D90 sismojenik taban haritası (Nazareth ve Hauksson, 2004) 2,9–19,7 km aralığında olup medyan ~13,4 km'dir; bu derinlik, olası kırılma genişliğinin (W) fiziksel sınırı olarak maksimum büyüklük potansiyeli tartışmalarına girer — bir Mmax tahmini değildir. Faya-uzaklık KS testi (Powers ve Jordan, 2010): D=0,45, p < 0,001 — gözlenen faya-uzaklık dağılımı alan-homojen boş modelden ayrışmaktadır ve gözlenen olaylar boş modelin verdiği uzaklıklardan fay izlerine daha yakındır. Bu, sismisitenin uzamsal olarak kümelendiğini gösterir; kümenin haritalı faylara yakınlığı uzamsal bir gözlemdir, nedensel bir atıf değildir. Sınamanın p değeri olayları bağımsız sayar; katalog kümelenmiş olduğundan etkin bağımsız örneklem nominal sayımın altındadır ve p bu yönde yanlıdır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

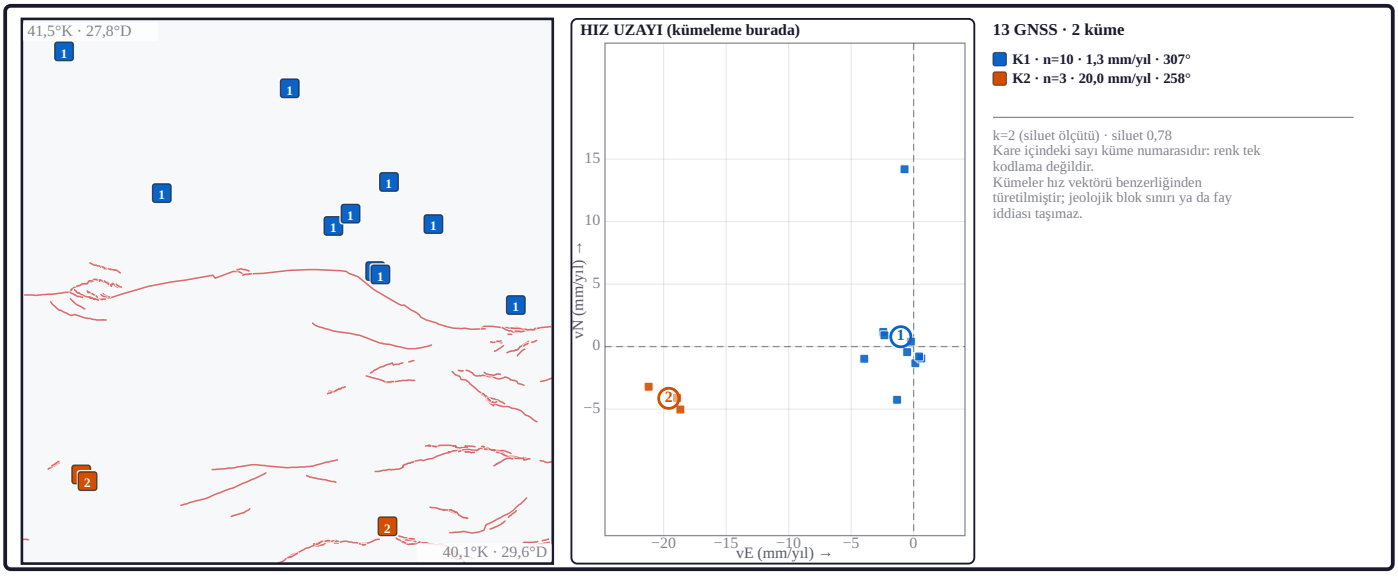
JEODEZİK GÖZLEMLER VE YÜZEY DEFORMASYONU



Şekil 12a. *Bölgenin tektonik çerçevesi. (GCMT mekanizmaları; GNSS: MIDAS hızları (Blewitt vd., 2016), Avrasya-sabit çerçeve GSRM v2.1 (Kreemer vd., 2014); fay katmanı künyede).*



Şekil 12b. *Her ok bir GNSS yatay hız vektörüdür, yönü azimutu, boyu büyüklüğü, rengi hız kümesini gösterir. (GNSS seküler hızlar: NGL/MIDAS (Blewitt vd., 2016; Blewitt vd., 2018 Eos 99); siluet ölçütü Rousseeuw (1987)).*



Şekil 12c. *Haritada her kare bir GNSS istasyonudur, dolgu rengi kümeyi, içindeki sayı küme numarasını verir. (GNSS seküler hızlar: NGL/MIDAS (Blewitt vd., 2016; Blewitt vd., 2018 Eos 99) · kümeleme: k-ortalama, deterministik başlatma; küme sayısı siluet ölçütüyle seçilmiştir (Rousseeuw, 1987)).*

Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını bölgesel fay sistemleri, 13 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 12a). Vektörler uzun dönemli (interseismik) plaka hareketini gösterir; pencere içindeki dizinin anlık deformasyonu değildir ve iki nicelik ölçek olarak ayrıdır. Bu vektörlerden 2 tanesi (BURS: 100 km içindeki en yakın uzun serili (≥ 5 yıl) SVRT, TUBI istasyonlarının ortancasından 18,6 mm/yıl sapma > 3σ + 5; SLVR: komşu ortancasından 14,8 mm/yıl sapma > 3σ + 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 içindeki komşu istasyonların (en az 3) ortancasından 3σ + 5 mm/yıl'dan fazla sapmasıdır. Aykırı vektörler bu haritada seküler (interseismik) hız olarak okunmamalıdır. Çerçeve bilgisi olmadan ok alanı yorumlanamaz: aynı veri farklı levha-sabit çerçevelerde tümüyle farklı bir desen verir (Şekil 12b). Çerçeveye indirgenmiş en büyük hız 21,4 mm/yıldır. Oklar hız uzayında yürütülen kümelemenin (2 küme, siluet 0,78) etiketine göre renklendirilmiştir. Bu hızlar sekülerdir (mm/yıl) ve bir olayın yer değiştirmesiyle aynı eksende okunamaz; ok alanının bir fay boyunca dönmesi deformasyonun o hat üzerinde toplandığını, tek örüntüde kalması ise bloğun rijit davrandığını gösterir. Levha-sabit çerçeveye indirgenmiş hız vektörleri iki boyutlu hız uzayında kümelenmiş ve 2 küme bulunmuştur (siluet 0,78) (Şekil 12c).

