



2023 Kahramanmaraş Deprem Fayları üzerinde Gözlemler ve Değerlendirmeler
Field Data and Some Thoughts on the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes Faults

Yücel Yılmaz¹ , Ömer Feyzi Gürer² , Erdinç Yiğitbaş³ 

¹ Kadir Has Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

• Geliş/Received: 31.10.2024 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 25.12.2024 • Kabul/Accepted: 25.12.2024
 • Çevrimiçi Yayın/Available online: 27.01.2025 • Baskı/Printed:

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Kara alanlarında etkili en büyük depremlerden biri bir deprem çifti olarak (6 Şubat 2023; Kahramanmaraş Mw:7,8 ve Ekinözü Mw:7,6) Kahramanmaraş çevresini vurmuş ve büyük bir felakete neden olmuştur. Depremlerin ardından uydu kaynaklı verilere ve bilgisayar modellemelerine yaslı çok sayıda yayın yapılmıştır. Bu modeller ise çoğunlukla birbirleriyle çelişmektedir.

Üzerinden uzunca bir süre geçtikten sonra depremlere yol açan ana fay sistemlerine ve bunlara yol açan tektonik rejimlerin neler olduğu konusuna saha bazlı verilerin ışığında yeni bir bakış açısıyla bakmanın yararlı ve gerekli olduğu düşüncesi bu yayının başlıca kaynağı olmuştur.

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerine etkileri olan faylar, Anadolu ve çevresinde bilinen bölgesel ölçekli yanal atımlı büyük şu fayların bu bölgeye olan uzantılarıdır; Doğu Anadolu Transform Fayı, Ölü Deniz Transform Fayı, Antakya Transform Fayı, Sarız-Saimbeyli Mega Makaslama Zonu fayları, Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı fayları ve Karasu Grabeni'nin sınır fayları. Bu fayların etkileşimlerinin depremlerin büyüklüğünü arttırdığı anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Doğrultu atımlı faylar, Kahramanmaraş Depremleri, Üçlü Kavşak.

Abstract: One of the largest earthquakes hits the Kahramanmaraş region and caused a major disaster. Numerous papers based on satellite data and computer modeling have since been published, but the models commonly contradict each other.

A long time has passed since then, and the primary purpose of this publication is now to view the main topics, namely, the major fault zones that caused the earthquakes and the tectonic regimes that generated them, based primarily on the field data that has long been ignored.

The faults that affected the February 6 Kahramanmaraş earthquakes are extensions of the regional-scale strike-slip faults known from Anatolia and its surroundings. These include the East Anatolian Transform Fault, the Dead Sea Transform Fault, the Antakya Transform Fault, the Sarız-Saimbeyli Mega Shear Zone, the faults of the Foreland Fold-Thrust Belt, and the Karasu Graben boundary faults. The interactions among these faults appear to have increased the magnitude of the earthquakes.

Keywords: Kahramanmaraş Earthquakes, Strike-slip faults, Triple junctions.

GİRİŞ

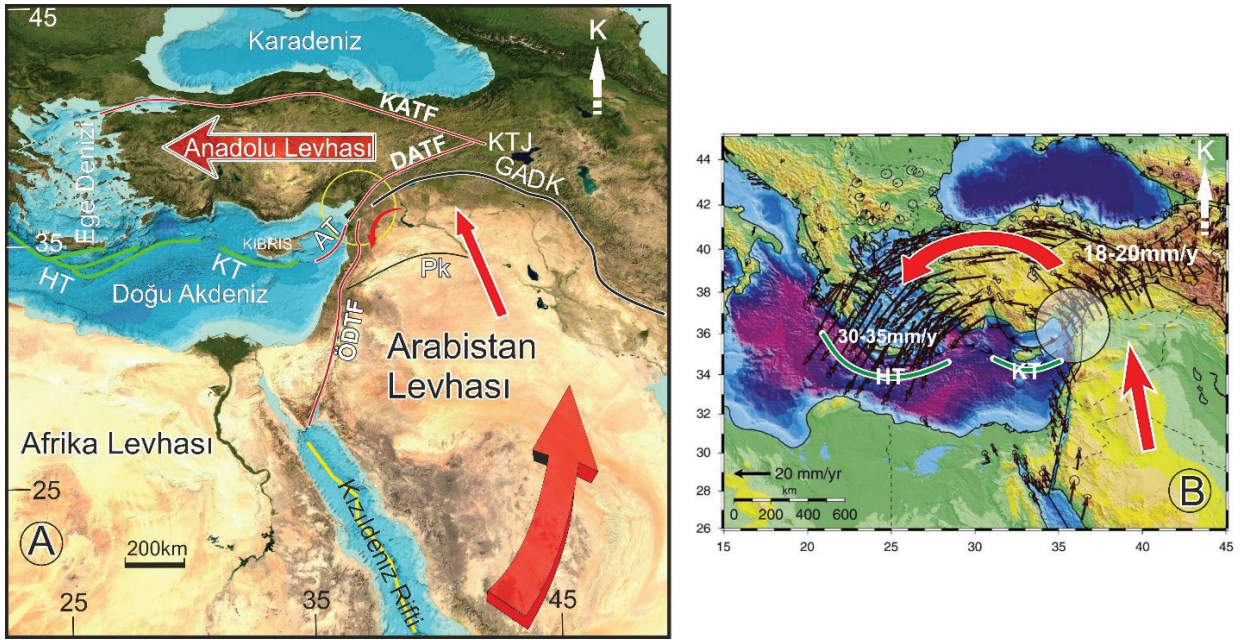
2023 Kahramanmaraş depremleri kara alanlarını vuran Dünya'nın en büyük depremlerindedir. 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş yakın çevresinde etkili olan Mw:7'den büyük depremler ve bunları izleyen artçı depremler yaklaşık 200 km çapında bir bölgeyi etkileyerek çok ciddi hasarlara ve binlerce insanın can kaybına neden olmuştur. Depremin hemen ardından ülkemizin pek çok kurumundan yerbilimci ekipleri deprem bölgesine hızla ulaşarak depreme neden olan fayların yüzey kırıkları üzerinde incelemelerde bulunmuşlardır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen gözlem ve değerlendirmeler raporlanarak bilim camiasının bilgisine sunulmuştur (AFAD Raporu, 2023a; Akıncı ve Ünlügenç, 2023; Akyüz, vd., 2023; DEÜ Raporu, 2023; Dilsiz vd., 2023; Güvercin vd., 2022; Esat ve Seyitoğlu 2023; Hussain, vd., 2023; İ.Ü. Cerrahpaşa Raporu, 2023, İTÜ Raporu, 2023; Karabacak vd., 2023; KOERI, 2023a; 2023b; MTA Raporu 2023a ve b; Kürçer vd., 2023a ve b; Parlak vd., 2023; Seyitoğlu vd., 2023; Ünlügenç vd., 2023).

İzleyen hafta ve aylarda ise güncel jeofizik ve jeodezik tekniklerin deprem bölgesine uygulanması niteliğinde olan, sismik ve yer değiştirme verilerinin değerlendirmelerine ağırlık veren deprem faylarının sismotektonik karakterlerini, yırtılma olgusunun mekaniğini ya da kaynak mekanizmalarını belirlemeyi amaçlayan çok sayıda yayın hızla yapılmıştır (Barbot vd., 2023; Chen vd., 2023; Delouis vd., 2023; Ding vd., 2023; Goldberg vd., 2023; Guo vd., 2023; Jiang, vd., 2023; Karabulut vd., 2023; Kusky, vd., 2023; Lekkas vd., 2023; Li vd., 2023; Lomax ve Precise 2023; Melgar vd., 2023; Ni vd., 2023; Özaçar vd., 2023; Wang, W. vd., 2023; Wang, Z. vd., 2023; Wu vd., 2023; Ma vd., 2024; Maggen vd., 2024; Özbey vd., 2024). Bazı araştırmacılar ise

deprem bölgelerinin yerel veya bölgesel yapısal analizlerine yoğunlaşmıştır. (Dal Zlio ve Ampuero, 2023, Ding, X. vd., 2023; Esat ve Seyitoğlu, 2023; He vd., 2023; Hussain vd., 2023; Jia vd., 2023; Karabulut vd., 2023; Liu vd., 2023; Okuwaki vd., 2023; Över vd., 2023; Tikhotsky vd., 2023; Delph vd., 2024; Hubbard and Bradley 2024; Gürboğa vd., 2024; Kobayashi vd., 2024; Meng vd., 2024; Ren vd., 2024). Ancak bu yayınların çoğu bölgede üretilen jeolojik incelemelerin ortaya koyduğu bilgi ve bulgulara, örneğin; fay zonları ile fay ağlarının konumları, düzen ve ilişkileri gibi önemli konulara değinmemektedir.

Yazımız bu eksikliği gidermeyi bu depremlere yol açan deformasyon örneğini ortaya koymayı ve deprem bölgesinin ana yapısal parametrelerinin analizleri yardımıyla, gelecekte araştırma yapacak araştırmacıların çalışmalarına ışık tutmayı amaçlamaktadır.

Anadolu Levhası, kıtasal alanlar içinde hızlı hareket eden ve buna bağlı olarak şiddetli tektonik deformasyon geçiren yörelerden birisidir (Şekil 1). Şekil 1B hareket vektörlerinin yön ve hızlarını göstermektedir. Güneydoğu Anadolu'da Arabistan levhasının kuzeye itmesi sonucu yılda 18-20 mm hızla ilerleyen Anadolu Levhası batıya doğru saatin tersi yönünde dönerek Helen Yitim Zonu (HT, Şekil 1B) boyunca Doğu Akdeniz okyanus kabuğu üzerine ilerlemektedir. Dalan levhanın gerilemesi sonucunda üst levhanın güneye doğru ilerlemesi de 30-35 mm/y hızlara ulaşmaktadır (Kahle vd., 2000; Reilinger vd., 2010; Biryol vd., 2011; Mahmoud vd., 2012; Aktuğ vd., 2016). Bu yüksek hızdaki hareket Anadolu'da pek çok yanal atımlı fayın gelişimine ve bunların hareketleri ise depremlere neden olmaktadır (Şekil 2). Kahramanmaraş depremleri de bu olgunun bir sonucudur (Guidoboni vd., 1994; Guidoboni ve Comastri, 2005; Graciela, 2022).



Şekil 1. A) Doğu Akdeniz, Anadolu ve çevresinde bölgesel uzanım gösteren ana yapısal öğeleri ve yanal atımlı fayları gösteren morfoloji-batimetri haritası. **Kısaltmalar:** AF: Antakya Transform Fayı, DATF: Doğu Anadolu Transform Fayı, GADK: Güneydoğu Anadolu Dağ Kuşağı, HT: Hellen Yitim Zonu, KATF: Kuzey Anadolu Transform Fayı, KT: Kıbrıs Yitim Zonu, KTJ: Karlıova üçlü birleşme noktası, ÖDTF: Ölü Deniz Transform Fayı, Pk: Palmira kuşağı. **B)** Anadolu ve çevresinin yıllık hareketini gösteren GPS vektör haritası (Reilinger vd., 2010'dan değiştirilerek alınmıştır). **Kısaltmalar:** HT: Hellen Yitim Zonu, KT: Kıbrıs Yitim Zonu.

Figure 1. A) Morphology-bathymetry map showing regional extension of main structural elements and strike-slip faults in Eastern Mediterranean, Anatolia and its surroundings. **Abbreviations:** AF: Antakya Transform Fault, DATF: Eastern Anatolian Transform Fault, GADK: Southeastern Anatolian Mountain Belt, HT: Hellenic Subduction Zone, KATF: North Anatolian Transform Fault, KT: Cyprus Subduction Zone, KTJ: Karlıova triple junction, ÖDTF: Dead Sea Transform Fault, Pk: Palmyra belt. **B)** GPS vector map showing annual movement of Anatolia and its surroundings (modified from Reilinger et al. 2010). **Abbreviations:** HT: Hellenic Subduction Zone, KT: Cyprus Subduction Zone.

DEPREM BÖLGESİNİ ETKİLEYEN YANAL ATIMLI BÖLGESEL FAYLAR

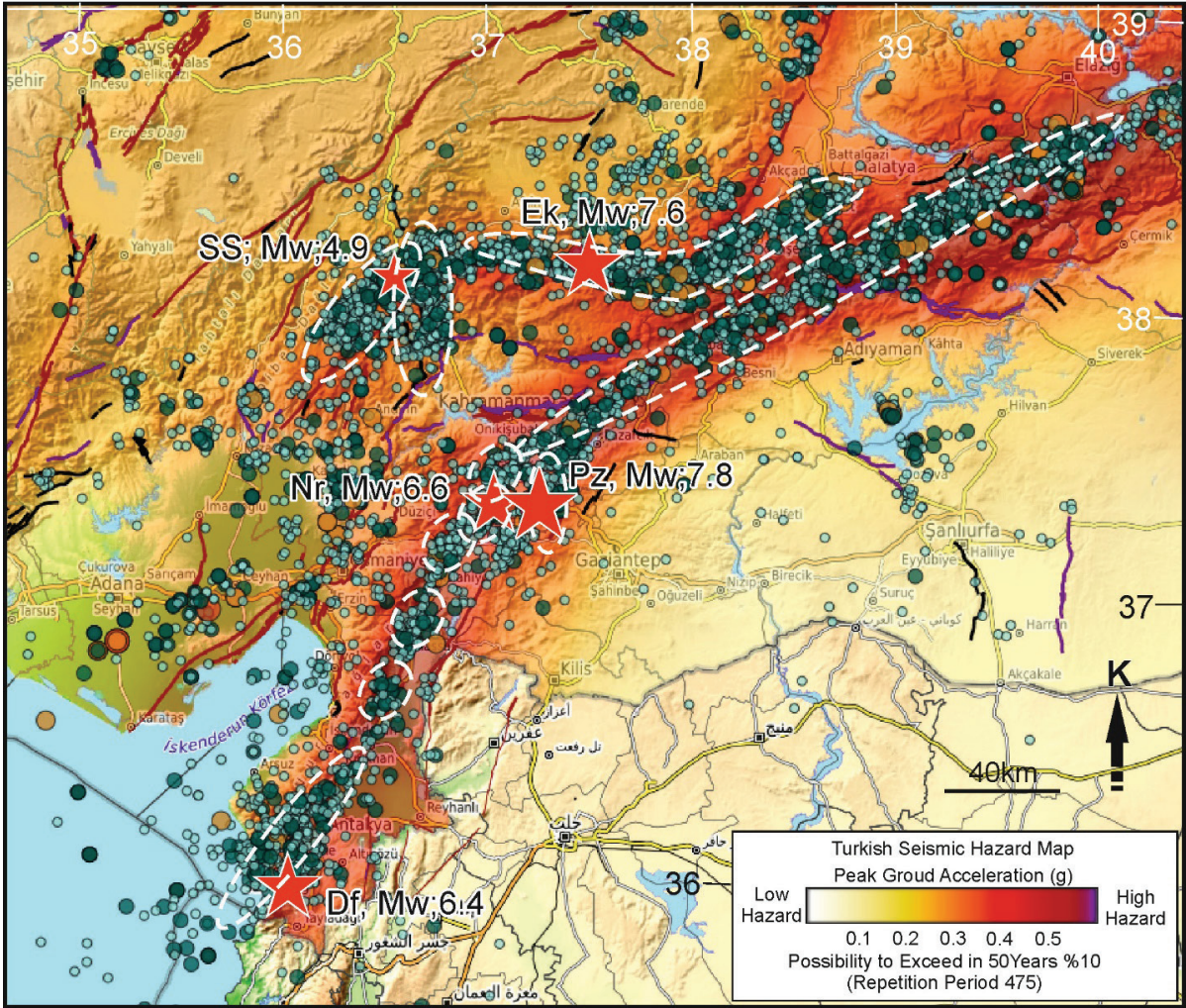
Deprem bölgesi ve dolaylarında altı büyük aktif yanal atımlı fay zonu ayırt edilmektedir (1-6, Şekil 3); 1-Doğu Anadolu Transform Fayı (DATF), 2-Ölü Deniz Transform Fayı (ÖDTF), 3-Antakya Transform Fayı (AF), 4-Sarız-Saimbeyli Mega Makaslama Zonu (SSMZ), 5-Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı'nın batıya uzanan fayları ve 6-Karasu Grabeni'nin sınır fayları (KG). Bu yanal atımlı fayların hiç birisi tek bir fay halinde olmayıp oldukça geniş (5-30 km) bir fay zonu halinde

uzanmaktadır. Bu nedenle bölge sismik etkinliğin geniş bir alana dağıldığı bir kuşak niteliindedir.

Kahramanmaraş depremleri ve bunları izleyen artçı depremlerin dağılımları (Şekil 2) özellikle Pazarcık ve Nurdağ depremlerinin DATF ile yakın ilişkisini göstermektedir. Ancak diğer depremlerde örneğin Ekinözü ve Defne depremlerinde birçok yayında belirtilmesine rağmen bu denli kesin ve açık bir bağlantı görülmemektedir. Diğer bazı yakın konumlu fayların doğrudan ya da dolaylı etkilerinin olduğu anlaşılmaktadır (Chorowicz vd., 1994; McClusky

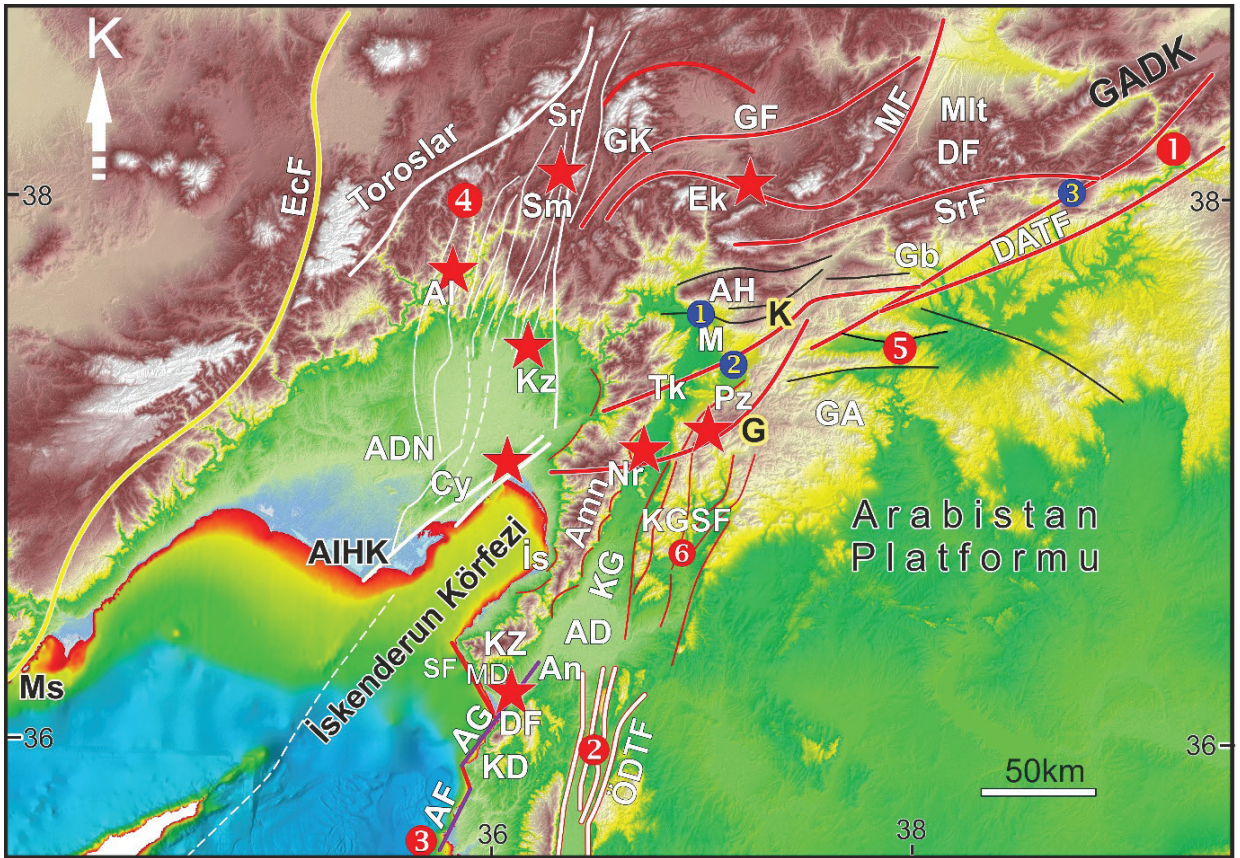
vd., 2000; Kahle vd., 2000; Wdowinski vd., 2004; Bertrand vd., 2006; Reilinger vd., 2010; Alchalbi vd., 2010; Özeren ve Holt. 2010; Masson vd., 2010; Meghraoui vd., 2011; Tiryakioğlu, 2012; Mahmoud vd., 2012; Gomez vd., 2020; Yıldız vd., 2020; Kusky vd., 2023; Özkan vd., 2023; Viltres vd., 2022; Xu vd., 2023). Bu nedenle aşağıdaki

bölümlerde bu faylar tanıtılacak ve olası rolleri ve etkileşimleri tartışılacaktır. Tanıtımda ilk kez tanımlanan SSMZ ve yanı sıra Karasu Graben sınır fayları üzerinde durulacak, DATF ve ÖDTF gibi iyi bilinenlerin üzerinde ise önceki çalışmalar kaynak gösterilmekle yetinilecektir.



