



6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Gaziantep Depremleri; Adana İli ve Yakın Kesimlerine Yansımaları

February 6, 2023 Kahramanmaraş-Gaziantep Earthquakes; Effects on Adana province and its close surroundings

Ulvi Can ÜNLÜGENÇ¹ Orcid: 0000-0002-4092-7041

Ahmet Can AKINCI Orcid: 0000-0002-6608-6607

Ali Gökhan ÖÇGÜN Orcid: 0000-0001-6704-5260

¹*IÇukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana*

Geliş (received): 24.05.2023

Kabul (Accepted): 13.06.2023

ÖZ

Türkiye, Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde çevresinin aktif faylarla sınırlandırılmış olduğu sismik olarak aktif, birinci derecede bir deprem ülkesidir. Ülkemiz oldukça uzun bir süredir 2023 yılında yaşamış olduğumuz büyüklüklerde bir depremle karşı karşıya kalmamıştır. Bu depremlerin oluşmasına neden olan jeolojik faktör yer kabuğu üzerinde yer alan levha ve levhacıkların kabuk üzerindeki bağıl hareketleridir. Afrika ve Arap levhalarının güneyde Ölü Deniz transform fay zonu sınırı boyunca kuzeye doğru farklı hızlarda hareket etmesi nedeniyle, bu levhalar çok uzun bir süredir kuzeyindeki Türkiye (Anadolu) levhacığını sıkıştırıp-itmektedir. Ayrıca, Türkiye levhacığı kuzeyindeki Avrasya Levhası tarafından da sıkıştırılmaktadır. Bu tektonik konumu nedeniyle ülkemizdeki Anadolu levhacığı Türkiye'deki Majör Sağ yanal Doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Sol Yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Karlıova bölgesi civarında kesiştiği alanın batısına doğru yılda 2.1 cm hızla hareket etmektedir.

Ulvi Can ÜNLÜGENÇ

ulvican@cu.edu.tr

6 Şubat 2023 depremlerinin oluşmasının, ilksel nedeni olarak Afro-Arap levhasının sınırını oluşturan transform nitelikli Ölü Deniz Fay Zonu'nun ülkemizin sınırları içerisine kadar uzanması ve bu fay zonu boyunca çok uzun bir süre biriktirmiş olduğu potansiyel enerjinin Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde anlık olarak kinetik enerjiye dönüşmesidir. 7.8 büyüklüğündeki ilk deprem 6 Şubat 2023 tarihinde sabah saat 4.17'de Gaziantep'in yaklaşık 22 km batı-kuzeybatısında Sofalaca alanında meydana gelmiştir. Yüzlerce km uzaklıktaki 11 şehri yaklaşık 86 saniye boyunca ciddi bir şekilde sarsan ilk deprem onbinlerce insanın ölümüne ve onbinlerce binanın yıkılmasına neden olmuştur. Bu depremin artçısı, 6.8 büyüklüğünde olup, sadece 11 dakika sonra birinci depremin yaklaşık 10 km güneybatısında yine Karasu grabeni içerisinde Nurdağı'na yakın bir yerde meydana gelmiştir. Bu artçı da birinci deprem sonrası ayakta kalan binaları çok ciddi bir şekilde etkilemiş ve yıkmıştır. Bu depremler ile Doğu Anadolu Fay Zonunun yüzlerce km uzunlukta 5 segmenti kırılmıştır. Aynı gün yaklaşık 9 saat sonra ilk depremin olduğu yerin yaklaşık 100 km kuzeyinde saat 13:24'te Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kuzey kesimlerinden uzanan Sürgü-Çardak Fay Segmenti ilk depremler tarafından tetiklenerek 7.6 büyüklüğünde ikinci büyük bir deprem ile Kahramanmaraş'ın Ekinözü civarında kırılmıştır. İkinci depremin artçısı da 98 dakika sonra aynı segmentin yaklaşık 65 km batı kesiminde Göksun İlçesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde 6 büyüklüğünde meydana gelmiştir. Göksun'da yaşayan insanlar, birinci depremde yüzey kırığının oluşmadığını ancak, 7.6 büyüklüğündeki deprem ile bölgede yüzey kırıklarının oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu depremlerin oluşması sonrasında Doğu Anadolu Fayı'nın güney segmentleri boyunca sahada ortalama 3,5 metre civarında sol yönlü yanal ötelenmeler ile genelde kuzey bloğun yükseldiği 1,5 metreye varan düşey atımlar tespit edilmiştir. Bu depremler sonrasında meydana gelen 12000'in üzerinde artçı sarsıntılar sonrasında da 20.2.2023 tarihinde Amanos Fayının uzantısında bulunan ve o tarihe kadar kırılmamış bulunan Antakya Fayı (Hatay) saat 20:04'te 6.4 büyüklüğünde bir depremle kırılmıştır. Bu artçı deprem bu zonda karada kırılan son parça olup, güneybatısında Akdeniz'in içinden bir transform faylı sınır ile Kıbrıs'ın güney kesimlerine ulaşmakta ve bu sınır da Afrika plakası-Anadolu levhacığının sınırını oluşturmaktadır. Yoğun yüzey deformasyonları bulunan esas depremlerin yer aldığı bölgelere nazaran Adana ili ve yakın çevresinde çok daha küçük yüzey deformasyonları gelişmiştir.