Kümeleme coğrafi konumu değil yalnız hız vektörünü kullanır: konum eklenseydi algoritma bitişik istasyonları zaten bir araya getirir ve sonuç verinin kendisinden çok kutunun geometrisini yansıtırdı. Uyarı: kümeler kinematik gruplamalardır; levha ya da blok sınırı iddiası taşımazlar. Bir küme sınırının haritadaki bir fay iziyle çakışması söylenmeye değer bir gözlemdir, ancak kümelemenin kanıtı değildir ve ayrıca sınanmalıdır. GNSS hız alanı Tablo 2'de, tarihsel kayıtlar Tablo A1'de, yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A2'de, ilgili sayısal karşılıklar Tablo A7'de verilmiştir.

KATALOG DÜRÜSTLÜĞÜ DENETİMLERİ

Tamlık büyüklüğü evrimi Mc(t) 1,6–1,6 gibi dar bir bantta kararlı seyretmektedir: istatistikler bu pencerede güvenle kurulabilir (Woessner ve Wiemer, 2005).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Pencerenin olay oranı 3,0 olay/gün iken, pencerenin hemen öncesindeki 5 yıllık arka plan dönemi (2020-11-04 – 2025-11-03, 4.253 kayıt) 2,3 olay/gün vermektedir. Ortak tamlık eşiği üstünde (Mc = 1,6; pencerede 409, arka planda 2.246 olay) pencere oranı arka planın yaklaşık 0,9 katıdır (%95 GA 0,01–75; arka planın kendi aylık sayımlarından ölçülen aşırı-dağılım φ = 1747,7 ile). Duyarlılık: eşiksiz ve tüm ajanslarla (tamlık ve ajans karışımı denetlenmemiş) kat 1,3 (%95 GA 0,08–20); yalnız AFAD kayıtlarıyla (kaynak birliği; 722 ↔ 2.816 kayıt; arka planda ISC %10, pencerede Kandilli %25) kat 1,3. Her iki dönem de Gardner ve Knopoff (1974) ile ayrıştırıldığında (ortak tamlık eşiği uygulanmadan, M ≥ 0,0; pencerede kayıtların %65'i, arka planda %64'ü kümelenmiş; ayrıştırma pencere başından geriye 400 günlük bağlam olaylarıyla birlikte koşulmuştur) bağımsız olay oranı 1,3 kat (%95 GA 0,7–2,4; ayrıştırma sonrası ölçülen artık aşırı-dağılım φ = 31,8 ile). Bu kıyas, pencere istatistiğinin "yüksek/alçak" nitelemesini mutlak sayı yerine tabana bağlar; ham oran farkının büyük bölümü tetiklenmiş (artçı/sürü) olay payından gelir, ayrıştırılmış oran bu payı düşer. Pencere b-değeri ortak tamlık eşiğinde (Mc = 1,6) (1,10 ± 0,06), arka plan dönemininkinden (0,81 ± 0,02) birleşik belirsizliğin iki katından fazla ayrışmaktadır (|Δb| = 0,29; σ_birleşik = 0,06); iki dönem büyüklük dağılımı bakımından farklıdır. Sabit değere atanmamış (serbest) derinliklerin ortancası pencere için 8,0 km, arka plan dönemi için 7,2 km'dir; ajans sabit-derinlik değerleri kıyas dışı bırakılmıştır.

TARTIŞMA

Uzamsal b haritasında b < 0,7 ölçülen 24 hücrenin ağırlık merkezi 40,41°K / 28,57°D'dedir. Kümelenme teşhisi ile büyüklük dağılımı birlikte okunduğunda b = 1,10 ± 0,06 değeri b = 1 küresel referansından istatistiksel olarak ayırt edilememektedir; kümelenme ayrımı ile büyüklük dağılımı aynı yöne işaret etmemektedir ve ayrım ihtiyatla değerlendirilmelidir. Katalog dürüstlüğü denetimleri, yukarıdaki tüm istatistiklerin ön koşuludur: Mc(t) evrimi bulguların kataloğun kendi heterojenliğinden doğup doğmadığını sınamaktadır.

BEYAN

Bu içerik bir deprem tahmini değildir; YAPI ZEMİN - Seismo Lab Fay İzleme hattının hesapladığı tehlike önceliğini ve izleme sinyallerini gösterir. Sınıflar ve olasılıklar modele bağlıdır; yeterlilik sınıfı beyan edilir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı penceresinin bütüncül tablosu: sismisite karma — kümelenme ölçüleri tam uzlaşmıyor deseni sergilemektedir; büyüklük dağılımı b = 1,10 ± 0,06 ile b = 1 referansından ayırt edilememektedir; çalışma kutusu çevresi mekanizma popülasyonundan (kutu ±60 km genişletilmiş; tarih filtresi yok; 1979–2025; n = 20) türetilen gerilme alanı SHmax=121° ile doğrultu-atımlı rejimindedir; sismojenik taban ~13,4 km'dir. Pencere b-değeri ortak tamlık eşiğinde (Mc = 1,6) (1,10 ± 0,06), arka plan dönemininkinden (0,81 ± 0,02) birleşik belirsizliğin iki katından fazla ayrışmaktadır (|Δb| = 0,29; σ_birleşik = 0,06); iki dönem büyüklük dağılımı bakımından farklıdır. Tüm bulgular katalog penceresi ve model varsayımlarıyla sınırlı istatistiksel tanımlardır; bu rapor deprem yeri, zamanı ya da büyüklüğü tahmin etmez. Tehlike iletişiminde olasılıksal tehlike modelleri, yerel zemin koşulları ve yapı yönetmeliği esastır.