Şekil 2. Deprem bölgesinin ana şok odaklarını ve artçı depremlerin dağılımlarını gösterir harita. Temel harita olarak AFAD (2023b) kullanılmıştır. Kırmızı yıldızlar büyük depremlerin bağıl büyüklüklerini ve odaklarını (epicentre) göstermektedir. Beyaz kesikli çizgilerle sınırlanan elipsler artçı depremlerin yoğunluk alanlarını göstermektedir. **Kısaltmalar:** Df: Defne, Ek: Ekinözü, Pz: Pazarcık, Nr: Nurdağ, SS: Sarız-Saimbeyli.

Figure 2. Map showing the main shock epicenters of the earthquake region and the distribution of aftershocks. The base map was taken from AFAD (2023b). Red stars indicate the relative magnitudes and epicenters of major earthquakes. Ellipses bounded by white dashed lines indicate the intensity areas of aftershocks. **Abbreviations:** Df: Defne, Ek: Ekinözü, Nr: Nurdağ, Pz: Pazarcık, SS: Sarız-Saimbeyli.



Şekil 3. Deprem bölgesini etkileyen ana yanal atımlı fay zonlarını ve büyük depremlerin odak noktalarını gösteren morfolotektonik harita. Haritada gösterilen faylar haritanın anlaşılır olabilmesi için sadeleştirilerek çizilmiştir. 1: Beyaz konturlu kırmızı çizgiler Doğu Anadolu Transform Fayı'nı (DATF) ve kollarını göstermektedir, (K: kuzey kol, G: güney kol). 2: Kırmızı konturlu beyaz çizgiler Ölü Deniz Transform Fayı (ÖDTF)'nin kollarını göstermektedir. 3: Mor çizgiler Antakya Transform Fayı'nın kollarını göstermektedir. 4: Beyaz ince çizgiler Sarız-Saimbeyli Mega Makaslama Zonunu göstermektedir. 5: Sık aralı ince çizgiler fay demetlerinin varlığını işaret etmektedir. 6: İnce kırmızı çizgiler Karasu Grabeni sınır faylarını göstermektedir. Mavi zemin üzerindeki rakamlar (1,2,3) daha önceki olası üçlü kavşak önerileridir. Yıldızlar büyük depremlerin odak noktalarını, yanlarındaki kısaltmalar ise depremlerin adını belirtmektedir: Al: Aladağ depremi, DF: Defne depremi, Ek: Ekinözü (Elbistan) depremi, Kz: Kozan depremi, Pz: Pazarcık depremi, Nr: Nurdağ depremi, Sm: Sarız- Saimbeyli depremi. **Kısaltmalar:** AD: Amik Depresyonu, AF: Antakya Transform Fayı, AH: Ahır Dağı antiklinali, AİHK: Adana-İskenderun havza kompleksi, AG: Asi Grabeni, Amn: Amanos Dağları, EcF: Ecemiş Fayı, Ek: Erkenek Fayı, GF: Göksun Fayı, KG: Karasu Grabeni, KD: Keldağ Horstu, KGSF: Karasu Grabeni'nin kenar fayları, KZ: Kızıldağ Horstu, MF: Malatya Fayı, MD: Musadağ Horstu, GADK: Güneydoğu Anadolu Dağ Kuşağı, Sr: Sarız Fayı, SrF: Sürgü Fayı. **Yerleşim yerleri;** ADN: Adana, An: Antakya, Cy: Ceyhan, DF: Doğanşehir, GA: Gaziantep, Gb: Gölbaşı, GK: Göksun, İs: İskenderun, M: Kahramanmaraş, Mlt: Malatya, Ms: Mersin, Pz: Pazarcık, Sr: Sarız.

Figure 3. Morphotectonic map showing the main strike-slip fault zones affecting the earthquake region and the epicenters of large earthquakes. The faults shown on the map have been simplified to make the map understandable. 1: Red lines with white contours show the East Anatolian Transform Fault (DATF) and its branches (N: northern and S: southern branches). 2: White lines with red contours show the branches of the Dead Sea Transform Fault (ÖDTF). 3: Purple lines show the branches of the Antakya Transform Fault. 4: White thin lines show the Sarız-

*Saimbeyli Mega Shear Zone. Closely spaced thin lines indicate the presence of fault bundles. 5: Black lines show the Foreland Fold-Thrust Belt faults. 6: Thin red lines show the Karasu Graben boundary faults. The numbers on the blue background (1,2,3) are possible triple junction suggestions before. Stars indicate the epicenters of major earthquakes, and the abbreviations next to them indicate the names of the earthquakes: Al: Aladağ earthquake, DF: Defne earthquake, Ek: Ekinözü (Elbistan) earthquake, Kz: Kozan earthquake, Pz: Pazarcık earthquake, Nr: Nurdağ earthquake, Sm: Sarız- Saimbeyli earthquake. **Abbreviations:** AD: Amik Depression, AF: Antakya Transform Fault, AH: Ahır Dağı anticline, AİHK: Adana-İskenderun basin complex, AG: Asi Graben, Amn: Amanos Mountains, EcF: Ecemiş Fault, Ek: Erkenek fault, GF: Göksun fault, KG: Karasu Graben, NE: Keldağ horst, KGSF: Marginal faults of Karasu Graben, KZ: Kızıldağ horst, MF: Malatya fault, MD: Musadağ horst, GADK: Southeastern Anatolian Mountain Belt, Sr: Sarız fault, SrF: Sürgü fault. **Settlements;** ADN: Adana, An: Antakya, Cy: Ceyhan, DF: Doğanşehir, GA: Gaziantep, Gb: Gölbaşı, İS: İskenderun, M: Kahramanmaraş, Mlt: Malatya, Ms: Mersin, Pz: Pazarcık, Sr: Sarız.*

Doğu Anadolu Transform Fayı

Doğu Anadolu Transform Fayı (1, Şekil 3) Anadolu Levhası'nın güney sınırını oluşturmaktadır (Şengör, 1979). Karlıova üçlü birleşme noktasından (KTJ, Şekil 1A) Kahramanmaraş bölgesine kadar, yaklaşık 450 km uzanan, Anadolu'nun en uzun faylarından birini temsil eder. Yanal atımlı sol yönlü bu fayın üzerinde en kuzeyinden (Şengör, 1979; Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve Yılmaz 1981; Taymaz vd., 1991; Şaroğlu ve Yılmaz 1987; Hubert-Ferrari vd., 2009; Karaoğlu vd., 2020) başlayarak güney kesimlere doğru çok sayıda araştırma ve yayın yapılmıştır (Muehlberger ve Gordon 1987, Kiratzi, 1993; Perinçek ve Çemen, 1990; Şaroğlu vd., 1992; Yılmaz, H. vd., 2006; Herece, 2008; Hubert-Ferrari vd., 2009; Mahmoud vd., 2012; Aktuğ vd., 2016; Duman ve Emre, 2013; Emre vd., 2013; Yönlü vd., 2013; Yılmaz, 2017; Palutoğlu ve Şaşmaz, 2017; Şengör vd., 2019; Tatar vd., 2020; Pousse-Beltran vd., 2020; Balkaya vd., 2021; Güvercin vd., 2022; Chen vd., 2023; Wang ve Barbot 2024).

Uzanimı boyunca DATF, önemli farklılıklar sergiler (ilgili kaynaklar için Herece 2008; Emre vd., 2013; Tatar vd., 2020; Gürbüz 2023; Xu vd., 2023). Belirgin özelliklerinin başında farklı segmentlerden oluşması gelmektedir. Örneğin en kuzeyde Elâzığ ile Karlıova arasındaki parça tek bir kol şeklinde uzanır. Güneye doğru çok kollu geniş zonlar halindedir. Elâzığ-Hazar Gölü dolayında 5 km'den daha geniş bir zonda birbirlerinden bağımsız gibi görünen paralel uzanan en az 5 fay kolu tanınmaktadır. Daha güney alanlarda, özellikle ofiyolit kuşaklarını kestiği yörelerde ise fayın sahada belirgin sürekli niteliği kaybolur. Fay, serpantininitin fiziksel davranışı nedeniyle geniş bir hacme dağılan çok sayıda kırıkla karşılanmıştır.

Diğer bazı kesimlerde örneğin Sürgü yakınlarında fayın, ana doğrultusundan sapıp ayrılan kollar vardır (Şekil 3). Sürgü Fayı olarak adlanan bu fay yaklaşık D-B doğrultuludur. Kahramanmaraş depremlerinin en büyüklerinden (Mw:7,6) Ekinözü-Elbistan depremi (Ekinözü 3800717N, 3702063E, KOERI 2023a ve b) Sürgü Fayı'nın devamı gibi görülen ancak ondan bağımsız olan Erkenek Fayı'nın üzerinde gerçekleşmiştir (Ek, Şekil 3). Arazi gözlemleri ve fay çözümlerine göre deprem yanıl atımlı-sol yönlü hareket sonucunda oluşmuştur (Seyitoğlu vd., 2023). Batı kesimlerde doğu-batı doğrultusunda uzanan fay, doğuda KKD'ya doğru dönmekte ve Malatya yönünde uzanmaktadır (Şekil 3). Bu alanlarda Malatya Fayı olarak tanımlanmıştır (MF, Şekil 3).

DATF daha da güneyde Gölbaşı dolayında (Gb, Şekil 3) biri kuzey diğeri güneyde yer alan iki ana kol halinde (K ve G, Şekil 3) güneybatıya uzanmaktadır. Bu kollar boyunca çizgisel sırtlarla ayrılan yerel çek ayır havzaları gelişmiştir. Her iki kol da Karasu Grabeni'ni, yer yer alüvyonla örtülü olmasına rağmen, verevine keserek Amanos Horstu'na uzanmakta ve horstu da bir uçtan bir uca biçip, geçmektedir (Şekil 3 ve 5) (Yılmaz 1984). Pazarcık (Mw:7,8) ve Nurdağ depremlerinin güney kol üzerinde geliştiği görülmektedir (Pz ve Nr, Şekil 3).

Ölü Deniz Transform Fayı

Ölü Deniz Transform Fayı (2, Şekil 3) Arabistan Levhasını Afrika-Doğu Akdeniz levhasından ayıran bir levha sınırı fayıdır (Şekil 1A). Bu nedenle üzerinde pek çok araştırma gerçekleştirilmiştir (ilgili kaynaklar için; Girdler, 1990; Heimann and Ron, 1993; Garfunkel 1997; 2014; Dembo vd., 2021; ten Brink vd., 2023). Dünya'nın en uzun faylarından birisini temsil eder. K-G doğrultusunda, Akabe Körfezi'nden Amik Çöküntüsü'ne kadar uzantısı 1000 km'yi bulmaktadır.

Ölü Deniz Fayı'nın yanal atımı güneyde 100 km mertebelerinde iken kuzeye doğru 60 km'lere düşer. Suriye Yayı da denilen doğu-batı uzanımlı Palmira Kıvrım Kuşağı'nın (Pk, Şekil 1A) Ölü Deniz Transform Fayı'ndan ayrılması ve yanal atımın bir kısmını üzerine almasının yanal atımın azalmasına neden olduğu belirtilmektedir (Garfunkel, 1997; Mart vd., 2005; Marco, 2007; Alchalbi vd., 2010; ten Brink vd., 2023). Antakya bölgesine ulaştığında fay üzerinde ölçülen kayma hızının 0,4 mm/y kadar azaldığı bilinmektedir (Herece 2008).

En kuzey kesiminde, Amik Depresyonu'na kavuştuğu bölgede Ölü Deniz Transform Fayı çok sayıda faydan oluşan ve eni 30 km'ye kadar yayılan geniş bir fay yelpazesi görünümü sergiler (2, Şekil 3). Bu kuşakta faylar birbirlerine kavuşup ayrılan örgülü (anastomosing) bir harita örneği sergilemektedir.

Antakya Transform Fayı

Antakya Transform Fayı (3, Şekil 3) Antakya güneyinde Asi Nehri vadisini doğudan sınırlayarak kara alanları boyunca izlenen (Över vd., 2004a, 2004b; Boulton ve Robertson, 2008; Yılmaz, 2017; 2021) daha da güneyde Doğu Akdeniz içinde güneybatı yönünde uzanarak Kıbrıs güneyine ulaşan, uzunluğu 250 km'yi bulan bir faydır. Antakya Transform Fayı üzerinde

uzunluğundan umulan birçok tarihsel deprem oluşmuştur (13 Aralık 115, Mw:7,5 ve 20 Mayıs 526, Mw:7,0; Ambraseys, 2009). Defne Depremi (20 Şubat 2023, Mw: 6,4) de bu fayın kollarından birisi üzerinde Hatay'ın Defne yerleşimi yakınında (Şekil 2 ve 3) gerçekleşmiştir. Deprem sırasında belirgin bir yüzey kırığı gelişmemiştir (MTA, 2023b). Depremin eğim atımlı bir fay kolu üzerinde geliştiği, fay hareketinde az miktarda sol yönlü yanal atım saptandığı belirtilmiştir (KOERİ 2023a; Över vd., 2023; Özkan vd., 2023).

Asi Nehri'nin içinde aktığı dar (> 4 km) vadi asimetric bir senklinaldir. Senklinali kuzeyden Kızıldağ (KZ, Fig 3), güneyden, Keldağ (KD, Şekil 3) horstları, batıdan ise Samandağ Fayı sınırlar (SF, Şekil 3 ve 5) (Över vd., 2002; Blackwell vd., 2011; 2012; Tarı vd., 2014; Yılmaz, 2017; 2019; 2020). Grabenin kuzey kenarında çok belirgin olmayan bazı faylar yer almaktadır (Boulton ve Robertson, 2008; Florentine vd., 2014; Yılmaz, 2017; Özkan vd., 2023). Keldağ Horstu ile sınır oluşturan Antakya Transform Fayı ise kara alanlarında 5 km kadar geniş bir zonda izlenebilen bölgenin en önemli faylarındanıdır. Fay zonu çok sayıda faydan oluşmaktadır. Morfolojik veriler ile fay düzlemi gözlemleri, faylardan bazılarında eğim atım bileşenin bazılarının ise yanal atım bileşenin egemen olduğunu göstermektedir. Her iki atımının da önemli yer değiştirmelere neden olduğu saptanmıştır (Yılmaz 1984, 2020). Yanal atımlı faylar sağ yönlü hareket geçirmiştir. Akdeniz'e yaklaşırken Antakya Transform Fayı'nın kollarının, Keldağ Horst ve Domu'nun kuzey kenarını biçtiği ve denizin içine doğru 10 km'den fazla sağ yönlü ötelediği izlenmektedir (Şekil 3 ve 5) (Yılmaz 2020, 2025). Eğim atımlar ise Kuvaterner süresince Keldağ Domu'nun üzerinde tektonik aşınmayla 4 km'den kalın bir istifin yok olmasına neden olmuştur (Yılmaz 1984, 2017, 2019, 2020). Samandağ ve Kızıldağ horstları üzerinde yapılan ayrıntılı izotop yaş verileriyle desteklenen ayrıntılı çalışmalar BKB-DGD yönlü gerilme rejimi sonucunda her iki hostun da hızla

yükselmekte olduğunu belgelemiştir (Pirazzoli vd.,1991; Blackwell vd., 2012; Florentine vd., 2014; Tarı vd., 2014). Seyrek vd., (2007) yükselme hızını 0,25-0,40 mm/y olarak ölçmüştür. Bunlara göre Amanoslar'ın günümüzdeki konumuna yükselmesi Pliyosen'den sonra gelişmiştir.

Sarız-Saimbeyli Mega Makaslama Zonu

Sarız-Saimbeyli Mega Makaslama Zonu (SSMZ) (4, Şekil 3), tepe noktası kuzeyde olup güneye doğru genişleyen üçgen şekilli bir fay yelpazesine verilen addır (Şekil 4; Yılmaz 2025). Kuzeyde eni 1-5 km kadar dardır. Güneye doğru üçgenin taban genişliği 30-40 km lere ulaşmaktadır. SSMZ üçgeninin tepesi kuzeyde Toros Dağları ile Güneydoğu Anadolu Dağ Kuşağının birleştiği bölgede yer alır. Güneyde ise Adana Düzlüğü'nün içine doğru genişler (Şekil 4).

Adana düzlüğü, genç; Miyosen'den sonra gelişmiş, faylarla sınırlı, batıda Adana, doğuda ise İskenderun havzalarının birleşmesinden oluşan, kompleks bir havzadır. İki havzayı deniz alanında yaklaşık K-G gidişli Kyrenia-Misis yapısal sırtı, karada ise onun devamı olan Misis-Andırın sırtı ayırır (Yılmaz, 2021). SSMZ'na ait birkaç uzun fayın tek faylar halinde Adana Düzlüğü'nün alüvyon örtüsünü biçip Akdeniz'e uzandığı görülmektedir (Şekil 3). Adana Düzlüğü'nü batıdan Ecemiş Fayı sınırlar (EcF, Şekil 3). Bu fay KATF'ından ayrılarak güneye uzanıp Orta Anadolu'yu biçip geçen önemli faylardan birisidir. Ancak aletsel veriler ve tarihsel kayıtlardan fayın güney alanlarda önemli sismik etkinlik göstermediği belirtilmektedir (Duman vd., 2017).

SSMZ birbirlerinden ayrılıp kavuşan (anastomosing), sık aralı, çok sayıda faydan oluşan bir yapısal kuşağı temsil eder (Şekil 3 ve 4). Fayların çoğu, uzunlukları birkaç yüz metre ile bir-iki km arasında değişen, kısa faylardır. Bu kuşakta Sarız ve Saimbeyli fayları gibi, uzunlukları 50 km'yi aşan faylar da vardır. Bunlar

KATF'den ayrılıp İç Anadolu'yu verevine biçen Erzincan-Pülümür ve Darende faylarına doğru kuzeye uzanmaktadır (Sr ve Sm, Şekil 3) (Yılmaz 2025).

SSMZ faylarının çoğu sol yönlü, yanal atımlıdır. Bu fayların sınırladığı ince uzun bloklar ileri derece kataklastik deformasyona uğramıştır.