Anahtar Kelimeler: 6 Şubat 2023 Türkiye Depremleri, Kahramanmaraş, Hatay, Doğu Anadolu Fay Zonu, Yüzey deformasyonu

ABSTRACT

Türkiye is a seismically active earthquake country, where mainly bounded by active faults, located on the Alpine-Himalayan mountain belt. Our country has not experienced earthquakes of this magnitude for a very long time. The geological factor that causes these earthquakes to occur is the relative movements of the plates and platelets on the crust of the earth. As the

African and Arabian plates move northward along the boundary of the Dead Sea transform fault zone in the south, these plates have been compressing and pushing the Turkish Plate in the north for a very long time. In addition, the Turkish (Anatolian) platelet is compressed between the Eurasian Plate in the north. Due to this tectonic settlement of our country, the Anatolian platelet in Turkey moves at a rate of 2.1 cm per year towards the west of the area where the Major Right-lateral Strike-slip North Anatolian Fault Zone and the Left Lateral strike-slip East Anatolian Fault Zone intersect around Karlıova. The primary reason for the occurrence of this earthquake is that the Transform Dead Sea Fault zone, which forms the border of the Afro-Arabian plate, extends into the borders of our country and the potential energy that it has accumulated for a very long time along this left lateral Eastern Anatolian Fault zone is instantly transformed into kinetic energy. The first earthquake with a magnitude of 7.8 occurred on 6 February 2023 at 4:17 am in the Sofalaca area, approximately 22 km west-northwest of Gaziantep. The first earthquake, which shook 11 cities hundreds of kilometers away for about 86 seconds, caused the death of tens of thousands of people and the collapse of tens of thousands of buildings. The aftershock of this earthquake was 6.8 magnitude and occurred just 11 minutes later, about 10 km southwest of the first earthquake, again in the Karasu graben, close to Nurdağı. This aftershock also seriously affected and destroyed the buildings that were trying to stand. With these earthquakes, 5 segments of the East Anatolian Fault Zone with a length of hundreds of kilometers were broken. After these earthquakes, the Sürgü-Çardak Fault Segment extending from the northern parts of the Eastern Anatolian Fault Zone, approximately 100 km north of the first earthquake, approximately 9 hours later on the same day, at 13:24, was triggered by the first earthquakes and a second big earthquake of 7.6 magnitude hit Kahramanmaraş Ekinözü village. The aftershock of the second earthquake occurred 98 minutes later, approximately 65 km west of the same segment, approximately 10 km north of Göksun District with a magnitude of 6. People living in Göksun stated that there was no surface rupture in the first earthquake, but surface fractures occurred in the region with the 7.6 magnitude earthquake. After these earthquakes occurred, left lateral displacements were detected on average around 3,5 meters in the field along the southern segments of the Eastern Anatolian Fault, and vertical displacement up to 1.5 meters, where the northern block generally uplifted. After these earthquakes, more than 12000 aftershocks occurred, and on 20.02.2023, the Antakya Fault (Hatay), which was in the extension of the Amanos Fault and had not been broken until that date, broke at 20:04 and caused another 6.4 earthquake to occur. This zone is the last piece to break on the land, and it reaches the southern parts of Cyprus with a transform fault boundary through the Mediterranean Sea in the southwest, and this boundary forms the boundary of the African plate-Anatolian platelet. During and after these earthquakes, much smaller surface deformations developed in the immediate vicinity of Adana province than the main earthquake region where intense surface deformations occurred.

Keywords: 6 February 2023 Turkey Earthquakes, Kahramanmaraş, Hatay, East Anatolian Fault Zone, Surface Deformation.