VERİ VE YÖNTEM SINIRLARI

Bu rapordaki her sayı, bölge sorgusundan dönen gerçek katalog alanlarından okunmuştur; hesaplanamayan hiçbir büyüklük kestirimle doldurulmamıştır. Katalog tamlığı zamanla ve büyüklükle değişir; erken dönem kayıtlarının eksikliği dönüş sürelerini ve oran istatistiklerini sistematik olarak alt sınıra iter. Bölge istatistikleri seçilen kutu ve pencereye bağlıdır: kutunun büyütülmesi farklı tektonik alanları tek popülasyona karıştırabilir, küçültülmesi ise örneklemi istatistiksel gücün altına düşürebilir. Bu bölge/pencere ölçeğinde yayın düzeyinde yorumlanamayacağı için rapora alınmayan 2 çözümleme; kapı türü, eşik ve gerekçesiyle birlikte raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde listelenmiştir. Aşağıdaki çözümlemeler raporlanmış ancak istatistiksel güç ölçütünü karşılamadıkları için çekince taşımaktadır: Frohlich kaynak-tipi üçgeni çözümlemesi baskın mekanizma tipi %95 aralıkla kısıtlanamadı (%30; 6/20; %95 Wilson (1927) aralığı %12–%57; Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 13 bağımsız küme, aralık n = 13 ile; aralık %45 eşiğini kesiyor) çekincesiyle raporlanmıştır; değer belirsizliğiyle birlikte okunmalıdır. Ajans hiposantrları yeniden konumlandırılmamıştır (relokasyon yapılmamıştır); konum ve derinlik belirsizlikleri ajans çözümlerinin kalitesiyle sınırlıdır. Birim geometrisi TDFH-2026 izlerinden kurulmuştur; eğim ve sismojenik genişlik kurum değeri yoksa nominal değerlerle tamamlanır. Olasılıklar seçilen tekrarlanma modeline ve kayma hızı kaynağına bağlıdır; farklı hız kaynakları farklı değerler verebilir. Sinyal sınamalarının gücü katalog tamlığı (çalışma Mc 2,1) ve kaynak karışımıyla sınırlıdır. Sınıf eşikleri kurallar sürümüne (fi-kural/2) bağlıdır. Endeks Kritik sınıf eşiğine ulaştı; son kırılma açık aralıkta ve veri yeterliliği C olduğundan sınıf Yüksek ile sınırlandı.

VERİ ERİŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem kataloğu, 2025-11-04 – 2026-11-03 penceresi ve rapor künyesindeki kutu için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (AFAD, KOERI, ISC, EMSC); sorgu parametreleri rapor künyesinde verilmiştir. Fay katmanı ve yardımcı veri setlerinin künyeleri Kaynakça ile figür altyazılarındadır. Katalog kayıtlarını üreten ağ ve bültenler: AFAD (Disaster and Emergency Management Authority, 1990), KOERI (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, 1971), ISC (International Seismological Centre, t.y.) ve EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre, t.y.). Moment tensörleri Global CMT kataloğundandır (Dziewonski vd., 1981; Ekström vd., 2012). Birleşik çok-kaynaklı katalog, bu çalışmada ajans çözümlerinin çapraz-kaynak tekilleştirilmesiyle derlenmiş türetilmiş bir üründür; kaynakçada ayrı bir eser olarak listelenmez.

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (AFAD, KOERI, ISC, EMSC) 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. © 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN. Bu raporun metni, şekilleri, haritaları, çizelgeleri ve hesap sonuçları yazarın özgün çalışmasıdır; tüm hakları saklıdır.

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ

Tablo 2. GNSS seküler hızları (mm/yıl) — 13 istasyondan yatay hızı en büyük 10 tanesi; referans çerçeve Avrasya-sabit (GSRM v2.1 kutbu); hız kümelenmesi k = 2 (silhouette ölçütü).

İstasyon	v_E	v_N	v_yatay	Azimut (°)	σ_E	σ_N	Süre (yıl)
BURS	−21,2	−3,2	21,4	261	0,35	0,34	13,9
BNDR	−18,9	−4,1	19,4	258	0,40	0,56	10,0
BAND	−18,6	−5,0	19,3	255	0,25	0,35	5,0
SLVR	−0,7	14,2	14,2	357	0,43	0,53	2,7
SVRT	−1,3	−4,3	4,5	197	1,83	1,86	5,1
TUBI	−4,0	−1,0	4,1	256	0,15	0,14	25,1
QIBP	−2,4	1,2	2,7	296	0,83	0,93	2,7
YSST	−2,4	0,9	2,5	291	0,40	0,44	3,6
ISTA	0,1	−1,3	1,3	175	0,13	0,14	24,8
KARB	0,6	−0,9	1,1	147	0,21	0,23	14,3

Not: Hızlar uzun dönemli (interseismik) harekettir; pencere içindeki depremlerin koseismik yer değiştirmesi değildir.