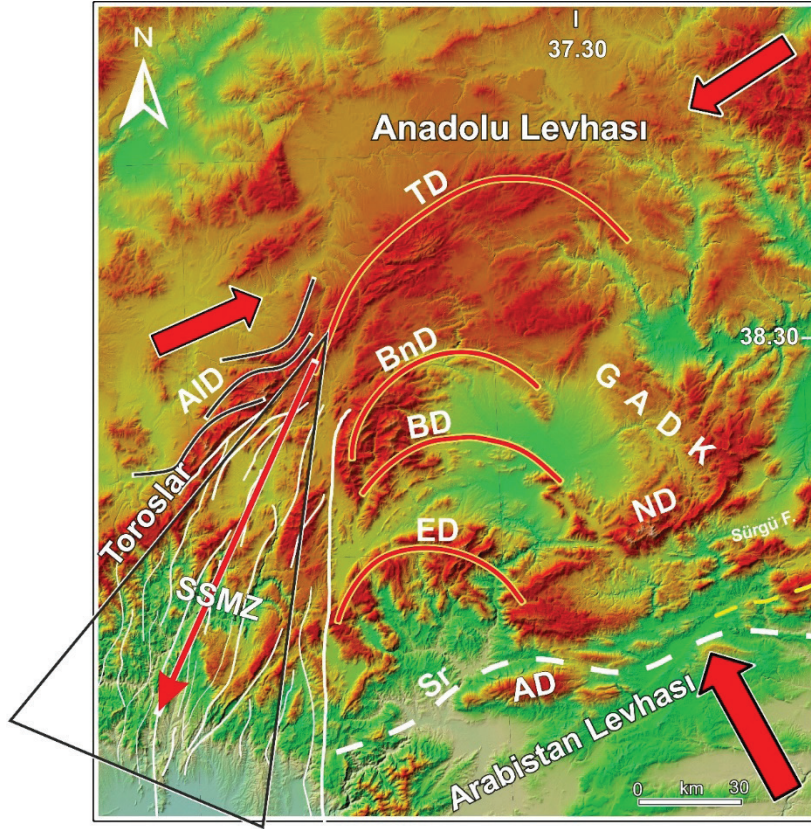
SSMZ üçgeninin tepe yöresinde (kuzeyde) fayların çoğu sıkışma bileşenlidir (transpressional). Güneye, Adana düzlüğüne doğru göreceli olarak gerilme bileşenli (transtansiyonel) faylar egemen olurlar.

SSMZ fayları üzerinde de pek çok deprem olmaktadır. Büyüklüğü 4 ve üzerinde, yılda ortalama 70 kadar deprem oluştuğu bilinmektedir. 1998 Ceyhan depremi (Mw; 6,3) (Cy, Şekil 3) örnek olarak verilebilir. Kahramanmaraş depremleriyle kısmen üstelenen süreçte de Saimbeyli (Mw; 4,9), Aladağ (Mw, 4,5) ve Kozan (Mw; 4,6) depremleri oluşmuştur.

Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı yapısal unsurlarının Kahramanmaraş Deprem Bölgesi'ndeki uzantıları

Kahramanmaraş Çöküntüsü (M, Şekil 3); Karasu Grabeni ile Amanos Horstu'nun kuzeyinde, yaklaşık doğu-batı uzanımlı, asimetric ve güney yönünde devrik bir senklinale karşılık gelmektedir (Yılmaz 1984, 1993, 2025). Senklinalin güneydoğu kesimini DATF'nin bu bölgeye uzanan kuzey kolu (K, Şekil 3) keserek Amanos Dağları'na ulaşmaktadır.

Kahramanmaraş Senklinali'nin kuzeyini Ahırdağ Antiklinali (AH, Şekil 3) sınırlar. Ahırdağ Antiklinali güney-güneybatı yönünde senklinalin kuzey kenarı üzerine itilmiştir. Ahırdağ Antiklinali ve Kahramanmaraş Senklinali Arabistan Platformu'nun kuzey cephesini oluşturan Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı'nın kuzey batı kenarında yer alan aralı-aşmalı (en-échélon) bir dizi kıvrımın en batı temsilcileridir (5, Şekil 3).



Şekil 4. İnceleme alanında yer alan dağ kuşaklarının gidiş çizgilerini gösteren morfofotektonik harita. Sarı konturlu kırmızı çizgiler Güneydoğu Anadolu Dağ Kuşağını (GADK); Beyaz çift çizgiyle çevrelenmiş siyah çizgiler Toros kuşağını; Kalın, kesikli beyaz çizgi kenet kuşağının (Sr) yaklaşık yeri ve uzanımını göstermektedir. Siyah üçgen; Sarız-Saimbeyli Mega Makaslama zonunun (SSMZ) yaklaşık yerini sınırlamaktadır. Kırmızı kalın oklar levha hareket yönlerini belirtmektedir. Beyaz ince çizgiler SSMZ’nu oluşturan atımlı fayları göstermektedir. Kırmızı ince ok SSMZ’nun hareket yönünü işaret etmektedir. **Kısaltmalar:** AID: Aladağlar (Toros). GADK’nın ana bileşeni olan dağ kuşakları kuzeyden güneye, TD: Tahtalı dağları, BnD: Binboğa Dağları, BD: Berit Dağları, ED: Engizek Dağları, ND: Nurhak dağları, AD: Ahır Dağı.

Figure 4. Morphotectonic map showing the trend lines of the mountain belts in the study area. Red lines with yellow contours indicate the Southeastern Anatolian Mountain Belt (GADK); Black lines surrounded by white double lines indicate the Taurus Belt; Thick, dashed white line indicates the approximate location and extension of the suture belt (Sr). Black triangle; limits the approximate location of the Sarız-Saimbeyli Mega Shear Zone (SSMZ). Thick red arrows indicate the plate motion directions. Thin white lines indicate the strike-slip faults forming the SSMZ. Thin red arrow indicates the direction of movement of the SSMZ. **Abbreviations:** AID: Aladağlar (Taurus). The mountain belts that are the main components of the GADK are from north to south, TD: Tahtalı Mountains, BnD: Binboğa Mountains, BD: Berit Mountains, ED: Engizek Mountains, ND: Nurhak Mountains, AD: Ahır Mountain.

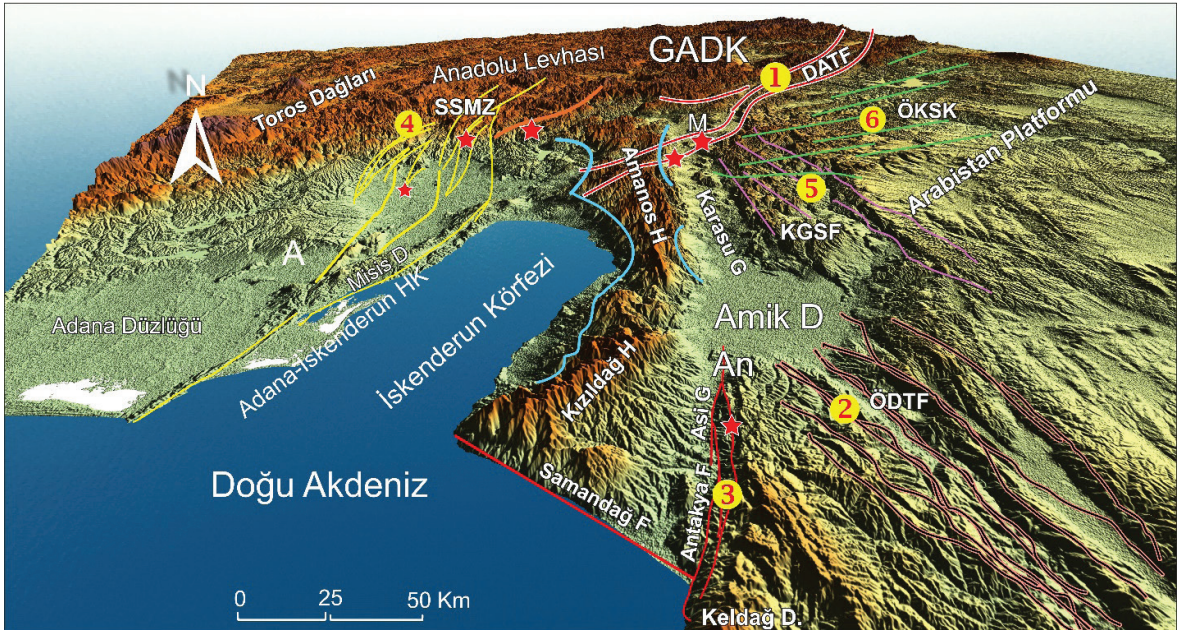
Kıvrım eksenine dar açı yapan, sol yönlü yanal atımlı ve ters atım bileşenli oblik faylar Ahırdağ Antiklinali’ni verevine kesmektedir (Yılmaz, 1994 ve 2025).

Bu kısa tanıtımdan da görüleceği gibi Kahramanmaraş Senklinali güneybatı yönünde itilmekte olan Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı’nda, Ahırdağ Antiklinali’nin önünde gelişmiş bir önülke havzasını temsil etmektedir.

Karasu Grabeninin Sınır Fayları

Karasu Grabeni (6, Şekil 3); Karasu Vadisi boyunca K-G uzanan asimetrik bir çöküntü alanıdır. Karasu Grabeni'ni batıdan Amanos Horstu sınırlar. Horst, grabenin taban yüksekliği olan 100-500 metrelerden horstun doruk düzeyi olan 2000 metrelere, yüksek şevlerle yükselen, güneyde Antakya Bölgesi'nden kuzeyde Kahramanmaraş Çöküntüsü'ne kadar 160 km kadar uzanan dev bir yapıdır (Şekil 5). Birçok küçük fay, grabeni horsttan ayırır. Fayların, içbükey harita örneklerinin de belli ettiği gibi,

eğim atım bileşenleri egemendir (Şekil 3, 5). Faylarda sol yönlü, küçük (<100m) yanal atım bileşeni de saptanmıştır (Yılmaz 2017, 2021). Ancak egemen olan eğim atımlarına dayanarak önceki bazı araştırmacılar bu fayları normal fay olarak tanımlamıştır (Arpat ve Şaroğlu, 1975; Boulton ve Robertson, 2008). Bu faylar, bölgeyi etkileyen D-B yönlü transtansiyonel bir tektonik düzenlemenin ürünleri olarak gelişmişlerdir (Yılmaz, 1984; Över vd., 2004a; Boulton, 2013; Boulton ve Robertson, 2008; Yılmaz, 2017).



Şekil 5. İnceleme alanının ana yanal atımlı fay zonlarını morfoloji ile birlikte gösteren sayısal yükseklik modeli. 1-DATF: Doğu Anadolu Transform Fayı, 2-ÖDTF: Ölü Deniz Transform Fayı, 3-AF: Antakya Transform Fayı, 4-SSMZ: Sarız-Saimbeyli Mega Makaslama Zonu, 5-KGSF: Karasu Grabeni'nin sınır fayları, 6-ÖKSK; Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı'nın fayları. Yıldızlar büyük depremlerin odak noktalarını göstermektedir. **Kısaltmalar:** A: Adana, MisisD: Misis-Andırın Dağ Kuşağı, GADK: Güneydoğu Anadolu Dağ Kuşağı, AsiG: Asi Grabeni, An: Antakya, Samandağ F: Samandağ Fayı, Keldağ D: Keldağ Horst ve Domu, Amik D: Amik depresyonu, Amanos H: Amanos Horst, M: Kahramanmaraş.

Figure 5. Digital elevation model showing the main strike-slip fault zones of the study area on the morphology map. 1-DATF: Eastern Anatolia Transform Fault, 2-ÖDTF: Dead Sea Transform Fault, 3-AF: Antakya Transform Fault, 4-SSMZ: Sarız-Saimbeyli Mega Shear Zone, 5-KGSF: Border faults of the Karasu Graben, 6-ÖKSK; Faults of the Foreland Fold and Thrust Belt. Stars indicate the epicenters of large earthquakes. **Abbreviations;** A: Adana, Misis D: Misis-Andırın Mountain Belt, GADK: Southeast Anatolian Mountain Belt, Asi G: Asi Graben, An: Antakya, Samandağ F: Samandağ Fault, Keldağ D: Keldağ Horst and Dome, Amik D: Amik depression, Amanos H: Amanos Horst, M: Kahramanmaraş.

Amanos Horstu da Miyosen sonrası etkili olan yaklaşık D-B yönlü gerilme rejiminin ürünüdür. Horstu, batıda yer alan İskenderun Havzası'ndan, çok sayıda kürek biçimli (listric) normal faylar ayırmaktadır (Şekil 5) (Yılmaz 1984, 2021). Bu fayların fay düzlemlerinin eğimleri batı yönünde yataya doğru dönmektedir. Sismik verilere göre bu küçük faylar İskenderun Havzası altında yer alan bir ana faya bağlanmaktadır (Yılmaz 1984, 2017, 2020 ve 2021).

Karasu Grabeni'nin doğu sınırını yaklaşık kuzey-güney doğrultusunda uzanan bir grup yarı-paralel, kısa, çoğu sol yönlü yanal atımlı fay oluşturmaktadır (6, Şekil 3 ve 5) (Yılmaz, 1984; Rojay vd., 2001; Karabacak 2007). Faylar bölgede grabenin batı sınırına nazaran düşük engebeli bir topografya geliştirmiştir.

Karasu Grabeni'nin doğu kenar fayları kuzeyde Önlüke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı'nın faylarıyla, batı kenar fayları ise kuzeyde DATF'nin ana kollarını oluşturan faylarla iç içedir. Birbirlerini kestikleri ve ötedikleri gözlenmektedir (Şekil 3).

DEPREM FAYLARININ OLUŞ ve GELİŞİMLERİ ÜZERİNE TARTIŞMA

Güney Anadolu'nun orta kesiminde yer alan deprem bölgesi; Arabistan, Anadolu ve Afrika-Doğu Akdeniz Levhaları'nın birbirlerine yaklaştığı ve birbirlerini etkiledikleri bir yöredir (Şekil 1). Bu nedenle, deprem bölgelerinin yerel tektoniğinin aydınlatılmasına temel olması amacıyla önce bölgenin tektonik çatısı kısaca tartışılacak daha sonra da her deprem bölgesinin yerel tektoniği ele alınacaktır.

Bölgesel Tektonik ve Deprem Yörelere Yersel Etkileri

Anadolu'nun hızlı hareketinin motoru Arabistan Levhası'nın yaklaşık kuzey yönünde ilerleyerek Anadolu'yu sıkıştırmasıdır (Şekil 1 A ve B).

Arabistan Levhası, Kızıldeniz açılma eksenini (rift) boyunca Afrika'dan kopup ayrılarak saatin tersi yönünde kuzeye doğru ilerlemektedir. İlerleme, batıda Ölü Deniz Transform Fayı boyunca gerçekleşmektedir (ÖDTF, Şekil 1A). Kuzey yönünde ilerlemenin sonucu olarak Arabistan Levhası arada yer alan okyanusal alanları Geç Mesozoyik'ten başlayarak Miyosen'e kadarki sürede yok ettikten (Şengör ve Yılmaz, 1981; Perinçek ve Çemen, 1990; Jolivet ve Facenna, 2000; Lei ve Zhao, 2007; Yılmaz, 2017; 2019; Çemen ve Yılmaz, 2017; Govers ve Fichtner, 2016; Kaviani vd., 2018; Kounoudis vd., 2020; Yılmaz vd., 2023a; 2023b) sonra Anadolu Levhasıyla çarpışmıştır. Çarpışmanın ürünü olarak Geç Miyosen'den başlayarak önce Güneydoğu Anadolu Dağ Kuşağı gelişmiştir (GADK, Şekil 1A) (Şengör ve Yılmaz 1981). Bu nedenle GADK bir kenet kuşağını temsil etmektedir (ilgili kaynaklar için Yılmaz 2023a, 2023b). Arabistan Levhası'nın kuzey yönünde ilerlemesi çarpışmadan sonra da sürmüştür, bunun sonucunda önce GADK yükselmeye başlamış (Yılmaz 1993; 2017; Şengör vd., 2003; Jolivet ve Facenna 2000; Yılmaz vd., 2023b) ve daha sonra Doğu Anadolu da yükselerek bir plato konumuna ulaşmıştır (Şengör vd., 2003; Schildgen vd., 2014; Yılmaz, 2017; Yılmaz vd., 2023a). Kenar sıra dağlarının yükselmeleri Doğu Anadolu'nun kuzey-güney sıkışması ile Anadolu Levhası'nın batıya kaçmasına bağlı olarak günümüzde de devam etmektedir.

K-G yönlü bu sıkışma Doğu Anadolu'nun hacmi içinde karşılanamaz düzeye ulaştığı Pliyo-Pleyistosen'de KATF ile DATF (Şekil 1A) oluşmuştur (McKenzie 1972; Şengör and Kidd 1979; Barka ve Hancock 1984; Koçyiğit vd., 2001; Şengör vd., 2005; Gürbüz ve Gürer 2009; Yılmaz Y 2017). Bu fayların sınırladığı bağımsız litosfer parçası olan Anadolu Levhası iki yanal atımlı fayın birleşme noktası olan Karlıova'dan (KTJ, Şekil 1A) (Şaroğlu ve Yılmaz, 1987; 1991; Sancar vd., 2018) başlayarak batı yönünde kaçmakta ve

Arabistan Levhası'nın kuzeye ilerlemesinin neden olduğu kuvvetin bir kısmını batıya aktarmaktadır.

Arabistan Levhası'nın kuzey yönlü ilerlemeyi sürdürmesine bağlı olarak Geç Miyosen'den sonra GADK'nın güney cephesi boyunca 50 km'den geniş bir Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı gelişmiştir (Yılmaz 1993; 2019; Yılmaz vd., 2023b). Bu kuşak batıda Kahramanmaraş yöresine ulaşmaktadır (Çemen vd., 1992; Yılmaz, 2017; 2019; Yiğitbaş ve Yılmaz, 1996; Yılmaz vd., 2023b).

Sıkışmanın ürünü olarak Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı'nda D-B doğrultulu, doğrultu atımı egemen oblik faylar da gelişmiştir (Şekil 3). Bu faylar önülke kıvrımlarının güneye devrik kanatlarını biçip onları sol yanal ötelemektedir.

Deprem alanları, Arabistan Levhası'nın kuzeybatı ucunda ve yakınında yer almaktadır (Şekil 3). Bu bölge aynı zamanda Güneydoğu Anadolu, Toros ve Amanos dağ kuşaklarının birbirlerine yaklaşıp yer yer değdikleri bir yöredir. Bu dağ kuşaklarını güneyden Karasu Grabeni ile Adana-İskenderun Havza Kompleksi (AİHK, Şekil 3) çevrelemektedir. Bu çanaklar güneye doğru genişleyerek Doğu Akdeniz'e kavuşmaktadır. Üzerinde Kahramanmaraş depremlerinin geliştiği Güney Anadolu'nun orta kesimi başlıca iki tektonik gücün etkisiyle biçim değişimine zorlanmaktadır. 1-Anadolu Levhası'nın DATF boyunca güneybatı yönünde ilerleyerek bu bölgeyi sıkıştırması, 2- Kıbrıs Yitim Zonu'nun güneye göç etmesi ve Anadolu Levhası altına dalmakta olan Doğu Akdeniz okyanus litosferinin gerilemesi (Lei ve Zhao, 2007; Kaviani vd., 2018; Özeren ve Holt, 2010; Schildgen vd., 2014; Facenna vd., 2013; Confal vd., 2018; Taylor vd., 2018; Kounoudis vd., 2020).

Ölü Deniz ve Doğu Anadolu Fayları levha sınırı olmaları nedeniyle çok sayıda araştırma ve yayının konusu olmuştur. Bu nedenle bu faylarla ilgili bölümlerde bu çalışmalara atıf yapılmakla yetinilmiştir. İlk kez bu çalışmada tanıtılan SSMZ ve yanı sıra az bilinen Karasu Grabeni'nin sınır

fayları ile daha az bilinen Antakya Fayı ve Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı fayları üzerinde ise daha çok durulacaktır.

İnceleme alanının önemli tektonik konularının başında; bölgeye kadar uzandıkları açıkça görülen DATF ve ÖDTF'nin bu bölgede birbirleriyle birleşip sürekli bir levha sınırı oluşturup oluşturmadıkları gelir. Çünkü deprem olgusunu tartışan modellerin çoğu bu iki fayın birleştikleri savına dayanmaktadır. Arabistan Levhası'nın kuzeybatı bölgesinde üst kabukta ve sahada kuzeyden güneye bu iki fayı birleştiren bir fay zonu görülmemektedir (Şekil 3 ve 5). Bu bölgede Karasu Grabeni'nin doğu kenarını oluşturan faylar kısa ve paralel 30-40 km kadar geniş bir kuşak oluşturmaktadır (6, Şekil 3 ve Şekil 5).