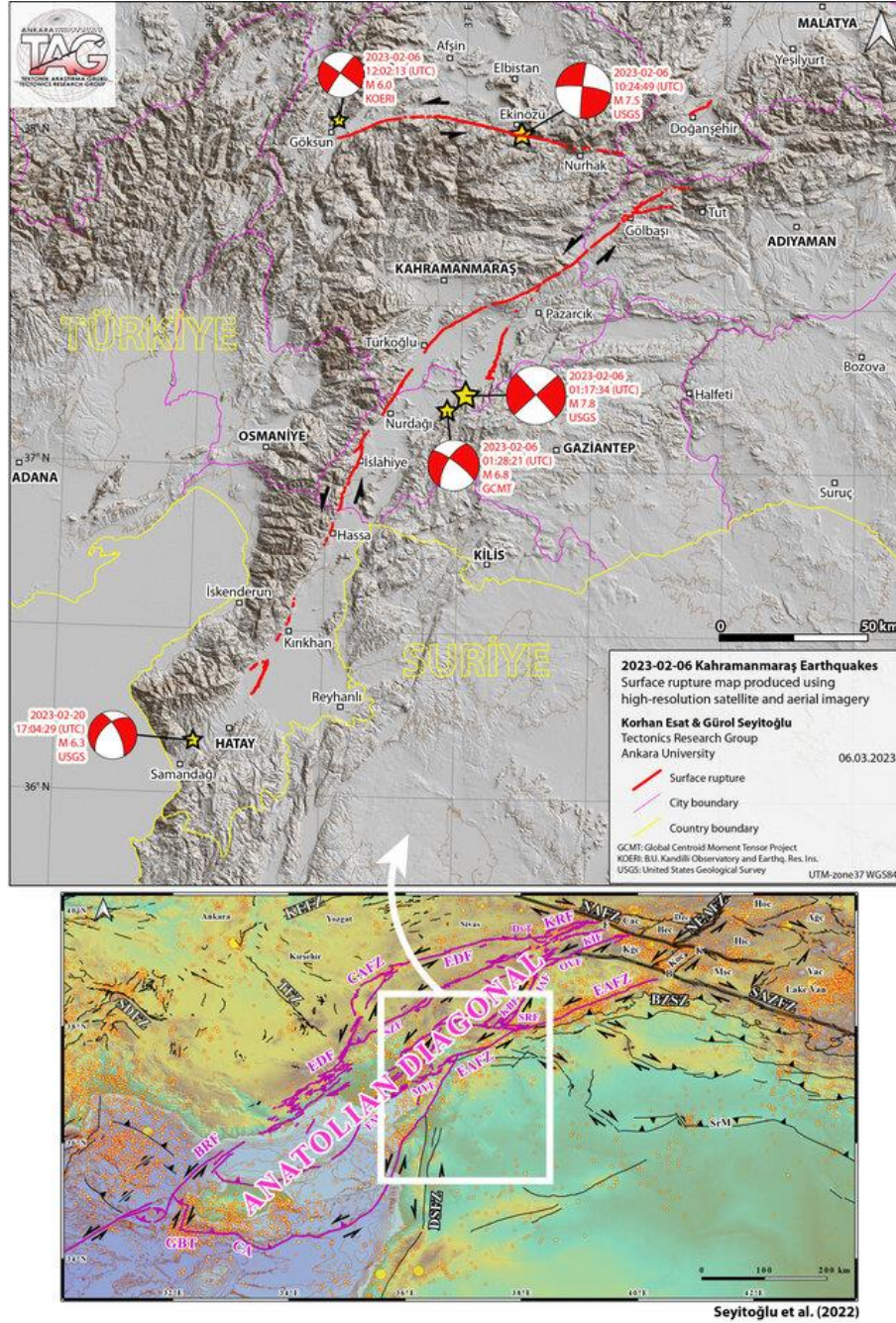
1. GİRİŞ

Türkiye depremler üretebilecek aktif fay zonları ile çevrelenmiş bir coğrafya üzerinde yer almaktadır. Ülkemizin kuzey kesimlerini yaklaşık olarak doğu-batı yönünde boydan boya kesen yaklaşık 1550 km uzunluğundaki Sağ Yanal Doğrultu Atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve kuzeydoğu-güneybatı uzanımında yaklaşık 560 km uzunluğundaki Sol Yanal Doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonları (DAFZ) boyunca geçmişten günümüze, Türkiye’de büyüklük-küçüklü birçok depremler meydana gelmiştir. Türkiye Levhacığı (Anadolu Levhacığı) kuzeyde Avrasya, güneyde Afrika ve Arap levhaları arasında jeolojik süreçler nedeniyle sürekli sıkıştırıldığından Alp-Himalaya dağ silsilesi üzerinde bir deprem ülkesi konumundadır. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Deprem Dairesi Başkanlığı (DDB) kayıtlarına göre; 06.02.2023 Pazartesi günü sabah saat 04:17’de Doğu Anadolu Fay Zonu’nun uzantısı konumunda bulunan ve merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ilçesi olarak açıklanan ve aletsel büyüklüğü (Mw) 7,8 ve odak derinliği 8,6 km olan bir depremin meydana geldiği belirtilmiştir (AFAD). Bu depremin merkezi, Karasu grabeninin kuzeydoğu uzantısının uç kesiminde bulunmakta olup, buradan uzanan Ölü Deniz Fay Zonu’nun kuzeydoğu uzantısı üzerinde Gaziantep’in yaklaşık 20 km batı-kuzeybatısında bulunan Sofalaca mahallesi civarlarında yer almaktadır (Şekil 1). Bu depremin Karasu grabeninin güney kesimindeki Ölü Deniz Fay Zonu’nun üzerindeki Narlı Segmentine yakın bir bölgede meydana geldiği görülmektedir. Bölgede ilk oluşan bu deprem yaklaşık 86 saniye Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde yer alan 11 şehrimizi çok şiddetli bir şekilde sarsmış ve birçok şehrimizde büyük yıkımlar ile binlerce can kayıplarına, yaralanmalara ve maddi hasarlara neden olmuş olup, Suriye’nin kuzey kesimlerinde de ciddi bir şekilde hissedilmiştir. İlk depremin merkezinin kuzey kesimlerinde yer alan Doğu Anadolu Fay Zonu’nun Amanos segmenti arasında uzanan Karasu grabeni ve Amik ovası boyunca yer alan Nurdağı, İslahiye, Kırıkhan, Hassa, Şekeroba, Beyoğlu, Türkoğlu vb, yerleşim bölgeleri bu depremle oldukça fazla yıkımlara maruz kalmıştır. Bu depremin artçıları devam ederken aynı günün 9 saat sonrasında yine Doğu Anadolu Fay Zonu’nun bir diğer segmenti üzerindeki Sürgü-Çardak fayı üzerinde saat 13:24’te yaklaşık bir dakika süre boyunca Elbistan (Kahramanmaraş) ilçesinde aletsel büyüklüğü (Mw) 7,6 ve odak derinliği 7.0 km olan ikinci bir deprem daha meydana gelmiş olup, önceki depremde büyük hasarlar alan bölge üzerinde daha da yıkıcı hasarlar oluşmuş, ilk deprem sonrası ayakta zor