Tablo 3. Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca eşik-üstü olaylar — derlenen 8 olayın tamamı (ölçüt: M ≥ 6,0; eleme, olayın aynı adlı en yakın haritalanmış fay izine uzaklığına uygulanır: ≤ 40 km — kestirilen tek eksene dik uzaklık diyagram geometrisidir ve zon genişliği nedeniyle bu eşiği aşabilir); eksen uzunluğu 166 km, kapsanan dönem 1912–2025; ölçütü sağlamayan 1 olay dışarıda bırakılmıştır.

Yıl	M	Tür	Eksen konumu (km)	İz uzaklığı (km)	Eksene dik (km)	Merkeze uzaklık (km)	E/E_0	Yer	Kaynak
1999	7,4	Md	166	28,7	46,2	126	×501000,00	Başiskele (Kocaeli)	emsc, afad, usgs +2
1953	7,2	Mw	15	10,8	78,4	75	×251000,00	Türkiye	kandilli, usgs, isc
1964	7,0	ML	56	12,0	47,5	24	×126000,00	OKCULAR-KARACABEY (BURSA)…	usgs, isc, kandilli
1935	6,4	MS	0	31,0	38,5	86	×15800,00	Türkiye	kandilli, usgs, isc
1912	6,2	Mw	0	32,7	64,6	89	×7940,00	Biga, Türkiye — 23 km KD	usgs
1935	6,2	MS	0	28,8	36,2	85	×7940,00	Türkiye	kandilli, usgs, isc
2025	6,2	Mw	33	1,5	7,9	50	×7940,00	Silivri (İstanbul)	gfz, afad, emsc +6
1963	6,0	ML	107	0,7	28,4	67	×3980,00	ADALAR (ISTANBUL) [South 11.7…	usgs, isc, kandilli

Tablo 4. Dalga formu kaydının künyesi — 14.04.2026 M3,6 Marmara Denizi olayı, KO.MDNY istasyonu, episantr uzaklığı 36,9 km, geri-azimut 281,4°; istenen pencere olaydan 60 s önce – 600 s sonra (teslim edilen kayıt süresi Süre sütunundadır ve parça sınırları nedeniyle istenenden uzun olabilir); süzgeç Butterworth bant geçiren, sıfır-fazlı (ileri–geri) 0,025–8,0 Hz (mertebe 2, etkin 4).

Bileşen	Kanal	Örnekleme (Hz)	Süre (s)	Örnek sayısı	Tepe |genlik| (sayım)
Z	HHZ	100	661	66.065	243.130
R	HHN/HHE → R	100	661	66.065	748.470
T	HHN/HHE → T	100	661	66.065	595.280

Not: Genlikler ham sayımdır: cihaz tepkisi çıkarılmamıştır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 5. Fay birimi künyesi.

Alan	Değer	Kaynak
Birim	Kuzey Anadolu Fay Zonu · Avcılar Fayı	MTA TDFH-2026
Zon · segment	KAFZ · Avcılar Fayı (1-34)	MTA TDFH-2026
Uzunluk · doğrultu	30 km · 89°	MTA TDFH-2026
Eğim · mekanizma	90° · doğrultu atımlı	MTA TDFH-2026
Kayma hızı	21,4 mm/yıl (15,0–27,9)	GEM GAF · CC BY-SA 4.0
Karakteristik büyüklük	Mw 6,5	uzunluk–büyüklük ölçeklemesi
İl kodu · yeterlilik	34 · C	Fay İzleme
Tehlike önceliği	Yüksek (endeks 0,67)	kurallar fi-kural/2
Tam koşu	20261103-0849-b75b16	Fay İzleme

Not: Kaynak sütunu değerin kurum ürününü verir; GSRM türevi gerinim değerleri lisans gereği basılmaz.

Tablo 6. Sinyal aileleri ve eşikler.

Aile	Pencere	n	Beklenen sayım	p	p*	Etki	MDE	Karar
b-değeri	100olay	100	—	0,31	0,001	−0,11	0,40	eşik altı

Not: p* aile başına yanlış keşif oranı denetimiyle kurulur; MDE en küçük saptanabilir etkidir. Değerler son tam koşunundur.

Tablo 7. Kutu bulutu geometrisi ve oturtulan düzlem.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu bulutu uzunluk × genişlik	137,6 × 107,6 km	%95 PCA · tüm kutu
Derinlik bandı	0,0–17,9 km	%2,5–97,5 yüzdelik
Kutu bulutu ana ekseni	101°	PCA · tüm kutu
Oturtulan düzlem	— / 0,9°	düzlem yataya yakın (eğim 0,9°); doğrultu sayısal olarak kararsızdır
Westin düzlemsellik cp	0,51	cl 0,47 · cs 0,02 (Σ≈1, yuvarlama)
Düzleme uzaklık (rms)	3,72 km	n = 981 · bölge bulutu (seçili alan+dönemin TÜM olayları) (1.091 kayıt); derinliği 0 km kaydedilen 110 olay elendi

Tablo 8. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (04.11.2020 – 03.11.2025), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan, b satırı ortak Mc üstünden.