Şekil 3 ve 5 bölgedeki tüm fay gruplarının konum ve dağılımlarını birlikte göstermektedir. Haritalarda da görüldüğu gibi bölgenin her kesimi aktif bir fay açı ile kaplıdır. Bu çok sayıdaki fayın dağılımına bağlı olarak da sismik etkinlik geniş bir hacme yayılma ve dağılma (diffuse) göstermektedir.

SSMZ, kuzeyde Toroslar ile Güneydoğu Anadolu Dağ Kuşağı'nın birbirlerine kavuştuğu bölgede başlayıp güneye yelpaze şeklinde açılmaktadır (Şekil 4). Pliyo-Kuvaterner'de gelişmiş olan yapısal yelpaze (Yılmaz 2017), ana dağ kuşaklarının birbirlerine bağlı olarak yakınlaşmalarının neden olduğu kompresif stres etkisi altında şiddetli biçim değişimine uğramıştır (Yılmaz ve Gürer, 1996; Robertson vd., 2004; Masson vd., 2010; Yönlü vd., 2013; 2017; Yılmaz, 2017; 2020; Ni vd., 2023). Dokanak zonu boyunca şiddetli makaslamaya uğrayan kuşakta çok sayıda yanal atımlı fay gelişmiş (Şekil 4) ve kayalar ileri derecede kataklastik deformasyon geçirmiştir (Yılmaz, 2017, 2025). Aynı süreçte GADK in ana kolları olan Engizek, Nurhak, Berit, Binboğa ve Tahtalı dağları (TD, BnM; BD, ED ve ND, Şekil 4) düşey eksen etrafında kapalıya varan kıvrılmaya uğramıştır (Şekil 4) (Yılmaz 2025). Kompresif

stresin ana nedeninin Anadolu Levhası'nın DATF boyunca güneybatı yönünde ilerlemesi olduğu görülmektedir (Şekil 4). Toros Kuşağı'nın bu ilerlemeye gösterdiği direncin, kuşağın oluşmasının ana nedeni olduğu söylenebilir (Şekil 4). Bunun sonucunda sık aralı faylardan oluşan ve güneye doğru saçaklanan SSMZ gelişmiştir (Şekil 4). Çoğu sol yönlü yanal atımlı bu faylarla kompresif stres güneyde, Adana-İskenderun havzalarını açan BKB-DGD eksenli gerime alanına aktarılmaktadır. Bu nedenle depremler kuzey bölgelerde çoğunlukla transpresif güneye doğru ise transtansiyonel niteliktedir (Dilek vd., 1990; Dilek ve Flower, 2003; Dilek, 2006; Confal vd., 2018; Kaviani vd., 2018; Yılmaz, 2020). SSMZ'nun kuzey ucuna yakın bir alanda gelişmiş olan Sarız-Saimbeyli depreminin transpressional hareket geçirmesi, Kozan ve Aladağ depremlerinin ise transtansiyonel hareketlerden kaynaklanması bunun örnekleri olarak gösterilebilir (Ünlügenç vd., 2023).

Kıbrıs Yitim Zonu'nun (KT; Şekil 1) gerilemesinin (Piromallo ve Morelli, 2003; Portner vd., 2018) üst levhada yani inceleme alanımızdaki gerilmenin ana nedeni olduğu belirtilmektedir (Dilek vd., 1990; Dilek ve Flower, 2003; Dilek, 2006; Confal vd., 2018; Kaviani vd., 2018; Yılmaz, 2020). Bölgesel gerilme batıda Toroslar (Aladağlar)'dan başlayarak doğuda Amanosları ve Karasu Graben bölgelerini de içeren geniş bir coğrafyada etkisini sürdürmektedir.

Pazarcık-Nurdağ Depremleri ve İlişkili Faylar

Pazarcık-Nurhak depremleri tektonik nitelikleri bakımından karmaşık bir bölgede gerçekleşmiştir (Pz, Nr, Şekil 3) (Yılmaz 1984; Över vd., 2002, 2004a; Yılmaz 2020; Yılmaz vd., 2023b; Jia vd., 2023). Pazarcık Depremi, Kahramanmaraş depremlerinin ilki ve en büyüğüdür (Mw:7,8).

Bu bölgede doğrultuları farklı üç fay zonu birleşmektedir; 1-DATF'nin güney kolu (G, Şekil

3), 2- Karasu Grabeni'nin K-G doğrultulu doğu kenar fayları, 3- Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı'nın yaklaşık D-B doğrultulu fay takımı.

Özellikle Karasu Grabeni dolayındaki morfolojik ve yapısal veriler (Şekil 5) bu fayların birbirlerini kestiğini ve ötelediğini göstermektedir (Yılmaz, 2021). Tarihsel deprem verileri bu fay gruplarının üzerinde büyük depremlerin (Mw >5) oluştuğunu belgelemektedir (Ambraseys ve Finkel 1995; Ambraseys ve Melville 1995). Ancak artçı depremlerin dizilim ve uzanımları dikkate alındığında Pazarcık Depremi'nde harekete geçiren fayın DATF'nin güney kolu (G, Şekil 3) olduğu anlaşılmaktadır. Artçı depremlerin dağılımları (Şekil 2) deprem ana şokunun Karasu Grabeni sınır faylarını harekete geçirdiğini ve bunlarda küçük ölçekli sol yanal hareketlere (Kürçer vd., 2023a) neden olduğunu düşündürmektedir.

Ekinözü (Elbistan) depremi ve İlişkili Faylar

Ekinözü (Elbistan) depremi Pazarcık Depremi'nin hemen ardından oluşan, az çok aynı büyüklükte (Mw:7,6) bir depremdir. Bu nedenle ikiz deprem olarak da bilinmektedir. Deprem, Erkenek Fayı üzerinde olmuştur (Ek, Şekil 3). Erkenek Fayı, batıda D-B doğrultuludur. Doğuda KKD'ya Malatya düzlüğüne doğru dönmektedir (Şekil 3) (Akıncı vd., 2024). Bu kesimde Malatya Fayı olarak adlanmıştır (MTA, 2023a). Daha kuzey alanlara kadar uzandığı ve KATF'ından ayrılan Pülümür Fayı yönünde devam ettiği görülmektedir (Yılmaz 2025). Malatya-Erzincan arasındaki bölgede bu fayların ilişkisi net olarak tanımlanmamıştır. Ancak bu yörelere kadar uzanmış olması Doğu Anadolu'yu KKD'dan GGB'ya doğru verevine biçen Erzincan- Pülümür Fay gruplarıyla da ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Erkenek Fayı'nın doğrultusunda doğuya doğru DATF'ndan ayrılan Sürgü Fayı bulunmaktadır. Sürgü Fayı, Kapıdere-Kullar'a kadar sahada kesintisiz olarak izlenmektedir. Bu

yörede Sürgü Fayı ile Erkenek Fayı birbirlerine çok yaklaşırlar. Bu nedenle önceki bazı çalışmalar bunları aynı fay olarak göstermiş ve Erkenek Fayı'nı Sürgü Fayı'nın batıya uzanan kesimi olarak yorumlamıştır (ilgili kaynaklar için Delph vd., 2024). Bu görüşe dayandırılarak Erkenek Fayı daha da batıda yer alan Çardak yöresinden başlatılarak Çardak-Sürgü Fayı olarak da tanımlanmıştır (ilgili kaynaklar için; Delph vd., 2024) Böyle kurgulanan tektonik modellerde Sürgü Fayı uzun bir fay olarak tanımlanmakta ve bir levha sınırı olarak değerlendirilmektedir (ilgili kaynaklar için Delph vd., 2024).

Ekinözü depremine bağlı yapısal etkilerin hemen tümü, örneğin artçı depremlerin uzanımları ve sismik etkinlikler Malatya yönünde KKD'ya doğru izlenmektedir (Şekil 2; Akıncı vd., 2024). Çok yakınında yer almasına rağmen artçı depremler, sismik etkinlik ve uydu verileriyle (CNRS/EOST ve ESA/SAT) ayrıntılı olarak saptanan yatay yer değiştirmeler Sürgü Fayı üzerinde gerçekleşmemiştir.

D-B doğrultusunda uzanan Erkenek Fayı batıda, K-G doğrultulu bir fay zonuyla kesilmekte ve daha batıya geçmemektedir. Bu veri Erkenek ve Sürgü faylarının bir levha sınırı olduğu görüşünü desteklememektedir.

K-G doğrultulu fay zonu, içlerinde Sarız, Saimbeyli gibi uzun fayları da içeren SSMZ'nun doğu kenarını oluşturan faylardır (Şekil 2 ve 3). Sarız-Saimbeyli Depremi, Ekinözü depreminin neden olduğu artçı depremlerin batıda bittiği boşluktan daha da batıda K-G doğrultulu Sarız-Saimbeyli Fayı (Şekil 2 ve 3) üzerinde gerçekleşmiştir. Bu depremin artçıları Ekinözü depremlerinin yakınına kadar uzanmakta olsa da aralarında küçük bir sismik boşluk görülmektedir (Şekil 2). Sarız-Saimbeyli depreminin artçıları bu depreme neden olan K-G doğrultulu fayların üzerinde dizilidir (Şekil 2).

Defne Depremi ve Antakya Transform Fayı

Kuzey Kıbrıs ve Doğu Akdeniz'de tanımlanan tektonik birliklerden çoğu kuzey doğuya kara alanlarına kadar izlenmektedir (Dilek vd., 1990; Ünlügenç vd., 1991; Ünlügenç 1993; Yılmaz ve Gürer, 1996; Aksu vd., 2005; 2021; Dilek, 2006; Harrison vd., 2012; Ünlügenç ve Akıncı, 2017; Robertson vd., 2004.,2012; 2013; Bilim vd., 2017; Yılmaz, 2020; 2021). Antakya Transform Fayı bu önemli yapısal öğelerden biridir. Kıbrıs Yitim Zonu'nun bittiği doğu uçtan başlayarak Amik Çöküntüsü'ne kadar kesintisiz olarak izlenebilmektedir (Yılmaz, 2020) (Fig 1A). Amik Çöküntüsü'nde güneyden uzanan Ölü Deniz Fayı'na kavuşmaktadır. Bu fay bir yitim zonunu bir levha kenarına bağlaması nedeniyle bir transform faydır (Tüysüz vd., 2013; Yılmaz, 2020 ve 2025).

Antakya Transform Fayı ve çevreleyen bölgeler önceki bölümlerde de değinildiği gibi başlıca iki tektonik parametrenin etkisi altında biçim değişimi geçirmektedir;

1-Güney yönlü yatay yer değiştirme: Bu hareket, Anadolu'nun altına dalan Doğu Akdeniz okyanusal litosferinin yırtılıp/koparak hendeğin güneye doğru göç etmesinin (Piromallo ve Morelli 2003, Portner vd., 2018), üst levhada neden olduğu gerilmenin sonucu olmalıdır (Çemen ve Perinçek, 1987; Pirazzoli vd., 1991; Dilek ve Flower, 2003; Boulton ve Robertson, 2008; Blackwell vd., 2011; 2012; Duman vd., 2017; Yılmaz, 2020). Yanı sıra, kuzey batı ucunda Arabistan Levhası'nın GB yönünde dönmeye zorlanmasından kaynaklanan hareketin de bunu etkilediği söylenebilir. 2- BKB-DGD yönlü gerilmeye bağlı gelişen eğim atımı egemen fay takımları. Her iki tektonik gücün neden olduğu fay takımları da Samandağ yöresinde açıklıkla izlenmektedir; Samandağ Fayı, güneyde Antakya Transform Fayı'nda kesilmekte olup Antakya Fayı'nın sağ yönlü yanal atımlı kollarıyla Akdeniz içine doğru GB'ya atılmıştır.

Antakya Transform Fay Zonu faylarının eğim atım bileşenleriyle ise Keldağ Domu'nun

kuzeyindeki kalın istiften Pliyo-Kuvaterner süresinde 4 km den kalın bir kaya grubu tektonik erozyon ile yok edilmiştir (Yılmaz 1984, 2020, 2021, 2025). Bu fayın sağ yönlü yanal atımının son deprem sırasında işlememesi nedeniyle çok aktif olduğu görülen bu atıma bağlı yeni depremlerin gelişmesi beklenebilir.

ÜÇLÜ BİRLEŞME NOKTASI ÜZERİNDE TARTIŞMA

Önceki çalışmalarda Kahramanmaraş deprem faylarıyla ilişkili birçok kıta içi üçlü birleşme noktası modeli kurgulanmıştır (McKenzie, 1972; Dewey vd., 1973; Arpat ve Şaroğlu, 1975; Şengör 1979; Jackson ve McKenzie, 1984; Gülen vd., 1987; Barka ve Kandinsky-Cade, 1988; Rotstein ve Bartov, 1989; Karig ve Kozlu, 1990; Şaroğlu vd., 1992; Kiratzi, 1993; Westaway ve Arger, 1996; Rojay vd., 2001; Över vd., 2004b; Şengör vd., 2003; 2019; Özeren ve Holt, 2010; Masson vd., 2010; Meghraoui vd., 2011; Duman ve Emre, 2013; Walters vd., 2011; Reitman vd., 2023; Över vd., 2023; Ünlügenç vd., 2023; Karabacak vd., 2023). Bunların başlıcaları Kahramanmaraş düzlüğü, DATF'nin kuzey ve güney kollarının Pazarcık-Türkoğlu arasında yer alan düzlükleri ve Sürgü Fayı ile DATF'nin birleşme noktasıdır (Şekil 3'te mavi çerçeveli rakamlar). Ancak önceki bölümlerde belirtilen veriler bu alanların hiç birisinin kıta içi üçlü birleşme noktası olduğu görüşünü desteklememektedir. Örneğin, Kahramanmaraş Havzası'nı kuzeyden sınırlayan bir levha sınır fayının bulunduğu varsayımı saha gözlemleriyle uyumlu değildir. Çünkü Kahramanmaraş senkinali kuzeyden, ters atım bileşenli, sol yönlü yanal atımı egemen, küçük oblik faylarla kesilmektedir.

İnceleme alanında üçlü birleşme noktası tanımına uygun alan Amik çöküntüsüdür (AD; Şekil 3) (Över ve Ünlügenç 1998; Över vd., 2002; 2004b; Masson vd., 2010; Meghraoui vd., 2011;

Mahmud vd., 2012; Tüysüz vd., 2013; Yıldız vd., 2020; Cosca vd., 2021; Ünlügenç vd., 2023; Özkan vd., 2023). Çünkü Antakya ve Ölü Deniz Transform faylarının birleştiği alanda açılmış olup güney yönünde genişlemeye devam etmektedir (Yılmaz, 2025) (Şekil 5).

ÖZET ve SONUÇLAR

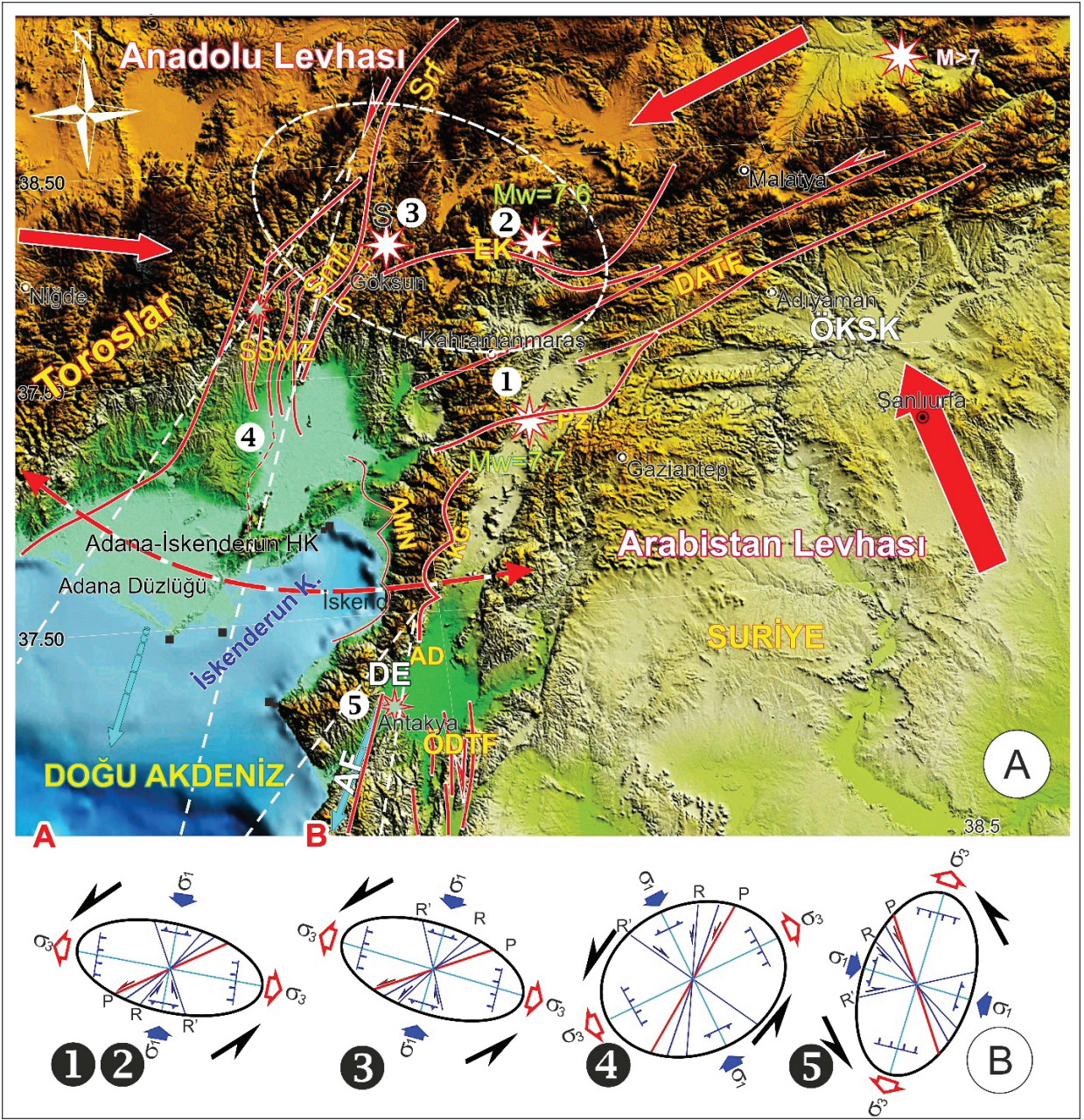
6 Şubat 2023'te başlayıp dalgalar halinde aylarca süren Kahramanmaraş depremleri geniş bir alanda önemli hasar ve can kaybına yol açmıştır. Ana şok ve artçı depremler sismik aktivitenin önemli miktarda yanal atımlı olduğunu ve ilişkili faylar boyunca geliştiğini göstermiştir.

Kahramanmaraş Depremleri Güney Anadolu'nun orta kesimini etkilemiştir. Bu bölge Arabistan Levhası, Anadolu Levhası ve Afrika-Doğu Akdeniz Levhası'nın birbirlerine yaklaştığı bir alandır. Bunların yanı sıra, bu bölge, Toros ile Doğu Anadolu dağ kuşağının kolları ve Amanos Dağları'nın da yakınlaştığı ve yer yer bitiştiği bir bölgedir. Bunların tümü etkinlikleri süren genç tektonik ögelerdir. Tüm bu yapısal unsurların bağlı ilişkilerine bağlı olarak deprem bölgesini etkileyen ana tektonik güçler şunlardır;

1-Arabistan levhasının kuzey yönünde ilerlemeye devam edip Anadolu'nun doğu kesimini K-G sıkıştırmasının neden olduğu tektonizma,

2- Kıbrıs Yitim Zonu'nun güneye göçü ve kuzey yönünde dalmakta olan Doğu Akdeniz Okyanus Litosferi'nin geriye doğru dönmelerinin üzerleyen levhada yol açtığı tektonizma.