duran yapılar yıkılmış ve bölgede depremlerin etkileri ile yeryüzü kırıkları ve ötelenmeler-atımlar meydana gelmiştir.

Bir günlük zaman dilimi içerisinde, doğada nadir oluşabilecek yoğunluk ve büyüklüklerde yaşanan deprem silsilesi bölgedeki yıkıcı etkisi ile Türkiye Cumhuriyet tarihinin en büyük depremleri olmuştur. Bu yıkıcı depremler başta Kahramanmaraş ve Hatay olmak üzere Adıyaman, Malatya, Kilis, Gaziantep, Adana, Osmaniye, Şanlıurfa, Diyarbakır ve Elazığ illerimizde çok şiddetli hissedilmiş, çok fazla can kayıplarına ve ağır hasarların oluşmasına neden olmuştur. Çevre illerde yaşayan insanlar 7.6 büyüklüğündeki ikinci depremin daha yıkıcı olduğunu söylemektedirler. Göksun'da yaşayan insanlar, bölgedeki yüzey kırığının ikinci depremde oluştuğunu belirtmektedirler. Depremlerin oluştuğu gün ve sonrasındaki birkaç gün süre içerisinde 9000'in üzerinde artçı sarsıntılar meydana gelmiş olup, bu süreçte Doğu Anadolu Fayı üzerinde 5 fay segmenti kırılmıştır. Ancak, Antakya fayı 20.02.2023 Pazartesi günü akşamına kadar kırılmaksızın kalmış ve saat 20:04'te 6.4 büyüklüğünde bir artçı deprem ile kırılmıştır. Deprem bölgelerinde yapılan saha incelemeleri sırasında ölçülen maksimum yatay yer değiştirme değerleri 3.5- 3.7 metre arasında yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde 11 şehri etkileyen alanda Sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay zonunun beş segmentinin kırılmasına neden olan depremlerin yer kabuğu üzerinde oluşturduğu yüzey deformasyonlarının (kırıklar, yarıklar, çökmeler, heyelanlar, yüzey yayılmaları, sıvılaşmalar vb) arazideki izlerinin kaybolmadan konumlarının belirlenmesi, görünümünün sahada fotoğraflanması uzanımlarının tespiti ve haritalarının yapılmasıdır. Ayrıca, bu depremlerle meydana gelen artçı şokların bölgesel olarak dağılımlarının araştırılması ve zaman içerisinde artçı depremlerinin hangi bölgelere doğru yayıldıklarının belirlenmesidir. Bu çalışma ile ayrıca Adana ili ve yakın civarlarındaki aktif fayların konumlarının belirlenmesi ve bu depremlerde bölgedeki aktif fay zonları üzerinde hangi büyüklüklerde artçı şokların geliştiğinin yorumlanmasıdır.