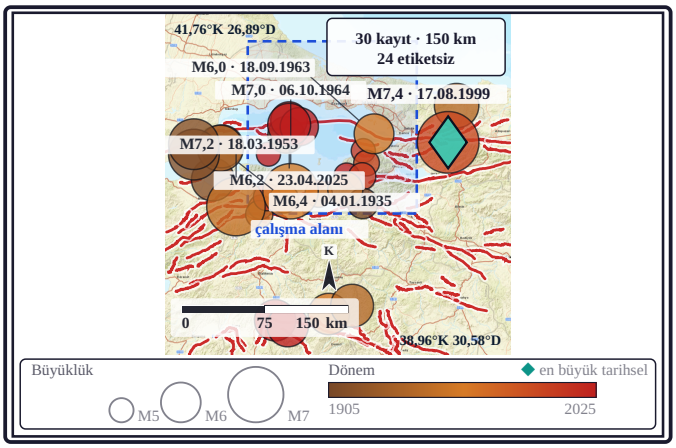
Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	1.091	4.253
Oran (olay/gün)	2,99	2,33
Mc	1,6	1,6
b ± σ_b (ortak Mc = 1,6)	1,10 ± 0,06	0,81 ± 0,02
Derinlik ortancası (km)	7,0	7,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	577 (%53)	1.518 (%36)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	1,58	0,83

Not: Bağımsız olay satırları Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış sayımdır; yüzde, ham kayıt içindeki payıdır.

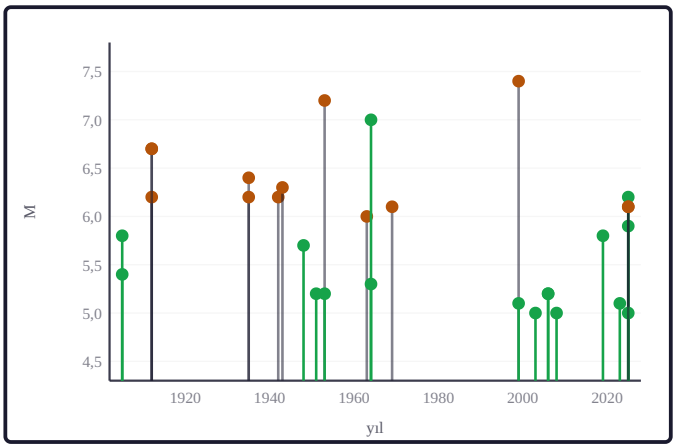
© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK — TARİHSEL BAĞLAM: ÇALIŞMA ALANI ÇEVRESİNDEKİ GEÇMİŞ BÜYÜK DEPREMLER

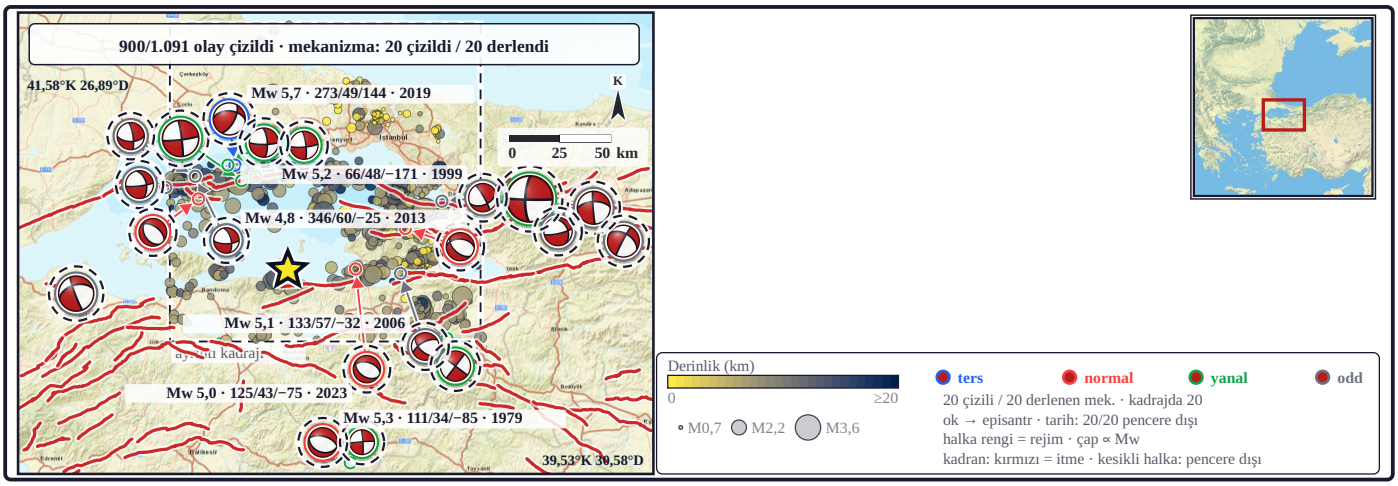
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler, incelenen pencerenin kataloğuna değil, 1900 sonrası eşik-üstü tarihsel kayıtlar ile bölgesel/tarihsel odak mekanizması çözümlerine aittir. Tarihsel bağlam, pencere içi çözümlemelerle karıştırılmaması için ayrı bir bölümde sunulmuştur. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 13a–13c'de verilmiştir.



Şekil 13a. *Tarihsel deprem haritası: tampondaki 1900 sonrası eşik-üstü kayıtlarda daire çapı büyüklüğü, dolgu rengi oluş dönemini gösterir. Kayıt eşiği yakın kuşakta M≥5, bölge kuşağında M≥6 olarak alınmıştır. (birleşik katalog 1900+; tampon yarıçapı künyede).*



Şekil 13b. *Tarihsel eşik-üstü depremler; yeşil = yakın kuşak, turuncu = bölge. (birleşik katalog 1900+).*



Şekil 13c. *Bölgesel odak mekanizması çerçevesi: çalışma alanı çevresindeki yayımlanmış çözümleri gerçek konumlarında gösterir. Çözümler Mw sırasına göre en büyüklerden seçilir; çizilen çözüm sayısı haritanın lejantındadır. (mekanizma kümesi: gerilme inversiyonu girdisi; etiket uzaklıkları GCMT ağırlık-merkezi konumundan, tarihsel çizelge katalog dış merkezinden; fay katmanı künyede).*

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER

Tablo A1. Tarihsel eşik-üstü depremler (1900+).