3-Arabistan levhasının kuzey yönlü ilerlemesi, üzerleyen levhada KATF ile DATF'nin ve bunların sınırladığı Anadolu Levhası'nı geliştirmiştir. Anadolu Levhası'nın DATF boyunca sol yönlü ilerlemesi ise deprem bölgelerini etkileyen önemli bir kompresif stresin gelişmesine neden olmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. A) Deprem bölgesinin tektonik niteliklerini özetleyen morfotektonik harita. Kalın kırmızı oklar Arabistan levhası ve Anadolu levhasının hareket yönlerini ve Toros dağ kuşağının bağlı direncini göstermektedir. Kesikli beyaz çizginin sınırladığı elips yaklaşan levhaların neden olduğu sıkışma bölgesini göstermektedir. Beyaz konturlu kırmızı kesikli çizgi Toroslar'dan Amanoslar'a kadar geniş bir kuşakta sürmekte olan gerilme yönünü göstermektedir. Kırmızı konturlu beyaz yıldızlardan 2 ve 3 transpresyonel hareket ile gelişmiş ikiz depremler olan Ekinözü (2-Ek; Mw:7,6) ve Pazarcık (1-Pz, Mw:7,8) depremleridir. Kesikli beyaz çizgilerle tanımlanan üçgenler kuzeyde sıkışma bölgesinden güneyde BKB-DGD gerilme bölgesi yönünde kaçan alanları göstermektedir. Sarı oklar kaçma yönünü işaret etmektedir. Yıldızlar deprem şokunun gerçekleştiği deprem odaklarını göstermektedir; 1: Pazarcık, 2: Ekinözü, 3: Sarız-Saimbeyli, 4: Kozan, 5: Defne depremleri. Numaralar Şekil 6B'de gösterilen deformasyon elipslerinin

numaralarına karşılık gelmektedir. **Kısaltmalar:** AD: Amik Depresyonu, AF: Antakya Fayı, Amn: Amanos Dağları, Adana-İskenderun HK: Adana-İskenderun Havza Kompleksi, ÖDTF: Ölü Deniz Transform Fayı, DATF: Doğu Anadolu Transform Fayı, DE: Defne deprem odak noktası, Ek: Ekinözü deprem odak noktası, KG: Karasu Grabeni, Pz: Pazarcık Deprem odak noktası, S: Sarız-Saimbeyli deprem odak noktası, SSMS: Sarız-Saimbeyli Mega Makaslama Zonu, SmF: Saimbeyli Fayı, Srf: Sarız Fayı. **B)** Büyük depremlere neden olan deformasyonların stress yönlerini gösteren deformasyon elipsleri. Numaralar deformasyon elipslerinin Şekil 6 A da gösterilen deprem alanı ile ilişkisini belirtmektedir.

Figure 6.A) *Morphotectonic map summarizing the tectonic characteristics of the earthquake region. The thick red arrows show the movement directions of the Arabian and Anatolian plates and the relative resistance of the Taurus Mountains. The ellipse bounded by the dashed white line shows the compression zone caused by the converging plates. The red dashed line with white contour shows the ongoing stress direction in a wide belt from the Taurus Mountains to the Amanos Mountains. White stars with red contours which labelled number 2 and number 3 are the Ekinözü (2-Ek; Mw:7.6) and Pazarcık (1-Pz, Mw:7.8) earthquakes, which were twin earthquakes developed with transpressional motion. The triangles defined with dashed white lines show the areas escaping from the compression zone in the north to the WNW-ESE extension zone in the south. The yellow arrows indicate the escape direction. The stars labeled with 1 to 5 show the earthquake epicenters; 1: Pazarcık, 2: Ekinözü, 3: Sarız-Saimbeyli, 4: Kozan, 5: Defne earthquakes. These numbers correspond to the numbers of the deformation ellipses shown in Figure 6B. **Abbreviations:** AD: Amik Depression, AF: Antakya Fault, Amn: Amanos Mountains, Adana-İskenderun HK: Adana-İskenderun Basin Complex, ÖDTF: Dead Sea Transform Fault, DATF: Eastern Anatolian Transform Fault, DE: Defne earthquake epicenter, Ek: Ekinözü earthquake epicenter, KG: Karasu Graben, Pz: Pazarcık Earthquake epicenter, S: Sarız-Saimbeyli earthquake epicenter, SSMS: Sarız-Saimbeyli Mega Shear Zone, SmF: Saimbeyli Fault, Srf: Sarız Fault. **B)** Deformation ellipses showing the stress directions of the deformations that caused the major earthquakes. The numbers indicate the relationship of the deformation ellipses to the earthquake area shown in Figure 6A.*

Doğu Akdeniz Okyanus Litosferi'nin gerilemesinin yol açtığı tektonik etken ise Orta Toroslar'dan Karasu Grabeni'ne kadar geniş bir kuşağın yaklaşık BKB-DGD yönünde gerilmesine neden olmaktadır. Bunların ortak etkisi ile bölgede depremlere yol açan başlıca şu yanal atımlı fay zonları gelişmiştir; 1-Doğu Anadolu Transform Fayı, 2-Ölü Deniz Transform Fayı, 3-Antakya Transform Fayı, 4, Sarız-Saimbeyli Mega Makaslama Zonu, 5. Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı'nın fayları ve 6-Karasu Grabeni'nin sınır fayları. Bunlar tek bir fay kolu olmayıp geniş (5-30 km) fay zonları olarak uzanmaktadır. Farklı doğrultuda uzanan bu fay gruplarının bazı alanlarda birbirlerini kestikleri ve öteledikleri görülmektedir (Şekil 3 ve 5).

Pazarcık ve Nurdağ depremlerinin (Pz, Nr, Şekil 3) geliştiği bölge, DATF'nin Güney kolu üzerinde yer almakla birlikte Karasu Grabeni'nin doğu sınır fayları ve Önülke Kıvrım-Şaryaj Kuşağı'nın bu bölgeye uzanan faylarıyla da iç içe olduğu bir yöredir (Şekil 2, 3 ve 5). Ana şokun DATF üzerinde geliştiği, ancak etkinliğin graben sınır faylarını da tetiklediği söylenebilir. Çünkü özellikle batı sınır faylarında depremden hemen sonra gerçekleştirilen saha çalışmalarında belli aralarla yanal atımlara bağlı yüzey yırtıklarının geliştiği gözlenmiştir (Kürçer vd., 2023a ve b).

Ekinözü Depremi (Ek, Şekil 3); Erkenek Fayı üzerinde gerçekleşmiştir. Depremi izleyen dönemde üretilen bazı tektonik modeller, yüzey kırıklarının dağılımını, artçı depremlerin uzanımlarını ve yer değiştirmelerin konumu, yeri ve yönlerini dikkate almaksızın depremin DATF'ndan ayrılıp batıya uzanan Sürgü Fayı'nın batı uzantısında yer aldığını belirtmiştir. Ancak depreme yol açan Erkenek Fayı, yakınındaki Sürgü Fayı'ndan bağımsız olarak kuzeye dönmekte ve Malatya Fayı olarak devam etmektedir. Daha da kuzeyde KATF'ndan ayrılan büyük verrev faylara doğru uzanmaktadır.

Erkenek Fayı'nın batıya doğru uzanımı K-G doğrultusunda Sarız-Saimbeyli fayları

tarafından kesilerek sonlandırılmakta, daha batıya uzanmamaktadır.

Sarız-Saimbeyli Depremi (Sr, Sm, Şekil 3); SSMZ'nun doğu sınırında uzanan K-G doğrultulu fayların üzerinde gelişmiştir. Ekinözü Depremi ile Sarız-Saimbeyli Depremi'nin sismik ve artçı deprem yoğunluk alanları arasında küçük de olsa bir boşluk ayırt edilmektedir (Şekil 2).

Sarız-Saimbeyli Depremi, SSMZ'nu oluşturan üçgen şekilli deformasyon alanının tepesine yakın bir yörede gerçekleşmiştir. Bu geniş makaslama zonu GADK ile Toroslar arasında sıkışan bölgenin güneydeki BKB-DGD yönlü gerilme alanına doğru kaçtığı bir zonu temsil etmektedir. Anadolu Levhası'nın, sol yönlü DATF boyunca GB'ya ilerlemesinin ve Toros Kuşağı'nın direnmesinin, bu bölgesel kompresif stresin gelişimine neden olduğu söylenebilir. Bölgesel ölçekli bu makaslama zonunda çok sayıda, farklı uzunlukta, sık aralı, yanal atımlı faylar gelişmiş olup, birbirlerine kavuşup-ayrılan (anostomosing) bir harita örneği sergilerler.

Üçgenin tepe kesimlerinde yanal atımlı fayların sıkışma bileşenleri çoğunluktadır. Güneye doğru gerilme bileşenleri göreceli olarak artış göstermektedir. Aladağ ve Kozan depremleri (Al, Kz, Fig 3) buna örnek olarak verilebilir. Adana-İskenderun Havza Kompleksi'ni etkileyen BKB-DGD gerilme bölgesine güneye doğru SSMZ'nu oluşturan fay demetleri yelpaze gibi yayılırlar.

Defne Depremi (DF, Şekil3); Antakya Transform Fayı üzerinde gelişmiştir. Antakya Transform Fayı, Kıbrıs Yitim Zonu'nu Amik Depresyonu'na bağlayan bir transform faydır. Eğim atımlı ve sağ yönlü yanal atımlı pek çok faydan oluşan geniş bir zon (> 5km) halinde KD'dan GB ya doğru uzanır. Her iki atıma sahip fayların oluşumunda, bölgenin BKB-DGD gerilmesinin ve Doğu Akdeniz Okyanus Litosferi'nin doğu sınırında Antakya Fay Zonu boyunca gerileme ve geriye dönmesinin (Şekil 1A, 6) ortak rolü olduğu açıktır.

EXTENDED SUMMARY

The February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquakes (Pazarcık Mw: 7.8; Nurdağ Mw: 6.6; Ekinözü Mw: 7.6) and subsequent aftershocks affected an area of approximately 200 km in diameter, causing severe damage and the loss of thousands of lives.

The earthquake zone in the central part of Southern Anatolia is where the Arabian, Anatolian, and Eastern Mediterranean plates converge (Figure 1). The driving force of deformation in this region is the northward movement of the Arabian Plate (Figures 1A and B). During the earlier stages of the northern advance, the Tethyan Ocean, located between the Arabian and northern plates, was eliminated during the Tertiary (Yılmaz, 1984; 1993; 2019; Yılmaz et al., 2023a). Following the consumption of the intervening ocean, the separating plates collided. Consequently, the Southeastern Anatolian Mountain Range (GADK, Figure 1A) began developing in the Late Miocene (Şengör & Yılmaz, 1981; Perinçek & Çemen, 1990; Jolivet & Facenna, 2000; Lei & Zhao, 2007; Yılmaz, 2017; 2019; Çemen & Yılmaz, 2017; Govers & Fichtner, 2016; Kaviani et al., 2018; Kounoudis et al., 2020; Yılmaz, et al., 2023a; 2023b). The northern advance of the Arabian Plate continued after the collision. As a result, the GADK began to rise. The elevation of the East Anatolian High Plateau followed this (Yılmaz et al., 2023b). The North Anatolian Transform Fault and the East Anatolian Transform Fault (KATF and DATF, Figure 1A) formed during the Plio-Pleistocene when the N-S compression reached an excessive stage that could no longer be accommodated within the volume of eastern Anatolia (Yılmaz et al., 2023b and the references therein). The two transform faults adjoin in the Karlıova triple junction (KTJ, Figure 1A). They define an independent tectonic entity: the Anatolian Plate, which has since been transferring parts of the stress by moving westward (McKenzie, 1972; Şengör & Kidd, 1979). Along the DATF,

the escape is accommodated by a southwesterly motion, which causes compressional stress directed toward south-central Anatolia.

In the earthquake region and its vicinity, we distinguished six major active strike-slip faults (1-6, Figures 3 and 5): 1. the East Anatolian Transform Fault (DATF), 2. the Dead Sea Transform Fault (ÖDTF), 3. the Antakya Transform Fault (AF), 4. the Sarız-Saimbeyli Mega Shear Zone (SSMZ), 5. the Border Faults of the Karasu Graben (KGSF), and 6. the faults of the Foreland Fold and Thrust Belt (ÖKSK). None extends as a single splay fault; they form broad (5-30 km) fault zones. The associated seismic activity is distributed over a wide belt (200 x 250 km).

The East Anatolian Transform Fault and the Dead Sea Transform Fault (1 and 2, Figures 3 and 5) are plate boundaries; therefore, they have been the subject of many studies (Yılmaz, 2025 and the references therein). The Antakya Transform Fault (3, Figures 3 and 5) extends from the Amik Depression (Figures 3 and 5) into the Mediterranean Sea. The Defne earthquake (February 20, 2023, Mw 6.4) occurred on the Antakya Transform Fault (Figure 5), which forms the southern boundary of the Asi Graben (AG, Figure 3), a narrow (< 4 km) and asymmetrical depression through which the Asi River flows. The Antakya Fault zone, more than 5 km wide, constitutes the tectonically active side of the Asi Graben. It comprises several fault branches with distinct morphological features (Figures 3 and 5). They exhibit significant strike-slip and dip-slip displacements. The Defne earthquake occurred on a northwest-dipping fault branch. The fault plane solution (KOERİ 2023a) shows a major dip-slip and a minor left-lateral offset. The latter is insignificant compared to the predominantly right-lateral displacement observed along the fault zone (Yılmaz, 2025).

The Antakya Fault extends east into the Amik Depression, where it meets the Dead Sea Transform Fault (Figure 5).

The Sarız-Saimbeyli Mega Shear Zone (SSMS) (4, Figure 5) is a 5 to 40 km wide triangular fault zone formed along the contact between the Southeast Anatolian Orogenic Belt (GADK) and the Taurus Range in the Plio-Quaternary (Figure 4) (Yılmaz, 2017, 2020). The trend lines of the GADK in this region reveal that the main branches have been tightly folded around the vertical axes (Figure 4) (Yılmaz, 2017, 2025) due to the southwesterly-directed compression generated by the motion of the Anatolian Plate along the DATF and the resistance of the Taurus (Figure 4) (Yılmaz, 2025).

The SSMZ comprises several closely spaced short strike-slip faults that bound narrow blocks protruding southward from the triangle's apex toward the Adana Plain (Figures 3, 4 and 5). They are commonly sinistral strike-slip faults that transfer compressive stress to the region extending along the WNW-ESE direction, causing the development of the Adana-İskenderun basin complex and the surrounding horsts (AIHK, Figure 3). Therefore, the earthquakes are generated mainly by transpressive stress in the north, gradually changing to transtensional toward the south (Figures 4 and 6). (Dilek et al., 1990; Dilek & Flower, 2003; Dilek, 2006; Confal et al., 2018; Kaviani et al., 2018; Yılmaz, 2020) exemplified by the Sarız-Saimbeyli earthquake, which occurred close to the northern corner of the SSMZ, and the Kozan and Aladağ earthquakes in the south (Kz, Al, Figure 3) (Ünlügenç et al., 2023). Within the SSMZ are a few long faults, such as the Sarız and Saimbeyli, extending toward Central Anatolia (Sr, Sm, Figure 3).

The retreat and rollback of the northward-subducting eastern Mediterranean oceanic lithosphere along the Cyprus Trench are considered responsible for the WNW-ESE-directed regional extension on the upper plate, which affects a vast region from the Taurus Mountains (Aladağlar) to the Karasu Graben (Figure 1A).

The Adana Plain (ADN, Figure 3) is a young and complex basin developed after the Miocene. It is bounded by the faults forming the Adana Basin in the west and the İskenderun Basin in the east (Figures 3, 5, and 6). The NNE-SSW-trending Kyrenia-Misis sea ridge and the Misis-Andırın ridge along the northern extension on land separate the two basins (Figures 3, 5, and 6) (Yılmaz, 2021). Several long faults belonging to the SSMZ are observed to cut through the alluvial cover of the Adana Plain as single faults and extend to the Mediterranean (Figure 3).

The northern margin of the Arabian Plate is a wide (> 50 km) foreland fold and thrust belt (OKSK, Figure 6). Oblique-slip faults with strike-slip and reverse-slip components sliced the overturned flanks of the foreland folds (Çemen et al., 1992; Yılmaz, 2017; 2019; Yiğitbaş & Yılmaz, 1996; Yılmaz et al., 2023 b). The fault-bound blocks extend to the Kahramanmaraş earthquake regions (Figure 5). Ahırdağ Anticline and Kahramanmaraş Syncline (M, AH, Figure 3) represent the northwestern members of the Foreland Fold and Thrust Belt. Oblique faults with left-lateral strike-slip and reverse-slip components, making an acute angle with the fold axis, cut the Ahırdağ Anticline obliquely (Yılmaz, 1994, 2025).

Karasu Graben (Figure 5) is an N-S trending asymmetric depression extending along the Karasu Valley. The Amanos Horst borders the graben to the west (Figure 5). The faults separating the horst from the Karasu Graben commonly consist of normal faults located along the slope of the mountains (Figure 5). The dip-slip components are revealed by their concave map pattern (Figure 5). Some minor (<100m) left-lateral strike-slip components may also be identified by the morphological criteria, such as offset streams and linear ridges.

The E-W extensional tectonic regime, which has been deforming the region since the Pliocene,

has caused the development of the Amanos Horst and the Karasu Graben boundary normal faults (Figs 5, 6). Several listric normal faults separate the Amanos Horsts from the İskenderun Basin in the west (Figure 5) (Yılmaz, 1984, 2020, 2021, 2025).

A group of subparallel, short, commonly sinistral N-S striking faults forms the eastern boundary of the Karasu Graben (Figure 5) (Yılmaz, 1984; Rojay et al., 2001). They disperse into a 10–30 km wide belt. In the northern region, they intermixed with the faults of the Foreland Fold Thrust Belt and the branches of the East Anatolian Transform Fault. The outcrops along the graben boundaries show that they cut and offset each other (Figure 5).

Two tectonic parameters deform the Antakya and surrounding regions (Figure 6): 1 - Southward horizontal displacement: This motion may be viewed as the result of the rupture of the upper plate due to the southward migration of the Eastern Mediterranean oceanic lithosphere subducting under Anatolia (Piromallo & Morelli, 2003; Portner et al., 2018; Çemen & Perinçek, 1987; Pirazzoli et al., 1991; Dilek & Flower, 2003; Boulton & Robertson, 2008; Blackwell et al., 2011, 2012; Duman et al., 2017; Yılmaz, 2020). The counterclockwise rotation of the Arabian Plate may enhance the southwesterly motion (Fig 1A). 2 - The WNW-ESE extension (Figure 6). This force has generated the N-S trending normal faults that bound the Amanos Horst (Figure 5). The two sets of faults with different trends may be observed in the Keldağ Dome area (Figure 5), where the NW-SE trending Samandağ Fault is cut by the NE-SW trending branches of the Antakya Transform Fault and has been right laterally pushed into the Mediterranean Sea region (Figure 5). The WNW-ESE-directed extension that generated the dip-slip faults, on the other hand, has caused tectonic erosion of more than a 4 km thick rock sequence from the upthrown block of the Keldağ Dome (Yılmaz, 1984; 2020, 2021).

The Pazarcık-Nurhak earthquakes are among the largest (M_w : 7.8 of the south-central Anatolian earthquakes that occurred in a tectonically complex region (Pz, Nr, Figures 2, 3 and 5) (Yılmaz, 1984; Över et al., 2002, 2004; Yılmaz, 2020; Yılmaz et al., 2023b; Jia et al., 2023), where three fault zones with different trends converge (Figure 5): 1- the Southern branch of the DATF, 2- the N-S trending eastern margin faults of the Karasu Graben, and 3- the E-W trending fault set of the Foreland Fold-Thrust Belt. Around the boundaries of the Karasu Graben, these faults are observed to cut and displace one another. The distribution patterns of the aftershocks (Figure 2) also suggest that the Pazarcık earthquakes occurring on the DATF reactivated the boundary faults of the Karasu Graben, causing short ($> 4m$) left-lateral displacements (Kürçer et al., 2023).