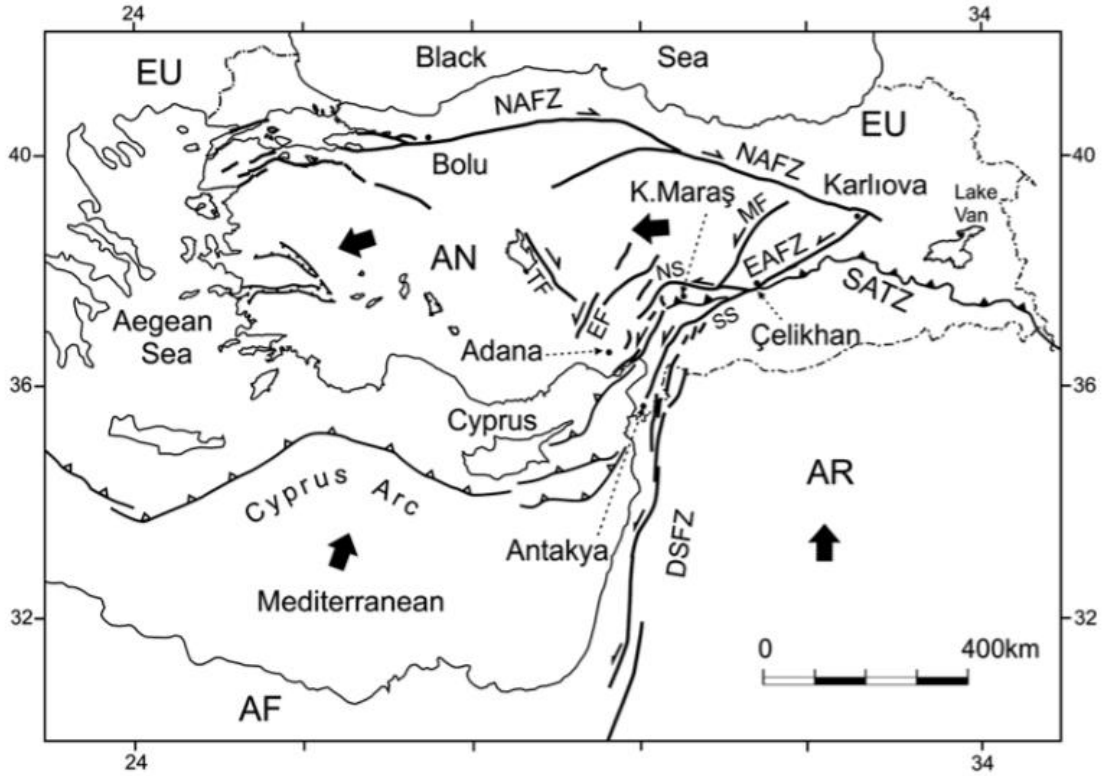


Şekil 1. 6.2.2023 depremlerinin Focal Analizi ve aktif fay zonları üzerindeki ana şok episantr lokasyonları (06-20.02.2023 arası) ve artçı deprem dağılımı (Esat ve Seyitoğlu, 2023).

Figure 1. Focal Analysis of the earthquakes on February 6, 2023, and the main shock epicenter locations on active fault zones (between February 6-20, 2023) and aftershock distribution (Esat and Seyitoğlu, 2023).

2. BÖLGESEL GENEL JEOLJİ, ANA FAYLAR VE DEPREMSELLİK

Ülkemiz tektonik konumu nedeniyle yerküre üzerinde her an deprem oluşturabilecek levha hareketlerinin sınır oluşturduğu aktif fay zonları ile çevrelenmiş bir coğrafya üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle; jeolojik kökenli doğal afetlerin başında gelen deprem, Türkiye'nin birçok kesimlerinde sıklıkla yaşanmaktadır. Yaklaşık 1550 km uzunluğundaki Sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve 560 km uzunluğundaki Sol Yanal Doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonları (DAFZ) boyunca Türkiye'de büyüklü-küçüklü birçok depremler meydana gelmiştir (Şekil 2). Türkiye Levhacığı (Anadolu Levhacığı-AN) kuzeyde Avrasya (EU), güneyde Afrika (AF) ve Arap (AR) levhaları arasında jeolojik süreçler nedeniyle sürekli sıkıştırıldığından Alp-Himalaya dağ silsilesi üzerinde yer alan bir deprem ülkesi konumundadır.