Tarih	M	Uzaklık	Yer	E/E_0
17.08.1999	7,4	126 km	Başiskele (Kocaeli)	×501.000
18.03.1953	7,2	75 km	GB · Türkiye	×251.000
06.10.1964	7,0	24 km	OKCULAR-KARACABEY (BURSA) [North E	×126.000
09.08.1912	6,7	108 km	ERIKLICE-SARKOY (TEKIRDAG) [South	×44.700
13.09.1912	6,7	110 km	Kumbağ, Türkiye — 30 km GB	×44.700
04.01.1935	6,4	86 km	B · Türkiye	×15.800
20.06.1943	6,3	144 km	D · Türkiye	×11.200
10.08.1912	6,2	89 km	Biga, Türkiye — 23 km KD	×7.940

Not: Büyüklükler birleşik kataloğun temsilci değerleridir; aynı olay için mekanizma çizelgesindeki Mw (GCMT) değeri, büyüklük-sınıfı farkı nedeniyle bu sütundan ayrışabilir. Derleme iki ölçütün birleşimidir: ≤60 km içinde M≥5 ve ≤150 km içinde M≥6; listelenen kayıtların tümü M≥6 / 150 km ölçütüyle girmiştir. Toplam 30 tekil kayıttan büyüklüğe göre en büyük 8 olay listelenmiştir; 6 çapraz-kaynak ikiz kaydı teklenmiştir ($\Delta t \le 60$ sn ∧ ≤ 100 km (büyüklük ölçeği farkı gözetilmeksizin); temsilci en büyük M). Uzaklıklar başvuru olayının (pencerenin en büyük olayı) dış merkezinden ölçülür; kutu içinde kalıp bu noktaya 150 km'den uzak düşen olaylar derlemeye girmez. Listelenen 6 kayıt 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) döneme düşer; bu dönemin büyüklükleri yeniden değerlendirme ürünüdür ve kaynağa göre yaklaşık 0,3–0,5 birim ayrışabilir. E/E_0 = ışınan enerjinin bu olaya oranı. Tampon dışı M≥7 (150–188 km): 18.11.1919 M7,0 (156 km GGB, 3 km ESE of Soma, Turkey); 28.03.1970 M7,0 (163 km GD, KIZIK-CAVDARHISAR (KÜTAHYA)).

Tablo A2. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 20 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	17.08.1999	40,750	29,860	182	74	3	7,6	doğrultu
2	23.04.2025	40,830	28,190	83	84	−175	6,3	doğrultu
3	05.07.1983	40,330	27,230	254	49	−173	6,1	doğrultu
4	13.09.1999	40,710	30,050	268	59	−176	5,8	doğrultu
5	26.09.2019	40,900	28,150	273	49	144	5,7	eğik
6	11.11.1999	40,740	30,270	301	50	−175	5,6	doğrultu
7	21.10.1983	40,130	29,380	217	90	180	5,4	doğrultu
8	18.07.1979	39,670	28,660	111	34	−85	5,3	normal
9	24.04.1988	40,900	28,110	356	71	−11	5,3	doğrultu
10	29.09.1999	40,740	29,350	66	48	−171	5,2	doğrultu
11	31.08.1999	40,710	29,950	329	33	−22	5,2	doğrultu
12	19.08.1999	40,620	29,140	273	45	−120	5,1	eğik
13	23.04.2025	40,850	28,270	353	79	−11	5,1	doğrultu
14	25.07.2011	40,800	27,750	346	50	−11	5,1	doğrultu
15	02.10.2025	40,750	27,940	149	38	−71	5,1	normal
16	24.10.2006	40,420	29,110	133	57	−32	5,1	eğik
17	04.12.2023	40,440	28,850	125	43	−75	5,0	normal
18	07.06.2012	40,850	27,920	90	57	−164	5,0	doğrultu
19	27.11.2013	40,850	27,920	346	60	−25	4,8	eğik
20	22.01.2022	39,580	28,820	356	84	3	4,7	doğrultu

Not: Tip: rake 45–135° ters, −135 ile −45° arası normal, sınırın ±22,5° bandı eğik (oblik), kalan doğrultu. Mw değerleri GCMT moment tensörlerindendir; aynı olayın tarihsel çizelgedeki temsilci büyüklüğü farklı ölçekten (katalog M) geldiği için ayrışabilir — iki çizelge aynı olayı iki ölçekle verir, çelişki değildir. Zaman–mekân bağımsızlığı: Gardner–Knopoff pencereleriyle 13 bağımsız küme (en büyük küme 6 çözüm); tarih ve konum sütunları okurun kendi değerlendirmesi içindir. Tüm çözümler GCMT kataloğundandır.

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A3. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlemeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
Statik Coulomb gerilme değişimi (ΔCFS)	ölçek/geçerlilik	M ≥ 5,5 · mevcut M3,6	ΔCFS tetikleme eşiği ~0,1 bar (King vd., 1994; Stein, 1999); kırık boyu konum hatasının altındayken alan episantr belirsizliğiyle örtülür. Ölçülen neden: M3,6 < 5,5 — bu büyüklükte kırık boyu episantr konum belirsizliğiyle aynı mertebededir; 0,1 bar konturu bu belirsizliğin içinde kalır.
Sismisite göç zarfı (doğrusal / difüzif)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	≥ 100 olay	ΔAICc < 2 iken model seçimi yapılamaz; bu durumda modellerden birini seçilmiş gibi sunmak veriye dayanmaz. Ölçülen neden: doğrusal ve difüzif modeller bu veriyle ayırt edilemiyor (|ΔAICc| < 2).