The Ekinözü (Elbistan) earthquake occurred shortly after the Pazarcık earthquake and had nearly the same magnitude (M_w : 7.6) as the Pazarcık earthquake (Figure 2). The Ekinözü earthquake occurred on the Erkenek Fault (Ek, Figure 3), trending E-W in the west and deviating to NNE in the east, where it is known as the Malatya Fault (MF, Figure 3) (Akıncı et al., 2024) (MTA, 2023a ve b). The Malatya Fault extends northward (Figures 3 and 6) towards the Pülimür Fault, splaying off from the KATF (Yılmaz, 2025). The spatial relationships of these faults have not yet been clearly defined.

The Sürgü Fault, splaying off from the DATF, lies along the E-W trend of the Erkenek Fault and can be traced continuously to the Kapıdere-Kullar area near the Erkenek Fault (Figure 3) (Yılmaz, 2025 and the references therein). For this reason, these two faults were interpreted as the same fault and were named the Çardak-Sürgü Fault (Delph et al., 2024), stretching to the Çardak area in the west. However, the field data, supported by the seismic data derived from the Ekinözü earthquake, do not support this view. Although closely located, the Sürgü Fault did not suffer from the seismic

activities recorded along the Erkenek Fault (Yılmaz, 2025). Furthermore, the aftershocks and surface ruptures established by the space images (i.e., CNRS/EOST and ESA/SAT data) follow the trend of the Erkenek-Malatya Fault, deviating north away from the Sürgü Fault (Yılmaz 2025 and the references therein).

The Erkenek Fault terminates at the N-S trending faults of the Sarız-Saimbeyli Fault zone, the easternmost member of the SSMZ; thus, it does not extend further westward (Figure 3). A small gap separates the aftershocks of the Ekinözü and Sarız-Saimbeyli earthquakes (Figure 2). The former aligns east-west while the latter is oriented north-south.

Most of the tectonic units defined in Northern Cyprus and the Eastern Mediterranean can be traced to the lands in the north (Dilek et al., 1990; Ünlügenç et al., 1991; Ünlügenç, 1993; Yılmaz & Gürer, 1996; Aksu et al., 2005, 2021; Dilek, 2006; Harrison et al., 2012; Ünlügenç & Akıncı, 2017; Robertson et al., 2004, 2012, 2013; Bilim et al., 2017; Yılmaz, 2020, 2021). The Antakya Transform Fault (AF, Figure 1A) is one of these structures. It can be traced continuously from the eastern end of the Cyprus Trench to the Amik Depression (Yılmaz, 2020) (Figures 1A and 3), where it meets the Dead Sea Transform Fault (Figure 5). The Antakya Fault may also be considered a transform fault because it connects the Cyprus Trench to the Dead Sea Fault, a plate boundary (Figure 5) (Tüysüz et al., 2013; Yılmaz, 2020, 2025).


Since three transform faults meet and two plates converge in the south-central Anatolia (Figures 5 and 6), many locations of triple junctions have been proposed for this region (McKenzie, 1972; Dewey et al., 1973; Jackson & McKenzie, 1984; Gülen et al., 1987; Barka & Kandinsky-Cade, 1988; Karig & Kozlu, 1990; Westaway & Arger, 1996; Şengör, 1979; Şengör et al., 2003, 2019; Gülen et al., 1987; Karig &

Kozlu, 1990; Özeren & Holt, 2010; Masson et al., 2010; Meghraoui et al., 2011; Arpat & Şaroğlu, 1975; Rotstein & Bartov, 1989; Şaroğlu et al., 1992; Kiratzi, 1993; Rojay et al., 2001; Över et al., 2004b; Duman & Emre, 2013; Reitman et al., 2023; Över et al., 2023; Ünlügenç et al., 2023; Karabacak et al., 2023). Among these, three favored areas are a) the Kahramanmaraş depression, b) the tectonic depression within the Karasu Graben, located between the northern and southern branches of the East Anatolian Transform Fault (DATF), and c) the junction of the Sürgü Fault and the DATF (1, 2, and 3, Figure 3). However, the data presented in the preceding paragraphs do not align with these areas as intracontinental triple junctions.


The Kahramanmaraş depression, the more favored hypothesis, views the northern edge of the basin as a plate boundary. The field data reveal the presence of several short oblique faults along the northern edge of the Kahramanmaraş depression. These strike-slip and reverse-slip components thrust the northerly located Ahırdağ anticline over the Kahramanmaraş depression (the Kahramanmaraş syncline) (Yılmaz, 2025).

Among the models proposed for a triple junction, the Amik Depression may be a better candidate where the Antakya Transform Fault and the Dead Sea Transform Fault meet. The Amik Depression, bounded by these faults, extends southward and enlarges (AD; Figure 3) (Över & Ünlügenç, 1998; Över et al., 2002, 2004b; Masson et al., 2010; Meghraoui et al., 2011; Mahmud et al., 2012; Tüysüz et al., 2013; Yıldız et al., 2020; Cosca et al., 2021; Ünlügenç et al., 2023; Özkan et al., 2023; Yılmaz, 2025).

ORCID

Yücel Yılmaz  <https://orcid.org/0000-0002-4851-0822>

Ömer Feyzi Güler  <https://orcid.org/0000-0001-7210-769X>

Erdinç Yiğitbaş  <https://orcid.org/0000-0002-0513-9138>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- AFAD Raporu (2023a), 06 ŞUBAT 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Depremleri Saha Çalışmaları Ön Değerlendirme Raporu Deprem Dairesi Başkanlığı. 29 s. https://deprem.afad.gov.tr/assets/pdf/Arazi_Onrapor_28022023_surum1_revize.pdf
- AFAD (2023b) <https://tadas.afad.gov.tr/station-detail/2306>, Erişim Tarihi: 25/10/2024.
- Akıncı, A. C. ve Ünlügenç, U.C. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri: Sahadan Jeolojik Veriler, Değerlendirme ve Adana için Etkileri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(2), 553-569. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1334155>
- Akıncı, A., Dindar, A. A., Bal, İ. E. Ertuncay D., Smyrou, E. & Cheloni, D. (2024). Characteristics of strong ground motions and structural damage patterns from the February 6th, 2023, Kahramanmaraş earthquakes, Türkiye. *Natural Hazards* (2024). <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06856-y>
- Aksu, A. E., Calon, T. J, Hall, J. & Yaşar D. (2005), Origin and evolution of the Neogene İskenderun basin, Northeastern Mediterranean Sea. *Marine Geology*, 221(1-4),161–187. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2005.03.010>
- Aksu, A., J. Hall, & Yaltırak, C. (2021). Miocene–Quaternary tectonic, kinematic and sedimentary evolution of the eastern Mediterranean Sea: A regional synthesis. *Earth-Science Reviews*, 220, Article 103719. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103719>
- Aktuğ, B., Özener, H., Doğru, A., Sabuncu, H., Turgut, B., Halıcıoğlu, K., Yılmaz, O. & Havazlı, E. (2016). Slip rates and seismic potential on the East Anatolian Fault System using an improved GPS velocity field. *Journal of Geodynamics*, 94-95, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jog.2016.01.001>.
- Akyüz, H.S., Yaltırak, C., Sunal, G., Zabçı, C., Tarı, U., Uçarkuş, G., Sancar, T., Köküm, M., Yakupoğlu, N., Kiray H.N., Sabuncu, A. & Şahin, M., (2023). 1. Depreme Dair Jeolojik, Jeofizik, Jeodezik ve Jeomorfolojik Ön Tespitler. 6 Şubat 2023 04.17 Mw 7,8 Kahramanmaraş (Pazarcık, Türkoğlu), Hatay (Kırıkhan) ve 13.24 Mw 7,7 Kahramanmaraş (Elbistan/Nurhak-Çardak) Depremleri. İTÜ Ön İnceleme Raporu.

- Alchalbi, A., Daoud, M., Gomez, F., McClusky, S., Reilinger, R. ... & Barazangi, M. (2010). Crustal deformation in northwestern Arabia from GPS measurements in Syria: slow slip rate along the northern Dead Sea Transform fault. *Geophysical Journal International*, 180(1), 125-135. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04431.x>
- Ambraseys, N. N. (2009). *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: A Multidisciplinary Study of Seismicity up to 1900*. Cambridge University Press.
- Ambraseys, N. N. & Finkel, C. (1995). *The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas, A Historical Review, 1500-1800*. İstanbul, Eren Yayınevi, İstanbul, Turkey.
- Ambraseys, N. N. & Melville, C. P. (1995). Historical evidence of faulting in Eastern Anatolia and Northern Syria. *Annals of Geophysics*, 38(3-4). <https://doi.org/10.4401/ag-4110>
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F. (1975). Türkiye'deki Bazı Genç Tektonik Olaylar. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 18(1), 91-101. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/91c54d666032076_ek.pdf
- Balkaya, M., Özden, S. & Akyüz, H.S. (2021), Morphometric and Morphotectonic Characteristics of Sürgü and Çardak Faults (East Anatolian Fault Zone). *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 7(3), 375-392. <https://doi.org/10.28979/jarnas.939075>
- Barbot, S., Luo, H., Wang, T., Hamiel, Y., Piatibratova, O., Javed, M. T., Braitenberg, C. & Gurbuz, G. (2023). Slip distribution of the February 6, 2023 Mw 7.8 and Mw 7.6, Kahramanmaraş, Turkey earthquake sequence in the East Anatolian Fault Zone. *Seismica*, 2(3). <https://doi.org/10.26443/seismica.v2i3.502>
- Barka, A. A. & Hancock, P. L. (1984). Neotectonic deformation patterns in the convexnorthwards arc of the North Anatolian Fault Zone. In Dixon, J. E. & Robertson, A. H. F. (Eds.), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, 17. *Geological Society, London, pp. 763-774 (Spec. Publ.)*
- Barka, A. & Kadinsky-Cade, K. (1988), Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7(3), 663-684. <https://doi.org/10.1029/TC007i003p00663>
- Bertrand, S., Meghraoui, M., McCluskey, S., Altunel, E. & Ergintav, S. (2006). Present-day crustal motions at the triple junction between the Dead Sea Transform fault, the East Anatolian Fault, and the Cyprus Arc (SE Turkey). *Geophysical Research Abstracts*, 8, 10004. Europe Geoscience Union, 8, pp.8-9.
- Bilim A., Aydemir A. & Ateş, A. (2017), Tectonics and thermal structure in the Gulf of Iskenderun (southern Turkey) from the aeromagnetic, borehole, and seismic data. *Geothermics* 70, 206-221.
- Biryol C.B., Beck, S.L., Zandt, G. & Özacar, A.A. (2011) Segmented African lithosphere beneath the Anatolian region inferred from teleseismic P-wave tomography. *Geophysical Journal International*, 184(3), 1037-1057. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2010.04910.x>
- Blackwell, B.A.B., Florentin, J., Tüysüz, O., Tarı, U., Genç, Ş.C., İmren, C. & Kim, M. (2011). An uplifting idea: ESR dating marine terraces in Hatay province, Turkey. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 43, 273.
- Blackwell, B. A. B., Florentin, J. A., Tüysüz, O., Tarı, U., Genç, Ş. C., İmren, C. & Blickstein, J. (2012). Slipping up? ESR dating mollusks from marine terraces in Hatay Province, Turkey. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 44, 296.
- Boulton, S.J. (2013), Tectonic development of the southern Karasu Valley, Turkey: successive structural events during basin formation. In Robertson, A. H. F., Parlak, O. & Ünlügenç, U. C. (Eds.) *Geological development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region. Special publications*, 372, 531-546. Geological Society, London.
- Boulton, S. J. & Robertson, A. H. F. (2008). The Neogene-Recent Hatay Graben, South Central Turkey: graben formation in a setting of oblique extension (transtension) related to the post-collisional tectonic escape. *Geological Magazine*, 145(6), 800-821. <https://doi.org/10.1017/S0016756808005013>
- Chen W, Gang, R., Dengjie, K., Zhifan, W. & Dun. W. (2023). Early Report of the Source Characteristics, Ground Motions, and Casualty Estimates of

- the 2023 Mw 7.8 and 7.5 Turkey Earthquakes. *Journal of Earth Science*, 34, 297–303. <https://doi.org/10.1007/s12583-023-1316-6>
- Chorowicz, J., Luxey, P., Lyberis, N., Carvalho, J., Parrot, J. F., Yürür, T. & Gündoğdu, N. (1994), The Maraş Triple Junction (southern Turkey) based on digital elevation model and satellite imagery interpretation. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, 99(B10), 20225-20242. <https://doi.org/10.1029/94JB00321>
- Confal J.M., M. Facenna, T. Eken, T. Taymaz T (2018), Numerical simulation of 3-D mantle flow evolution in subduction zone environments in relation to seismic anisotropy beneath the eastern Mediterranean region. *Earth and Planetary Science Letters*, 497, 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2018.06.005>.
- Cosca, M.A., Reid, M., Delph, J.R., Gençalioglu Kuşcu, G., Blichert-Toft, J., Premo, W., Whitney, D.L., Teyssier, C. & Rojay, B. (2021), Age and mantle sources of Quaternary basalts associated with “leaky” transform faults of the migrating Anatolia Arabia- Africa triple junction: *Geosphere*, 17(1), 69– 94, <https://doi.org/10.1130/GES02266.1>.
- Çemen, İ. & Perinçek, D., (1987). Extensional origin of the Hatay – Karasu Graben. *Proceeding of the 20th Anniversary Symposium at Hacettepe University* (p.14-17), Ankara,.
- Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C., Kozlu, H., Perinçek, D. & Dirik, K. (1992), Indentation in southeastern Anatolia and its effect in central Anatolia. *Proceedings of First International Symposium of Eastern Mediterranean Geology* (p.324–326).
- Çemen, İ. & Yılmaz, Y. (2017). Active global seismology. Neotectonic and earthquake potential of the Eastern Mediterranean Region. *Geophysical Monograph*, vol 225. AGU Wiley Press, New York.
- Dal Zlio, L. & Ampuero-P. (2023). Earthquake doublet in Turkey and Syria. *Communications Earth & Environment*, 4, Article 71. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00747-z>
- Delph J. R., Darin, M. H., Whitney D. L., Cosca M. A. ...& Beck, S. L. (2024). Deep Lithospheric Controls on Surface Deformation around the East Anatolian Fault Zone and A³ triple Junction. *GSA Today* 34(8), 4-12. <https://doi.org/10.1130/GSATG584A.1>
- Delouis, B., van den Ende, M. & Ampuero, J-P. (2023). *The kinematic rupture model of the February 6th, 2023, Mw7.8 Turkey earthquake from a large set of near-source strong motion records combined by GNSS offsets reveals intermittent super shear rupture.* ESSOpenArchive (Preprint) (2023). <https://doi.org/10.22541/essoar.168286647.71550161/v1>.
- Dembo, N., Granot, R. & Hamiel, Y. (2021). Mechanical contrast and asymmetric distribution of crustal deformation across plate boundaries: Insights from the northern Dead Sea Transform fault system. *Geology*, 49(5), 498–503. <https://doi.org/10.1130/G48342.1>
- DEÜ Raporu (2023). 06 Şubat 2023, 04:17, Mw=7.7, h=9 km Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi 06 Şubat 2023, 13:24, Mw=7.6, h=7 km Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi 20 Şubat 2023, 20:04, Mw=6.4, h=22 km Defne (Hatay) Depremi, Deprem Raporu. Dokuz Eylül Üniversitesi, Alsancak/ İzmir, 62 s. <https://haber.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2023/03/DOKUZ-EYLU%CC%88L-U%CC%88NI%CC%87VERSI%CC%87TESI%CC%87-DEPREM-RAPORU-1.pdf>
- Dewey, J. F., Pitman III, W. C., Ryan, W. B. F. & Bonnin, J. (1973). Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine System. *GSA Bulletin* 84(10), 3137–3180. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1973\)84<3137:PTATEO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1973)84<3137:PTATEO>2.0.CO;2).
- Dilek, Y. (2006). Collision tectonics of the Mediterranean region: causes and consequences. In Dilek, Y. & Pavlides, S. (Eds.), *Post collisional tectonics and Magmatism in the Mediterranean Region and Asia*. *Geological Society of America, Special Papers*, vol 409, 1–13. [https://doi.org/10.1130/2006.2409\(01\)](https://doi.org/10.1130/2006.2409(01)).
- Dilek, Y., Thy, P., Moores, E. M. & Ramsden, T. W. (1990), Tectonic evolution of the Troodos ophiolite within the Tethyan framework. *Tectonics* 9(4), 811–823.
- Dilek Y. & Flower, M. F. J. (2003). Arc–trench rollback and forearc accretion: 2. Model template for Albania, Cyprus, and Oman. In Dilek, Y. & Robinson, P.T. (Eds.), *Ophiolites in Earth History*. *Special publications*, 218. *Geological Society, London*, pp 43–68. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2003.218.01.04>.

- Dilsiz, A., Günay, S., Mosalam K., ... & Safiey, A. (2023). *StEER-EERI: 2023 Mw 7.8 Kahramanmaraş, Türkiye Earthquake Sequence Joint Preliminary Virtual Reconnaissance Report (PVR)*. Report number PRJ-3824. <https://doi.org/10.17603/ds2-7ry2-gv66>
- Ding, H., Zhou, Y., Ge, Z., Taymaz, T., Ghosh, A., Xu, A.H., Irmak, T. S. & Song, X. (2023), High-resolution seismicity imaging and early aftershock migration of the 2023 Kahramanmaraş (SE Türkiye) M_w 7.9 & 7.8 earthquake doublet. *Earthquake Science*, 36(6), 417–432. <https://doi.org/10.1016/j.eqs.2023.06.002>
- Ding, X., Xu, S., Xie., Van den Ende, M., Premus, J. & Ampuero-P. (2023). The sharp turn: Backward rupture branching during the 2023 M_w 7.8 Kahramanmaraş (Türkiye) Earthquake. *Seismica* 2(3). <https://doi.org/10.26443/seismica.v2i3.1083>
- Duman T. Y. & Emre, Ö. (2013). The East Anatolian 458 Fault: geometry, segmentation, and jog characteristics. In Robertson, A. H. F., Parlak, O. & Ünlügenç, U. C. (Eds.), *Geological development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region. Special Publications, vol 372*, Geological Society, London, pp 495–529.
- Duman, D. Y, Robertson, A. H. F. & Elmacı, K. M. (2017), Paleozoic- Recent geological development and uplift of the Amanos Mountains (S Turkey) in the critically located northwesternmost corner of the Arabian continent. *Geodinamica Acta*, 29(1), 103–138. <https://doi.org/10.1080/09853111.2017.1323428>
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. & Şaroğlu, F. (2013). *Active Fault Map of Turkey with an Explanatory Text. 1:1,250,000 Scale*. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) ISBN: 978-605-5310-56-1.
- Esat, K. & Seyitoğlu, G. (2023). *2023.02.06 Kahramanmaraş Depremlerinin yüksek çözünürlüklü uydu ve hava görüntülerine dayalı yüzey kırığı haritası-Surface rupture map of the 2023.02.06 Kahramanmaraş Earthquakes based on high resolution satellite and aerial imagery*. Technical Report, Researchgate, 5p. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.36259.32808>
- Facenna, C., Becker, T.W., Jolivet, L. & Keskin, M. (2013). Mantle convection in the Middle East: reconciling Afar upwelling, Arabia indentation, and Aegean trench rollback. *Earth and Planetary Science Letters*, 375, 254–269. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.05.043>
- Florentine, J. A., Bonnie, A., Blackwell, B., Tüysüz, O., Tari, U., Genç, Ş.C., İmren, C., Mo, S., Yiwen, E., Huang, W., Joel, I., Blickstein, B., Skinner, A. R., & Kim, M. (2014). Monitoring tectonic uplift and paleoenvironmental reconstruction for marine terraces near Mağaracık and Samandağ, Hatay Province, Turkey. *Radiation Protection Dosimetry*, 159(1-4), <https://doi.org/10.1093/rpd/ncu179>.
- Garfunkel Z. (1997). The History and Formation of the Dead Sea Basin. In Niemi T. M., Ben Avraham Z. & Gat J. R. (Eds.), *The Dead Sea: The Lake and Its Setting* (pp. 36–56). Oxford University Press. ISBN 978-0-19-508703-1.
- Garfunkel Z. (2014). Lateral motion and deformation along the Dead Sea transform Fault. In Garfunkel, Z., Ben-Avraham, Z. & Kagan, E. (Eds), *The Dead Sea Transform Fault System: Reviews. Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, 6, 109–250. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8872-4-5>
- Girdler, R. W. (1990). The Dead-Sea Transform-Fault System. *Tectonophysics*, 180(1), 1-13.
- Goldberg, D. E., Taymaz, T., Reitman, N. G., Hatem, A. E., ... & Altuntaş, C. (2023). Rapid characterization of the February 2023 Kahramanmaraş, Türkiye, earthquake sequence. *The Seismic Record*, 3(2), 156-165. <https://doi.org/10.1785/0320230009>
- Gomez, F., Cochran, W. J., Jaafar, R., Reilinger, R., Floyd, M., King, W. & Barazangi, M. (2020). Fragmentation of the Sinai Plate indicated by spatial variation in present-day slip rate along the Dead Sea Transform Fault System. *Geophysical Journal International*, 221(3), 1913-1940. <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa095>
- Govers, R. & Fichtner, A. (2016). Signature of slab fragmentation beneath Anatolia from full-waveform tomography. *Earth and Planetary Science Letters*, 450, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.06.014>
- Graciela, R.L. (2022). High-quality parametric seismic catalogs from several sources around the Dead