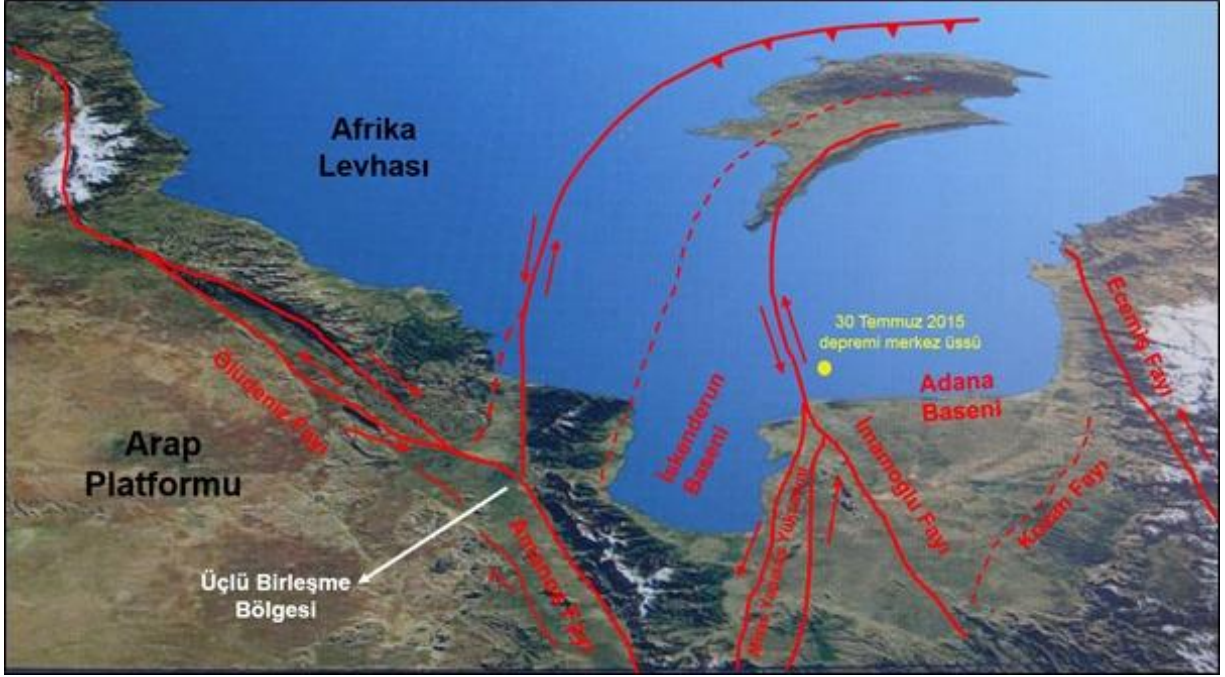
Şekil 2. Türkiye'nin aktif fay hatları haritası (Duman ve Emre 2013).

Figure 2. Map of active fault lines in Turkey (Duman and Emre, 2013).