Not: Eleme elle değil, önceden tanımlı kapılarla yapılmıştır: ölçek/geçerlilik (nicelik bu büyüklük ya da geometride tanımsızdır), istatistiksel güç (örneklem, süre ya da belirsizlik eşiğin altındadır) ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı. Eşikler bu çalışmanın kendi raporlama eşikleridir; dayanağı gerekçe sütunundadır.

Tablo A4. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	11-06 08:33:15	AFAD	40,796	27,958	1,4 ML
	11-06 08:33:13	KOERI	40,803	28,151	1,7 ML
2	11-07 23:26:22	AFAD	40,134	29,091	1,9 ML
	11-07 23:26:19	KOERI	40,257	29,226	2,2 ML
3	12-02 23:34:31	AFAD	40,685	27,986	1,7 ML
	12-02 23:34:28	KOERI	40,784	27,939	1,8 ML
4	12-14 05:15:18	AFAD	40,479	29,018	1,2 ML
	12-14 05:15:18	ISC	40,486	29,134	1,5 ML
5	12-15 07:15:08	ISC	41,135	28,886	1,1 ML
	12-15 07:15:27	ISC	41,137	28,890	1,1 ML
6	12-26 01:23:58	KOERI	40,879	28,479	1,8 ML
	12-26 01:23:58	ISC	40,879	28,479	1,8 ML
7	12-26 01:25:04	KOERI	40,894	28,479	1,5 ML
	12-26 01:25:04	ISC	40,894	28,479	1,5 ML
8	01-14 19:07:05	AFAD	40,542	29,101	1,0 ML
	01-14 19:07:08	KOERI	40,432	28,951	1,3 ML
9	01-15 18:06:37	AFAD	40,891	28,701	1,3 ML
	01-15 18:06:39	KOERI	40,866	28,539	1,6 ML
10	01-20 08:01:29	AFAD	40,544	28,942	1,6 ML
	01-20 08:01:31	KOERI	40,551	29,032	1,7 ML
11	02-26 11:05:13	AFAD	40,259	28,758	1,4 ML
	02-26 11:05:13	KOERI	40,175	29,505	1,5 ML
12	03-10 20:33:16	AFAD	40,689	28,594	1,6 ML
	03-10 20:33:15	KOERI	40,773	28,742	1,5 ML

Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 37 · 20 km → 42 · 40 km → 44 · 70 km → 44

Not: Ölçüt: (1) Δt ≤ 20 s ∧ Δkonum ≤ 70 km ∧ ΔM ≤ 0,5 ya da (2) Δt ≤ 5 s ∧ Δkonum ≤ 60 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin); konum toleransı kutu boyutuyla ölçeklenmiş: 70 km. Her küme bir fiziksel olayı temsil eder; ilk satır seçilen temsilcidir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A5. Derinlik ölçütleri — her satır kendi ölçütüyle verilmiştir; derinlikler ajans çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır), D90 ve W satırları hücre ızgarasından türetilmiştir (Nazareth ve Hauksson, 2004).

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Derinlikli kayıt sayısı	1091	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	7,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 1091)
Ortanca derinlik (serbest)	8,0 km	sabit-derinlik atamaları dışlandı · n = 858 (233 kayıt elendi)
Yoğunlaşma bandı	0,0–15,8 km	%5–95 yüzdelik
Dağılım açıklığı	0,0–17,9 km	%2,5–97,5 yüzdelik
Ham uçlar	0,0–25,7 km	en sığ / en derin kayıt
Histogram tepesi	6–8 km	436 olay · 2 km kutu
Sabit-derinlik yığını	7,0 km · %20	219/1091 olay
Kanonik varsayılanlar	14 olay	5 / 10 / 33 km · n = 1091
Sismojenik taban D90	13,4 km	2,9–19,7 km · hücre ızgarası
Sismojenik kalınlık W	13,3 km	D95−D05 · 1084 hücre

Tablo A6. Çalışma alanındaki adlandırılmış diri fay izleri — haritadaki 90 izden rapora taşınan en uzun 8 iz, 3 ad altında (MTA TDFH-2026 (Elmacı vd., 2026)).

Fay adı	İz uzunluğu, parçalar toplamı (km)	Parça	Kayma türü	Eğim (°)
Kuzey Anadolu Fay Zonu	294,6	6	SaD	90
Orhangazi Fayı	30,6	1	SaD+N	75
Karacabey Fayı	26,3	1	—	—

Not: Kayma türü kodları: SaD sağ-yanal, SoD sol-yanal doğrultu atım; N normal; T/B ters (bindirme); AÇ açılma; OB eğik (oblik); LS heyelan yüzeyi.

Tablo A7. Bölgesel gerilme alanı — Michael (1984) doğrusal inversiyonu ve Vavryčuk (2014) yinelemeli kararsızlık ölçütü; popülasyon çalışma alanının çevresinden (kutu ±60 km genişletilmiş; tarih filtresi yok; 1979–2025; n = 20) derlenmiştir ve pencere olaylarının kendisine ait değildir.

Nicelik	Değer	Not
Mekanizma popülasyonu	n = 20	kutu ±60 km genişletilmiş; tarih filtresi yok; 1979–2025; n = 20
SHmax azimutu	121°	%95 bootstrap 112–135° (B = 200)
Şekil oranı R	0,28	%95 0,07–0,59
Anderson rejimi	doğrultu-atımlı	gerilme tensöründen (WSM kuralı)
Ortalama uyumsuzluk	27,3°	25° düzeyinin üstünde: tam homojen olmayan popülasyon
Frohlich ve Apperson (1992) tip sayımı	6 / 4 / 1 / 9	doğrultu-atımlı / normal / ters / odd (B > 60°, P > 60°, T > 50°)
Baskın (en dik) eksen sınıfı	14 / 5 / 1	doğrultu-atımlı / normal / ters (eşiksiz)

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · 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.