- Sea Transform fault Zone and in Turkey [PhD Thesis]. ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000534303>.
- Guidoboni, E., Comastri, A. & Traina, G. (1994). *Catalog of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century*. Istituto Nazionale di Geofisica, Rome, 504 pp.
- Guidoboni, E. & Comastri, A. (2005). *Catalog of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean Area from the 11th to the 15th Century*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Guo, Y., Li, H., Liang, P., Xiong, R., Chaozhong, H., Xu, Y. (2023). Preliminary report of coseismic surface rupture (part) of Turkey's Mw 7.8 earthquake by remote sensing interpretation. *Earthquake Research Advances*, 4(1) Article 100219. <http://doi.org/10.1016/j.eqrea.2023.100219>
- Gülen, L., Barka, A. A. & Toksöz, M. N. (1987). *Continental collision, and related complex deformation: Maras Triple Junction and surrounding structures in SE Turkey*. Spec. Publ., Hacettepe University, Ankara, Turkey.
- Gürboğa, Ş., Kayadibi, Ö., Akıllı, H., Arıkan, S. & Tan, S. (2024). Preliminary results of the great Kahramanmaraş 6 February 2023 Earthquakes (MW 7.7 and 7.6) and 20 February 2023 Antakya Earthquake (MW 6.4), Eastern Türkiye. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 33(1), Article 3. <https://doi.org/10.55730/1300-0985.1896>
- Gürbüz, A. (2023). Is there activity switching among the continental transform faults in the Eastern Mediterranean region?. *International Journal of Earth Sciences*, 112(7), 1891-1900.
- Gürbüz, A. & Gürer, Ö. F. (2009). Middle Pleistocene extinction process of pull-apart basins along the North Anatolian Fault Zone. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 173 (2009) 177–180.
- Güvercin, S. E., Karabulut, H., Konca, A. O., Doğan, U. & Ergintav S. (2022). Active seismotectonics of the East Anatolian Fault. *Geophysical Journal International*. 230(1): 50–69. <https://doi.org/10.1093/gji/ggac045>.
- Harrison, R. W., Tsiolakis, E., Stone, B. D. Lord, A., McGeehan, J. P., Mahan, S. A. & Chirico, P. (2012). Late Pleistocene and Holocene uplift history of Cyprus: implications for active tectonics along the southern margin of the Anatolian microplate. In Robertson, A. H. F., Parlak, O. & Ünlügenç, Ü. (Eds.), *Geological development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean region* (pp 561–584). Spec Publ., London.
- He, L., Feng, G., Xu, W., Wang, Y., ... & Liu, X. (2023), Coseismic Kinematics of the 2023 Kahramanmaraş, Turkey Earthquake Sequence from InSAR and Optical Data. *Geophysical Research Letters*, 50(17), Article e2023GL104693. <https://doi.org/10.1029/2023GL104693>
- Heimann, A. & Ron, H. (1993). Geometric changes of plate boundaries along part of the northern Dead Sea Transform: Geochronologic and paleomagnetic evidence. *Tectonics*, 12(2), 477-491. <https://doi.org/10.1029/92TC01789>.
- Herece E. (2008). *Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası (East Anatolian Fault Atlas)*. Special publications. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara. Serial Number: 13, 359 s.
- Hubbard, J. & Bradley, K. (2024). One year after the February 6 Türkiye-Syria earthquakes. *Earthquake Insights*, <https://doi.org/10.62481/266f3dbf>.
- Hubert-Ferrari A., King G. C. P. K., van der Woerd J., ... & Armijo, R. (2009). Long-term evolution of the North Anatolian Fault: New constraints from its eastern termination. *Geological Society, London, Special Publications*, 311(1):133-154. <https://doi.org/10.1144/SP311.5>
- Hussain, E., Kalaycıoğlu, S., Milliner, C. W. D. & Çakır, Z. (2023). Preconditioning the 2023 Kahramanmaraş (Türkiye) earthquake disaster. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4, 287-289. <http://doi.org/10.1038/s43017-023-00411-2>
- İÜ-Cerrahpaşa Raporu (2023). *6 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi Ön İnceleme Raporu*. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, 3 s. [https://cdn.iuc.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=6-subat-2023-pazarcik-\(kahramanmaras\)-depremi-on-inceleme-raporu_638114540579749734.pdf](https://cdn.iuc.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=6-subat-2023-pazarcik-(kahramanmaras)-depremi-on-inceleme-raporu_638114540579749734.pdf)
- İTÜ Raporu (2023). *06 Şubat 2023 Depremleri Ön İnceleme Raporu*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. 136 s. https://haberler.itu.edu.tr/docs/default-source/default-document-library/2023_itu_deprem_on_raporu.pdf

- Jackson, J. & D. P. McKenzie, (1984). Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal International*, 77(1), 185-264. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1984.tb01931.x>
- Jia, Z., Jin, Z., Marchandon, M., Ulrich, T., Gabriel, A. A., Fan, W. Shearer, P., Zou, X., Rekoske, J., Bulut, F., Garagon, A. & Fialko, Y. (2023). The complex dynamics of the 2023 Kahramanmaraş, Turkey, M_w 7.8-7.7 earthquake doublet. *Science*, 381(6661), 985-990. <https://doi.org/10.1126/science.adi0685>
- Jiang, X. Y., Song, X. D., Li, T. & Wu, K.X. (2023). Moment magnitudes of two large Turkish earthquakes on February 6, 2023, from long-period coda. *Earthquake Science*, 36(2), 169-174, <http://doi.org/10.1016/j.eqs.2023.02.008>
- Jolivet, L. & Facenna, C. (2000). Mediterranean extension and the Africa-Eurasia collision. *Tectonics*, 19, 1095-1106.
- Kahle, H. G., Concord, M., Peter, Y., Geiger, A., Reilinger, R., Barka, A. & Veis G. (2000). GPS derived strain rate field within the boundary zones of the Eurasian, African, and Arabian plates. *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, 105(B10), 23353-23370.
- Karabacak, V. (2007). *Ölü Deniz Fay Zonu Kuzey Kesiminin Kuvaterner Aktivitesi* [Doktora Tezi]. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 325s
- Karabacak V. Ç. Özkaymak, H. Sözbilir, O Tatar, ... & Arslan, G. (2023). The 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş, Türkiye) Earthquake (M_w: 7.7): Implications for surface rupture dynamics along the East Anatolian Fault Zone. *Journal of the Geological Society*, 180(3), Article jgs2023-020. <https://doi.org/10.1144/jgs2023-020>
- Karabulut, H., Güvercin, S. E., Hollingsworth, J. & Konca, A. Ö. (2023). Long silence on the East Anatolian Fault Zone (Southern Turkey) ends with devastating double earthquakes (6 February 2023) over a seismic gap: implications for the seismic potential in the Eastern Mediterranean region. *Journal of the Geological Society*. 180(3), Article jgs2023-021. <https://doi.org/10.1144/jgs2023-021>
- Karaoğlu, Ö., Gülmez, F., Göçmengil, G., Lustrino, M., Di Giuseppe, P., Manetti, P., Savaşçın, M.Y. & Agostini, S. (2020). Petrological evolution of Karlıova-Varto volcanism (Eastern Turkey): Magma genesis in a transtensional triple-junction tectonic setting. *Lithos*, 364-365, Article 105524. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105524>
- Karig, D. E. & Kozlu, H. (1990). Late Paleogene-Neogene evolution of the triple junction region near Maras, south-central Turkey. *Journal of the Geological Society* 147(6), 1023-1034. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.147.6.1023>
- Kaviani, A., Sandvol, E., Moradi, A., Rümper, G., Tang, Z. & Mai, P.M. (2018). Mantle transition zone thickness beneath the middle East: evidence for segmented Tethyan slabs, delaminated lithosphere, and lower mantle upwelling. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(6), 4886-4905. <https://doi.org/10.1029/2018JB015627>
- Kiratzi, A. A. (1993). A study on the active crustal deformation of the north and east Anatolian fault zones. *Tectonophysics*, 225(3), 191-203. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90279-S](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90279-S)
- Kobayashi., Munekane, H., Kuwahara, M., and Furui, H. (2024). Insights on the 2023 Kahramanmaraş Earthquake, Turkey, from InSAR: fault locations, rupture styles, and induced deformation. *Geophysical Journal International*, 236(2):1068-1088. <http://doi.org/10.1093/gji/ggad464>
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. & Kuloshvili, S. (2001). Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, 14(1-3), 177-195. [https://doi.org/10.1016/S0985-3111\(00\)01064-0](https://doi.org/10.1016/S0985-3111(00)01064-0)
- KOERI (Boğaziçi University the Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute), (2023a). *06 Şubat 2023 Sofalaca- Şehitkamil- Gaziantep; Ekinözü-Kahramanmaraş ve 20 Şubat 2023 Hatay Depremleri*. 25p. KOERI-RETMC Earthquake Catalog Search System (WWW Document). [http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/\(2023\)](http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/(2023))
- KOERI (Boğaziçi University, the Kandilli Observatory, and Earthquake Research Institute) (2023b). *06 Şubat 2023 Sofalaca Şehitkamil Gaziantep Depremi*. 7p. KOERI-RETMC Earthquake Catalog Search System [WWW Document [http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/\(2023\)](http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/(2023))].

- Kounoudisi, R., Bastow, I. D., Ogden, C. S., Goes, S., Jenkins, J., Grant, B. & Braham, C. (2020), Seismic tomographic imaging of the Eastern Mediterranean mantle: implications for terminal stage subduction, the uplift of Anatolia, and the Development of the North Anatolian Fault. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 21(7), Article e2020GC009009. <https://doi.org/10.1029/2020GC009009>
- Kusky, T. M., Bozkurt, E., Jiannan, M. & Lu, W. (2023). Twin Earthquakes Devastate Southeast Türkiye and Syria: First Report from the Epicenters. *Journal of Earth Science*, 34(2), 291-296. <https://doi.org/10.1007/s12583-023-1317-5>
- Kürçer, A., Elmacı, H., Özdemir, E., Güven, C., Güler, T., Avcu, İ. ve Özalp S. (2023a). 06 Şubat 2023 Pazarlık (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7,7) Saha Gözlem Raporları Serisi, 1- Amanos Segmenti (Rapor No: 14121), 45 s.
- Kürçer, A., Elmacı, H., Özdemir, E., Güven, C., Güler, T., Avcu, İ., Olgun, Ş., Avcı, H. O., Aydoğan, H., Yüce, A. A., Çetin, F. E., Ayrancı, A., Akyol, Z., Soykasap Ö. A., Altuntaş, G., Demirörs, U., Karayazı, O., Bayrak, A. ve Özalp, S. (2023b). 06 Şubat 2023 Pazarlık (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7,7) Saha Gözlemleri ve Değerlendirmeler (Rapor No: 14138). MTA Genel Müdürlüğü, 187 s., Ankara.
- Lei J. & Zhao D. (2007). Teleseismic evidence for a break-off subducting slab under Eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters*, 257(1–2), 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.02.011>
- Lekkas, E., Carydis, P., Vassilakis, E., Mavroulis, S., Argyropoulos, I., Sarantopoulou, A., Mavrouli, M., Konsolaki, A., Gogou, M., Katsetsiadou, K. N., Kotsi, E., Spyrou, N. I., Diakakis, M., Kranis, H., Skourtsos, E., Lozios, S. & Soukis, K. (2023). The 6 February 6, 2023, Turkey-Syria Earthquakes. *Newsletter of Environmental, Disaster and Crises 22 Management Strategies*, 29, ISSN 2653-9454. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.17643.82726>
- Li, S., Wang, X., Tao, T., Zhu, ... & Song, S. (2023). Source Model of the 2023 Turkey earthquake Sequence imaged by Sentinel-1 and GPS Measurements: Implications for heterogeneous fault behavior along the East Anatolian fault Zone. *Remote Sensing* 15(10), Article 2618. <https://doi.org/10.3390/rs15102618>
- Liu, C., Lay, T., Wang, R., Taymaz, T., Xie, Z., Xiong, X., Irmak, T. S., Kahraman, M., Erman, C. (2023). Complex multi-fault rupture and triggering during the 2023 earthquake doublet in southeastern Türkiye. *Nature Communications*, 14, Article 5564. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41404-5>
- Lomax, A. & Precise, A. (2023). NLL-SSST-coherence hypocenter catalog for the 2023 Mw 7.8 and Mw 7.6 SE Turkey earthquake sequence, Zenodo (2023). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7727678>
- Ma, Z., Li, C., Jiang Y., ... & Wei, S. (2024), Space Geodetic Insights to the Dramatic Stress Rotation Induced by the February 2023 Turkey-Syria Earthquake Doublet. *Geophysical Research Letters*, 51(6), Article e2023GL107788. <https://doi.org/10.1029/2023GL107788>
- Mahmoud, Y., Masson, F., Meghraoui, M., Çakır, Z., Alchalbi, A., ... & İnan, S. (2012). Kinematic study at the junction of the East Anatolian Fault and the Dead Sea Transform fault from GPS measurements. *Journal of Geodynamics*, 67, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.05.006>
- Maggen, Y., Baer, G., Ziv, A., ... & Gürbüz, G. (2024). Fault Coalescence, slip distribution, and Stress drop of the February 2023 Southeast Türkiye earthquakes from Joint inversion of SAR, GNSS, and Burst overlap interferometry. (2024). *Seismological Research Letters*, 95(2A), 680–696. <https://doi.org/10.1785/0220230271>
- Marco S. (2007). Temporal variation in the geometry of a strike-slip fault zone: Examples from the Dead Sea Transform. *Tectonophysics*. 445(3–4), 186–199. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.08.014>
- Mart, Y., Ryan, W. B. F. & Lunina, O. V. (2005). Review of the tectonics of the Levant Rift system: the structural significance of oblique continental breakup. *Tectonophysics*. 395(3–4), 209–232. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.09.007>
- Masson, F., Mahmoud, Y., Çakır, Z., Yavaşoğlu, H., Meghraoui, M., Alchalbi, A. & Ergintav S. (2010). GPS characterization of the triple junction between Arabia, Africa, and Anatolia: new measurements in SE Turkey and NW Syria. *Wegener 2010, 15th general assembly of Geodinamica Acta*, 53, *Wegener, Programme, and book of abstracts*, 14–17 September 2010. Geodesy Department of

- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute of Boğaziçi University, Istanbul, Turkey.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C. ... & Veis, G. (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105, (B3), 5695-5719. <https://doi.org/10.1029/1999JB900351>
- McKenzie, D. (1972). Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.
- Meghraoui, M., Çakır, M. Z., Masson, F., Mahmood, Y. and 6 others (2011). Kinematic modeling at the triple junction between the Anatolian, Arabian, African plates (NW Syria and in SE Turkey). EGU-2011, *Geophysical Research Abstracts*, 13, (2011), p.12599.
- Melgar, D., Taymaz, T., Ganas, A., Crowell, B., Öcalan, T., Kahraman, M., Tsironi, V., Yolsal-Çevikbilen, S., Valkaniotis, S., Irmak, T. S., Eken, T., Erman, C., Özkan, B., Dogan, A. H., & Altuntaş, C. (2023). Sub- and super-shear ruptures during the 2023 Mw 7.8 and Mw 7.6 earthquake doublet in SE Türkiye. *Seismica*, 2(3). <https://doi.org/10.26443/seismica.v2i3.387>
- Meng, J., Kusky, T., Bozkurt, E., Deng, H. & Sinoplu, O. (2024). Partitioning Anatolian Kinematics into Tectonic Escape and Slab Rollback Dominated Domains. *Journal of Earth Science*, 35, 758–768. <https://doi.org/10.1007/s12583-023-1906-3>
- MTA Raporu (2023a). 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) (Mw 7,7) ve Elbistan (Kahramanmaraş) (Mw 7,6) Depremleri Bilgi Notu. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı 20 Şubat 2023 Ankara, 5p.
- MTA Report (2023b). 20 Şubat 2023 Defne (Hatay) Depremi (Mw 6,4) Bilgi Notu. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı 20 Şubat 2023 Ankara, 5p.
- Muehlberger, W. R. & Gordon, M. B. (1987). Observations on the complexity of the East Anatolian Fault, Turkey. *Journal of Structural Geology*, 9(7), 899-903. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(87\)90091-5](https://doi.org/10.1016/0191-8141(87)90091-5)
- Ni, S., Sun, H., Somerville, P., Yuen, D. A., Milliner, C., Wang, H., Zhou, J., Cui, Y. (2023). Complexities of Turkey-Syria doublet earthquake sequence. *The Innovation*, 4(3), Article 100431. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2023.100431>
- Okuwaki, R., Yagi, Y., Taymaz, T., Hicks, S. P. (2023). multi-scale rupture growth with alternating directions in a complex fault network during the 2023 south-eastern Türkiye and Syria earthquake doublet. *Geophysical Research Letters*, 50(12), Article e2023GL103480. <https://doi.org/10.1029/2023GL103480>
- Över, S. & Ünlügenç, U. C. (1998). Seismotectonic Evidence of the Antioch Triple Junction and Resent Temporal Change in Quaternary to Present-day Stress State Along Hatay Region (SE-Turkey). *Third International Geology Symposium, Proceeding Book* (p. 98), Ankara.
- Över, S., Ünlügenç, U. C. & Bellier, O. (2002), Quaternary stress regime changes in the Hatay region (SE Turkey). *Geophysical Journal International*, 148(3), 649–662. <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.2002.01621.x>
- Över, S., Demirci, A. 6 Özden, S., (2023). Tectonic implications of the February 2023 Earthquakes (Mw7.7, 7.6 and 6.3) in south-eastern Türkiye. *Tectonophysics*, 866(2023) Article 230058. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.230058>
- Över, S., Özden, S. & Yılmaz, H. (2004a). Late Cenozoic stress evolution along the Karasu Valley, SE Turkey. *Tectonophysics* 380, 43–68.
- Över, S., Kavak, K. S., Bellier, O. & Özden, S. (2004b). Is the Amik Basin (SE-Turkey) a Triple Junction Area? Analyses of SPOT XS Imagery and Seismicity. *International Journal of Remote Sensing*, 25(19), 3857–3872. <https://doi.org/10.1080/01431160310001654437>
- Özaçar, A. A., Uzel, B., Bozkurt, E., Sançar, T., Sopacı, E., Okay, H. B., Kaymakçı, N., Rojay, B., Gülerce, Z., Kıncal, C., Köksal, D. & Gregory, L. (2023). Active Tectonic Setting and Seismic Source. In Çetin, K. Ö. & Ilgaç, M. (Coodinators), *Reconnaissance Report on February 6, 2023, Kahramanmaraş-Pazarcık (M_w=7.7) and Elbistan (M_w=7.6) Earthquakes* (52-74). <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.15569.61283/1>
- Özbey, V., Şengör, A. M. C., Henry, P., ... & Öğremen, N. (2024). Kinematics of the Kahramanmaraş triple junction and of Cyprus: evidence of shear