Türkiye'nin Güneydoğu kesimlerinde meydana gelen depremlerin üzerinde olduğu fay hatları uzun yıllardır yerli ve yabancı yerbilimciler tarafından ilgi duyularak çalışılan ve farklı segmentlerle temsil edilen Sol yanal Doğrultu Atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'dur. Yaklaşık 2 milyon yıl öncesinden günümüze değin hareket ettiği bilinen Doğu Anadolu Fay Zonu; Karlıova (Bingöl)'dan başlayarak, Elazığ, Malatya, Adıyaman, Kahramanmaraş illeri üzerinden Hatay Bölgesine kadar 5-25 km genişlikte aktif bir deformasyon kuşağı şeklinde uzanım göstermektedir (Şaroğlu vd., 1992; Herece, 2008; Duman ve Emre, 2013). Bölgede deprem üretebilecek diğer bir önemli fay sistemi, Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) olup, bu fay zonu Kızıldeniz'den kuzeye doğru uzanan ve ülkemizde Hatay bölgesinin kuzey kesimine kadar uzanan, bir başka kolu ile Karasu vadisi güneyinden kuzeydoğu istikametinde Gaziantep'e kadar uzanan Arap-Afrika levhalarının sınırını oluşturan transform nitelikli bir fay sistemidir (Şekil 3). 6.2.2023 tarihinde saat 04:17'de 7.8 büyüklüğünde meydana gelen 1. Depremin merkezi Gaziantep'in yaklaşık 22 km BKB'sında Sofalaca mahallesi olarak belirtilmekte olup, Ölüdeniz Fay Zonu üzerindeki Narlı-Sakçagöz Segmenti üzerinde meydana geldiği belirtilmektedir (Kandilli Rasathanesi; KRDAE). Bu fay zonunun kuzey kesiminde yer alan Amanos Fayı, Doğu Anadolu Fayının GB uç kesimlerinde Amanos Dağlarının GD kesiminde Türkoğlu'ndan Kırıkhan'ın GD'suna kadar uzanan bir segmentidir. İlk depremde Doğu Anadolu Fayının Amanos, Pazarcık ve Erkenek segmentlerinin kırıldığı düşünülmektedir. 7.6 büyüklüğündeki 2. deprem aynı gün saat 13:24'te birinci depremin yaklaşık 100 km kuzey kesiminde birinci depremde Doğu Anadolu Fay Sisteminin birkaç segmentinin birden kırılması nedeniyle tetiklenerek, Elbistan (Kahramanmaraş)'daki Sürgü-Çardak Fayı üzerinde ikinci büyük deprem (Mw 7.6) meydana gelmiştir. 2. Depremin artçısı da bu segmentin yaklaşık 65 km batı kesiminde Göksun İlçesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde 6 büyüklüğünde meydana gelmiştir (Şekil 1). Bölgedeki insanlar 7.6 büyüklüğündeki deprem ile bölgede yüzey deformasyonlarının oluştuğunu belirtmişlerdir.

Bu depremler sonrasında 12000'in üzerinde artçı sarsıntılarının meydana gelmesi sonrasında da 20.2.2023 tarihinde Amanos Fayının güneybatı uzantısında yer alan, ancak o tarihe kadar kırılmamış bulunan Antakya Fayı (Hatay) saat 20:04'te meydana gelen 6.4 büyüklüğünde bir

diğer artçı deprem ile kırılmıştır. Bu zonda karada kırılan bu son parçanın güneybatısında Akdeniz'in içinden bir transform faylı sınır (aktif fay zonu) ile Kıbrıs'ın güney kesimlerine ulaşmakta olup, bu sınır Afrika plakası-Anadolu levhacığının sınırını oluşturmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Çukurova Bölgesi ve yakın civarının önemli tektonik hatlarını gösterir uydu fotoğrafı (Ünlügenç vd., 2011, Ünlügenç ve Akıncı, 2017, 2018, Ünlügenç vd., 2021, 2022).

Figure 3. Satellite image showing the major tectonic faults of the Çukurova region and its surrounding areas (Ünlügenç et al., 2011; Ünlügenç and Akıncı, 2017, 2018; Ünlügenç et al., 2021, 2022).

Bu depremlerin oluşmasına neden olan jeolojik faktör, yerkabuğu üzerinde yer alan levha ve levhacıkların süreklilik arz eden bağlı hareketleridir. Bu levhalar bazen birbirine doğru yaklaşır (konverjan levha sınırı), bazen birbirinden uzaklaşırlar (Kızıldeniz'in açılması gibi; Diverjan levha sınırı), bazen de levhalar birbirlerinden transform faylı sınırlar (Ölü Deniz Fayı gibi) boyunca hareket ederler. Anadolu plakacığının güneyinde yer alan ve sürekli olarak kuzeye doğru hareket ederek Anadolu levhacığını sürekli olarak sıkıştıran Arap ve Afrika levhalarıdır. Arap ve Afrika levhaları da Kızıldeniz rifti ve kuzeyinde yaklaşık olarak Kuzey-Güney uzanımlı