KAYNAKÇA

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

Anderson, E. M. (1951) The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain. Oliver & Boyd, Edinburgh, 206 s.

Armijo, R., Meyer, B., Navarro, S., King, G. ve Barka, A. (2002) Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: a clue to propagation processes of the North Anatolian Fault? Terra Nova 14(2), 80–86. doi:10.1046/j.1365-3121.2002.00397.x

Ashman, K. M., Bird, C. M. ve Zepf, S. E. (1994) Detecting bimodality in astronomical datasets. Astron. J. 108, 2348–2361. doi:10.1086/117248

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

Bohnhoff, M., Bulut, F., Dresen, G., Malin, P. E., Eken, T. ve Aktar, M. (2013) An earthquake gap south of Istanbul. Nat. Commun. 4(1), 1999. doi:10.1038/ncomms2999

Corral, Á. (2004) Long-Term Clustering, Scaling, and Universality in the Temporal Occurrence of Earthquakes. Phys. Rev. Lett. 92(10), 108501. doi:10.1103/PhysRevLett.92.108501

Disaster and Emergency Management Authority (1990) Turkish National Seismic Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/TU

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

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

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

European-Mediterranean Seismological Centre (t.y.) Deprem parametreleri (çevrimiçi katalog). https://www.emsc-csem.org (erişim: 03.11.2026)

Frankel, A. (1995) Mapping Seismic Hazard in the Central and Eastern United States. Seismol. Res. Lett. 66(4), 8–21. doi:10.1785/gssrl.66.4.8

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

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

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

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

Hastie, T. ve Stuetzle, W. (1989) Principal Curves. J. Am. Stat. Assoc. 84(406), 502–516. doi:10.1080/01621459.1989.10478797

Hergert, T. ve Heidbach, O. (2010) Slip-rate variability and distributed deformation in the Marmara Sea fault system. Nat. Geosci. 3(2), 132–135. doi:10.1038/ngeo739

International Seismological Centre (t.y.) ISC Bulletin. doi:10.31905/D808B830 (erişim: 03.11.2026)

Kadirioğlu, F. T. ve Kartal, R. F. (2016) The new empirical magnitude conversion relations using an improved earthquake catalogue for Turkey and its near vicinity (1900–2012). Turk. J. Earth Sci. 25(4), 300–310. doi:10.3906/yer-1511-7

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

Le Pichon, X., Şengör, A. M. C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R. ve Tok, B. (2001) The active Main Marmara Fault. Earth Planet. Sci. Lett. 192(4), 595–616. doi:10.1016/S0012-821X(01)00449-6

Lloyd, S. P. (1982) Least squares quantization in PCM. IEEE Trans. Inf. Theory 28(2), 129–137. doi:10.1109/TIT.1982.1056489

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

MacQueen, J. (1967) Some methods for classification and analysis of multivariate observations. Proc. Fifth Berkeley Symp. Math. Statist. Probab. 1, 281–297.

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

Nazareth, J. J. ve Hauksson, E. (2004) The seismogenic thickness of the southern California crust. Bull. Seismol. Soc. Am. 94(3), 940–960. doi:10.1785/0120020129

Ouillon, G., Ducorbier, C. ve Sornette, D. (2008) Automatic reconstruction of fault networks from seismicity catalogs: Three-dimensional optimal anisotropic dynamic clustering. J. Geophys. Res. 113(B1), B01306. doi:10.1029/2007JB005032

Parsons, T. (2004) Recalculated probability of M ≥ 7 earthquakes beneath the Sea of Marmara, Turkey. J. Geophys. Res. 109(B5), B05304. doi:10.1029/2003JB002667

Powers, P. M. ve Jordan, T. H. (2010) Distribution of seismicity across strike-slip faults in California. J. Geophys. Res. 115(B5), B05305. doi:10.1029/2008JB006234

Rousseeuw, P. J. (1987) Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. J. Comput. Appl. Math. 20, 53–65. doi:10.1016/0377-0427(87)90125-7

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

Simpson, R. W., Thatcher, W. ve Savage, J. C. (2012) Using cluster analysis to organize and explore regional GPS velocities. Geophys. Res. Lett. 39(18), L18307. doi:10.1029/2012GL052755

Stein, R. S. (1999) The role of stress transfer in earthquake occurrence. Nature 402(6762), 605–609. doi:10.1038/45144

Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X. ve Rangin, C. (2005) The North Anatolian Fault: a new look. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 33(1), 37–112. doi:10.1146/annurev.earth.32.101802.120415

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

van der Elst, N. J. (2021) B-positive: A robust estimator of aftershock magnitude distribution in transiently incomplete catalogs. J. Geophys. Res. Solid Earth 126(2), e2020JB021027. doi:10.1029/2020JB021027

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. (1997) Mapping the frequency-magnitude distribution in asperities: An improved technique to calculate recurrence times? J. Geophys. Res. 102(B7), 15115–15128. doi:10.1029/97JB00726

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

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

Woessner, J. ve Wiemer, S. (2005) Assessing the Quality of Earthquake Catalogues: Estimating the Magnitude of Completeness and Its Uncertainty. Bull. Seismol. Soc. Am. 95(2), 684–698. doi:10.1785/0120040007

Woo, G. (1996) Kernel estimation methods for seismic hazard area source modeling. Bull. Seismol. Soc. Am. 86(2), 353–362. doi:10.1785/BSSA0860020353

KAYNAKÇA (devam)

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

Harita altlığı karoları — Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community.

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

© 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · Tüm hakları saklıdır