- partitioning. *BSGF - Earth Sciences Bulletin*, 195, Article 15. <https://doi.org/10.1051/bsgf/2024012>
- Özeren, M. S. & Holt, W. E. (2010). The dynamics of the eastern Mediterranean and eastern Turkey. *Geophysical Journal International* 183(3), 1165–1184. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2010.04819.x>
- Özkan, A., Yavaşoğlu, H. & Masson, F. (2023), Revealing the present-day strain accumulation and Fault kinematics on the Hatay Triolet Junction using new geodetic constraints. *Tectonophysics*, 854, Article 229819. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.229819>
- Palutoğlu, M. & Şaşmaz, A. (2017). 29 November, 1 Kahramanmaraş earthquake Southern Turkey. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 155, 187–202. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.314211>
- Parlak, O., Yavuzoğlu, A., Bayrak, A., Karayazı, O., Olgun, Ş. (2023). 06 Şubat (2023) Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7,6) Saha Gözlemleri ve Değerlendirmeler (Rapor No: 14139). MTA Genel Müdürlüğü, 99s, Ankara.
- Perinçek, D. & Çemen, İ. (1990). Structural relationship between the East Anatolian and the Dead Sea Transform fault zones in southeastern Turkey. *Tectonophysics*, 172(3-4) 331-340.
- Piromallo, C. & Morelli, A. (2003). P wave tomography of the mantle under the Alpine-Mediterranean area. *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, 108(B2), Article 2065. <https://doi.org/10.1029/2002JB001757>
- Pirazzoli, P. A., Laborel, J., Saliège, J. F., Erol, O., Kayan, İ. & Person A. (1991). Holocene raised shorelines on the Hatay coasts (Turkey): palaeoecological and tectonic implications. *Marine Geology*, 96(3-4):295–311. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(91\)90153-U](https://doi.org/10.1016/0025-3227(91)90153-U)
- Portner, D. E., Delph, J.R., Biryol, C. B., Beck, S. L., ... & Türkelli, N. (2018). Subduction termination through progressive slab deformation across eastern Mediterranean subduction zones from updated P-wave tomography beneath Anatolia. *Geosphere*, 14, 905-925, <https://doi.org/10.1130/GES01617.1>
- Pousse-Beltran, L., Nissen, E. Bergman, E6. A., Cambaz, M. D., Gaudreau, E., Karasözen, E. & Tan, F. (2020), The 2020 M_w 6.8 Elazığ (Turkey) earthquake reveals the rupture behavior of the East Anatolian Fault. *Geophysical Research Letters*, 47(13), Article e2020GL088136. <https://doi.org/10.1029/2020GL088136>
- Reilinger, R., McClusky, S., Paradissis, D., Ergintav, S. & Vernant, P. (2010). Geodetic constraints on the tectonic evolution of the Aegean region and strain accumulation along the Hellenic subductionzone. *Tectonophysics*, 488(1-4), 488, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.05.027>
- Reitman, N. G., Briggs, R. W., Barnhart, W. D., Thompson, J. A., DuRoss, C. B., Hatem, A. E., ... & Collett, C. (2023). *Preliminary fault rupture mapping of the 2023 M7.8 and M7.5 Türkiye Earthquakes*. U.S. Geological Survey data release. <https://doi.org/10.5066/P985I7U2>
- Ren, C., Wang, Z., Taymaz, T., Nan, H., ... & Ding, H. (2024). Supershear triggering and cascading fault ruptures of the 2023 Kahramanmaraş, Türkiye, earthquake doublet. *Science*, 383(6680), 305-311. <https://doi.org/10.1126/Science.adi1519>
- Robertson, A. H. F., Ünlügenç, Ü. C., Inan, N. & Taşlı, K. (2004). The Misis-Andırın Complex: a Mid-Tertiary mélange related to late-stage subduction of the Southern NeoTethys in S Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 22, 413–453. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(03\)00062-2](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(03)00062-2)
- Robertson, A. H. F., Parlak, O. & Ustaömer, T. (2012). Overview of the Paleozoic-Neogene evolution of NeoTethys in the Eastern Mediterranean region (southern Turkey, Cyprus, Syria). *Petroleum Geoscience*, 18(4), 381–404. <https://doi.org/10.1144/petgeo2011-091>
- Robertson, A. H. F., Mccay, G. A., Tasli, K. & Yildiz, A. (2013). Eocene development of the northerly active continental margin of the Southern Neotethys in the Kyrenia Range, north Cyprus. *Geological Magazine*, 151, 692 - 731
- Rotstein, Y. & Bartov, Y. (1989). Seismic reflection across a continental transform: An example from a convergent segment of the Dead Sea rift. *Journal of Geophysical Research*, 94(B3), 2902–2912. <https://doi.org/10.1029/jb094ib03p02902>
- Rojay B., & Heimann, A. & Toprak, V. (2001). Neotectonic and volcanic characteristics of the Karasu fault zone (Anatolia, Turkey): The

- transition zone between the Dead Sea transform and the East Anatolian fault zone. *Geodinamica Acta*, 14, 197-212.
- Sancar, T., Akyüz, H. S., Schreursdand, G. & Zabçı, C. (2018). Mechanics of Plio-quadernary faulting around the Karlıova triple junction: implications for the deformation of Eastern part of the Anatolian Scholle. *Geodinamica Acta*, 30(1), 287-305. <https://doi.org/10.1080/09853111.2018.1533736>.
- Schildgen T. F., Cosentino, D., Caruso, A., Buchwaldt, R., Yıldırım, C., Bowring, S.A., Rojay, B., Echtler, H. & Strecker M. R. (2014). Surface expression of eastern Mediterranean slab dynamics: Neogene topographic and structural evolution of the southwest margin of the Central Anatolian Plateau, Turkey. *Tectonics* 31(2), Article TC2005. <https://doi.org/10.1029/2011TC003021>
- Seyitoğlu, G., Esat, K., Bozkurt, E., Gülbudak, S., ... & Yılmaz, M. E. (2023). 2023.02.06 (10:24:49 UTC) (Mw=7.5) Ekinözü depreminin yüzey yırtılması ve atım verileri-The surface rupture and offset data of the 2023.02.06 (10:24:49 UTC) (Mw=7.5) Ekinözü earthquake. Technical Report, ResearchGate, 9 p. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34198.22089>.
- Seyrek, A., Demir T., Pringle, M. S., Yurtmen, S., Westaway, R. W. C., Beck, A. & Rowbotham G. (2007). Kinematics of the Amanos Fault, southern Turkey, from Ar/Ar dating of offset Pleistocene basalt flows: transpression between the African and Arabian plates. In Cunningham, W.D. & Mann, P. (Eds.), *Tectonics of Strike-Slip Restraining and Releasing Bends*, Geological Society, London, *Special Publications*, 290, 255-284. <https://doi.org/10.1144/sp290.9>
- Şaroğlu, F. & Yılmaz, Y. (1987). Geological evolution and basin models during a neotectonic episode in eastern Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 107, 61–83, Ankara.
- Şaroğlu F. & Yılmaz Y. (1991). Geology of the Karlıova Region; Intersection of the North Anatolian and East Anatolian Transform Faults, *Bulletin of the Technical University of Istanbul, (Special Iss. On Tectonics)*, 44(1-2), 475- 493.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. & Kuşcu, İ. (1992)., The East Anatolian fault zone of Turkey. *Annalae Tectonicae*, 6, 99–125.
- Şengör A. M. C. (1979), *Türkiye'nin neotektonik esasları (Principles of the neotectonics of Turkey)*. Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını No 2. 35pp.
- Şengör, A. M. C. & Kidd, W.S. F. (1979). The post-collisional tectonics of the Turkish–Iranian Plateau and a comparison with Tibet. *Tectonophysics* 55, 361–376.
- Şengör, A. M.C. & Yılmaz, Y. (1981), Tethyan Evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75,181–241.
- Şengör, A. M. C., Özeren, S., Genç, T. & Zor E. (2003), East Anatolian high Plateau as a mantle-supported, north-south shortened domal structure. *Geophysical Research Letters*, 30(24): Article 8045. <https://doi.org/10.1029/2003GL017858>
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidogan, H., Görür, N., Le Pichon, X. & Rangin, C. (2005). The North Anatolian Fault: a new look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33, 37–75. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.32.101802.120415>
- Şengör, A. M. C., Zabçı, C. & Natalin, B. A. (2019). Continental Transform Faults: Congruence and Incongruence with Normal Plate Kinematics? (Chapter 9). In J. C. Duarte (Ed.), *Transform Plate Boundaries and Fracture Zones* (pp. 169-247). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812064-4.00009-8>
- Tarı, U., Tüysüz, O., Genç, Ş.C., İmren, C., Blackwell, B.A.B., Lom, N., Tekeşin, Ö., Üsküplü, S., Erel, L., Altıok, S. & Beyhan, M. (2014). The geology and morphology of the Antakya Graben between the Amik Triple Junction and the Cyprus Arc. *Geodinamica Acta*, 26(1-2), 27-55. <https://doi.org/10.1080/09853111.2013.858962>
- Tatar, O., Sözbilir, H., Koçbulut, F., Bozkurt E., ... & Metin, Y. (2020). Surface deformations of 24 January 2020 Sivrice (Elâzığ)–Doğanyol (Malatya) earthquake (Mw = 6.8) along the Pötürge segment of the East Anatolian Fault Zone and its comparison with Turkey's 100-year-surface ruptures. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2, 385–410. <https://doi.org/10.1007/s42990-020-00037-2>
- Taylor, G., Thompson, D. A., Cornwell, D. & Rost, S. (2018). Interaction of the Cyprus/Tethys slab with the mantle transition zone beneath Anatolia.

- Geophysical Journal International*, 216(3), 1665-1674). <https://doi.org/10.1093/goji/ggy514>
- Taymaz, T., Eyidoğan, H. & Jackson, J. (1991). Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophysical Journal International*, 106(3), 537–550 (1991). <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1991.tb06328.x>
- ten Brink, U. S., Levi, E., Flores, C.H., Koulakov, I., Bronshtein, N. & Ben-Avraham, Z. (2023). Crustal Structure Across the Central Dead Sea Transform and Surrounding Areas: Insights into Tectonic Processes in Continental Transforms. *Tectonics*, 42(8), Article e2023TC007799. <https://doi.org/10.1029/2023TC007799>
- Tikhotsky, S. A., Tatevosyan, R. E., Rebetsky, Yu, L., Ovsyuchenko, A. N. & Larkov, A. S. (2023). The 2023 Kahramanmaraş Earthquakes in Turkey: Seismic movements along Conjugated faults. *Doklady Earth Sciences* 511, 703-709. <https://doi.org/10.1134/S1028334X23600974>
- Tiryakioğlu, İ. (2012). *Identification of the Block Movements and Stress Zones in Southwestern Anatolia with GNSS Measurements* [Ph.D. Thesis]. Yıldız Technical University, Graduate School of Science and Engineering, Istanbul (2012).
- Tüysüz, O., Tarı, U., Genç, Ş. C., İmren, C., Blackwell, B. A. B., Wehmler, J., Kaufman, D., Altiok, S., Beyhan, M., Fleitmann, D., Lom, N., Üsküplü, S., Tekeşin, Ö. & Florentin A. (2013), Geology and morphology of the Antakya Graben between the Amik Triple Junction and the Cyprus Arc. In *Abstract Volume, European Geosciences Union General Assembly 2013*, Vienna, Austria, 7–13. <https://doi.org/10.1080/09853111.2013.858962>
- Ünlügenç, U. C. (1993). *Controls on Cenozoic sedimentation in the Adana Basin, Southern Turkey* [Ph.D. Thesis]. Keele University, UK. Two Volumes, Volume 2, figures, logs and maps. pp. 229.
- Ünlügenç U. C., Kelling, G., & Demirkol, C. (1991), Aspects of basin evolution in the Neogene Adana Basin EE Turkey. In *Proceedings of International Scientific Congress on Aegean Regions*, vol 1, pp 357–370.
- Ünlügenç Ü. C. & A.C. Akıncı (2017), Kızıldere-Güveloğlu (Ceyhan-Adana) Civarının Tektonostratigrafisi. *Çukurova Üniversitesi Mühendisliği Mimarlık Fakültesi Dergisi. Çukurova Univ. J. Fac. Eng. Archit.* 32(2), 85–99.
- Ünlügenç, U. C., Akıncı, A. C. & Öçgün, A. G. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş- Gaziantep Depremleri; Adana İli ve Yakın Kesimlerine Yansımaları. *Yerbilimleri (Geosound)*, 57, 1-41.
- Viltres, R., Jónsson, S. A., Alothman, S., Liu, S., ... & Reilinger, R. (2022). Present-day motion of the Arabian plate. *Tectonics*, 41, Article e2021TC007013. <https://doi.org/10.1029/2021TC007013>
- Walters, R. J., Parsons, B. & Wright, T. J. (2014). Constraining crustal velocity fields with InSAR for Eastern Turkey: limits to the block-like behavior of Eastern Anatolia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119(6), 5215-5234. <https://doi.org/10.1002/2013JB010909>
- Wang W., Lui., Fan X., Chao. Ma. & Shan, X. (2023). Coseismic Deformation, Fault Slip Distribution, and Coulomb Stress Perturbation of the 2023 Türkiye-Syria Earthquake Doublet Based on SAR Offset Tracking. *Remote Sensing* 15(23), Article 54433. <https://doi.org/10.3390/rs15235443>
- Wang, Z., Zhang, W., Taymaz, T., He, Z., Xu, T. & Zhan, Z. (2023). Dynamic rupture process of the 2023 Mw7.8 Kahramanmaraş earthquake (SE Türkiye): variable rupture speed and implications for seismic hazard. *Geophysical Research Letters*, 50(15), Article e2023GL104787. <https://doi.org/10.1029/2023GL104787>
- Wang, B. & Barbot, S. (2024). Rupture segmentation on the East Anatolian fault (Turkey) controlled by along-strike variations in long-term slip rates in a structurally complex fault system. *Geology*, 52(10), 779-783. <https://doi.org/10.1130/G52403.1>
- Wdowinski, S. Bock, Y., Baer, G., Prawirodirdjo, G. ... & Melzer, Y. (2004). GPS measurements of current crustal movements along the Dead Sea Transform fault. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(B5), Article B05403. <https://doi.org/10.1029/2003JB002640>
- Westaway, R. & Arger, J. (1996). The Golbasi basin, southeastern Turkey: A complex discontinuity in a major strike-slip fault zone. *Journal of Geological*

- Society*, 153, 729-743. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.153.5.0729>
- Westaway, R. & Arger, J. (2001). Kinematics of the Malatya-Ovacık Fault. *Geodinamica Acta*, 14, 103-131.
- Wu, F., Xie, J., An, Z., Lyu, C., Taymaz, T., ... & Zhou, B. (2023). Pulse-like ground motion observed from the 6 February, 2023, M_w 7.8 Pazarcık Earthquake (Kahramanmaraş, SE Türkiye). *Earthquake Science*, 36(4), 328-339. <https://doi.org/10.1016/j.eqs.2023.05.005>
- Xu, L., Mohanna, S., Meng, L., Ji, C., Ampuero, J.-P., Yunjun, Z., Hasnain, M., Chu, R. & Liang, C. (2023). The overall-sub shear and multi-segment rupture of the 2023 M_w 7.8 Kahramanmaraş, Turkey earthquake in millennia super cycle. *Communications Earth & Environment*, 4, Article 379. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01030-x>
- Yıldız, S. S., Özkan, A., Yavaşoğlu, H. H., Masson, F., Tiryakioğlu, İ., Alkan, M. N. & Bilgi S. (2020). Determination of recent tectonic deformations in the vicinity of Adana–Osmaniye–Hatay–Gaziantep triple junction region by half-space modeling. *Comptes Rendus. Géoscience*, 352(3), 225-234. <https://doi.org/10.5802/crgeos.39>
- Yılmaz, H. Över, S. & Özden, S. (2006). Kinematics of the East Anatolian fault zone between Türkoğlu (Kahramanmaraş) and Çelikhan (Adıyaman) eastern Turkey. *Earth, Planets and Space*, 58, 1463-1473-1480. <https://doi.org/10.1186/BF03352645>
- Yılmaz, Y. (1984). *Amanos Dağlarının Jeolojisi (Geology of the Amanos Range) Vol. 1- 4*, (Report no.1920). TPAO Ankara, 591 pp.
- Yılmaz, Y. (1993). New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. *Geological Society of America (GSA) Bulletin*, 105(2), 251–271. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1993\)105%3C0251:NEAMOT%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1993)105%3C0251:NEAMOT%3E2.3.CO;2)
- Yılmaz, Y. (2017). Morphotectonic development of Anatolia and the surrounding regions. In Çemen, İ. & Yılmaz, Y. (Eds.), *Active global seismology: neotectonics and earthquake potential of the Eastern Mediterranean Region* (pp 11–91). *Geophysical Monograph*, 225, American Geophysical Union. Wiley, New York.
- Yılmaz, Y. (2019). The Southeast Anatolian Orogenic Belt Revisited (Geology and Evolution). *Canadian Journal of Earth Sciences*, 56(11), 1163-1180. <https://doi.org/10.1139/cjes-2018-0170>
- Yılmaz, Y. (2020). Morphotectonic development of the Adana plain and the surrounding mountains, South Turkey. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2, 341-358. <https://doi.org/10.1007/s42990-020-00043-4>
- Yılmaz, Y. (2021). Geological correlation between Northern Cyprus and Southern Anatolia. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 58(7), 640–657. <https://doi.org/10.1139/cjes-2020-0129>
- Yılmaz, Y. (2025). Tectonic Analyses of the Major Strike-Slip Faults Associated with the South-Central Anatolian Earthquakes. In İ. Çemen and E. Catlos (Eds), *AGU Proceed. Strike-slip Tectonics: Oceanic Transform Faults to Continental Plate Boundaries*. (Basımda).
- Yılmaz, Y. ve Gürer, Ö. F. (1996). Andırın (K. Maraş) dolayında Misis–Andırın kuşağının jeolojisi ve evrimi. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 39–55.
- Yılmaz, Y., Çemen, İ. & Yiğitbaş E. (2023a). Tectonics of Eastern Anatolian Plateau: Final Stages of Collisional. In Catlos, E. J. & Çemen, İ. (Eds.), *Compressional Tectonics: Plate Convergence to Mountain Building* (p. 223–244), Geophysical Monograph: AGU Books in press American Geophysical Union, Geophysical Monographs 277. <https://doi.org/10.1002/9781119773856.ch8>.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. & Çemen, İ. (2023b). Tectonics of the Southeast Anatolian Orogenic Belt. In Catlos, E. J. & Çemen, İ. (Eds.), *Compressional Tectonics: Plate Convergence to Mountain Building* (p. 203–222), Geophysical Monograph: AGU Books in press American Geophysical Union, Geophysical Monographs, 277. <https://doi.org/10.1002/9781119773856.ch7>
- Yiğitbaş, E. & Yılmaz, Y. (1996). Post-Late Cretaceous Strike- Slip Tectonics and Its Implication for the Southeast Anatolian Orogen, Turkey. *International. Geology Review*, 38, 818-831. <https://doi.org/0020-6814/96/212/818-14>
- Yönlü, Ö., Altunel, E., Karabacak, V. & Akyüz, H. S. (2013). Evolution of the Gölbaşı basin and

its implications for the long-term offset on the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Journal of Geodynamics*, 65, 272-281. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.04.013>

Yönlü, Ö., Altunel, E. & Karabacak, V. (2017), Geological and geomorphological evidence for the southwestern extension of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Earth and Planetary Science Letter*, 469, 1-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2017.03.034>