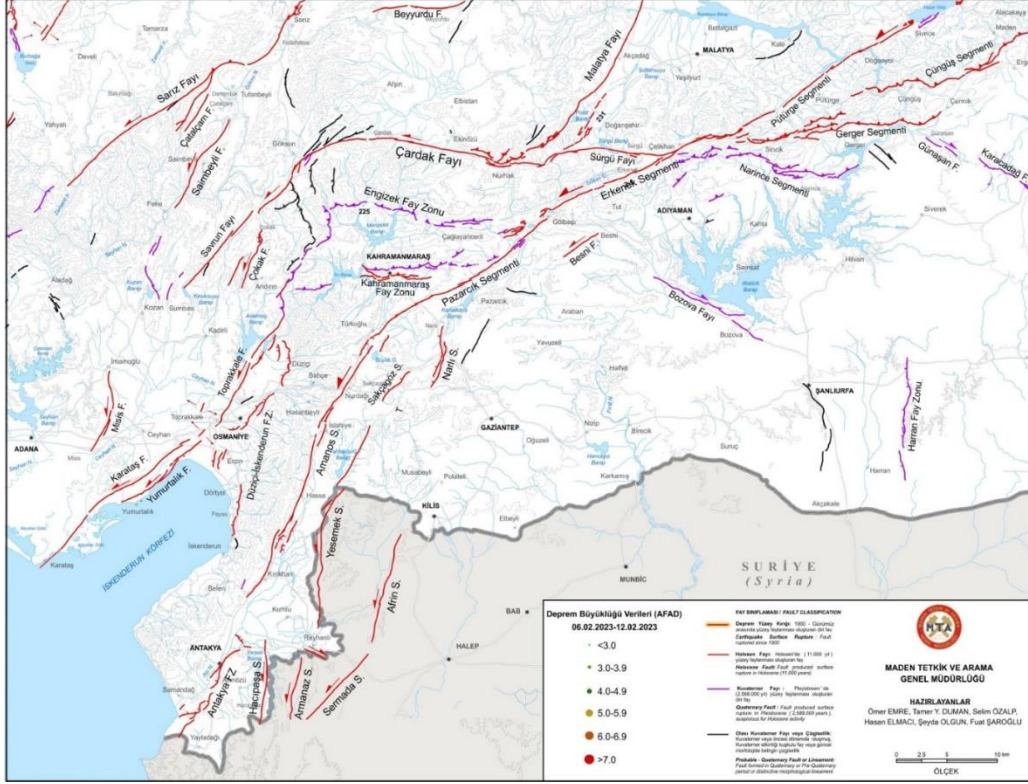
Ölü Deniz Fay Zonu ile sınırlandırılmaktadır. Afrika levhasının kuzey sınırı Akdeniz'in içinde Kıbrıs'ın güneybatı kesimlerinde okyanusal kabuk yapısı ile Kıbrıs'ın altına dalmaktadır (Şekil 2, 3).

Kıbrıs'ın GD kesimlerinde ise bu tektonik hat transform faylı sınır ile Lazkiye ve Samandağ üzerinden Hatay'ın kuzey kesimlerinde yer alan Serinyol civarlarına kadar uzanmaktadır. Ölü Deniz Fay Zonu'nun doğu kesiminde yer alan Arap levhası da yılda ortalama 2 cm/yıl hızla hareket etmekte olup kuzey kesiminde yer alan Anadolu levhacığı ile kıta-kıta çarpışması konumunda bulunmaktadır. Serinyol civarında üçlü birleşme bölgesi oluşturan bölgede Arap levhası Amanos Fay Segmenti ile sınır oluşturmaktadır (Över ve Ünlüenç, 1998). Bu sınır boyunca Arap levhasının Anadolu levhacığını çok uzun yıllar boyunca sıkıştırması nedeniyle levha/levhacık arasında Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca potansiyel enerji birikimi söz konusudur. Bu fay zonu boyunca zaman zaman meydana gelen depremler bu levhaların birbirlerini sıkıştırmaları nedeniyle olup, zaman zaman bu fay zonunun birçok segmentlerinde kırılmalar nedeniyle depremler süregelmektedir.

2.1. Depremlerin Üzerinde Meydana Geldiği Faylar

Afro-Arap levhalarının transform Ölüdeniz Fay Zonu boyunca göreceli hızlarla sürekli kuzeye doğru hareketleri, kuzeyindeki Anadolu levhacığı arasında depremlerin oluşmasına olanak sağlayan sismikçe aktif tektonik bir suture zonu oluşturmuştur. 6 Şubat 2023 depremlerinin ilksel oluşma yeri de Arap levhasının sınırı boyunca uzanan Ölüdeniz Fayının Anadolu Levhacığı ile sınır oluşturduğu Sol yanal doğrultu Atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde bir alanda meydana gelmiştir (Şekil 1, 4). Transform Ölüdeniz Fayı boyunca, yılda yaklaşık 1,5-2 cm hızla kuzey yönlü bir hareket yaparak Afrika levhasından ayrılarak hareket eden Arap levhası özellikle Miyosen döneminden bu yana kuzeyindeki Anadolu levhacığını sürekli sıkıştırmaktadır. Anadolu levhacığı kuzeyindeki Avrasya Levhası ile sınırlanan bölgedeki sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), güneyde sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) arasında kinematik olarak yılda 20-25 mm batıya doğru

hareket etmektedir (Westaway, 2004; Herece, 2008; Duman, ve Emre, 2013; Menekşe, 2016; Emre, vd., 2016).

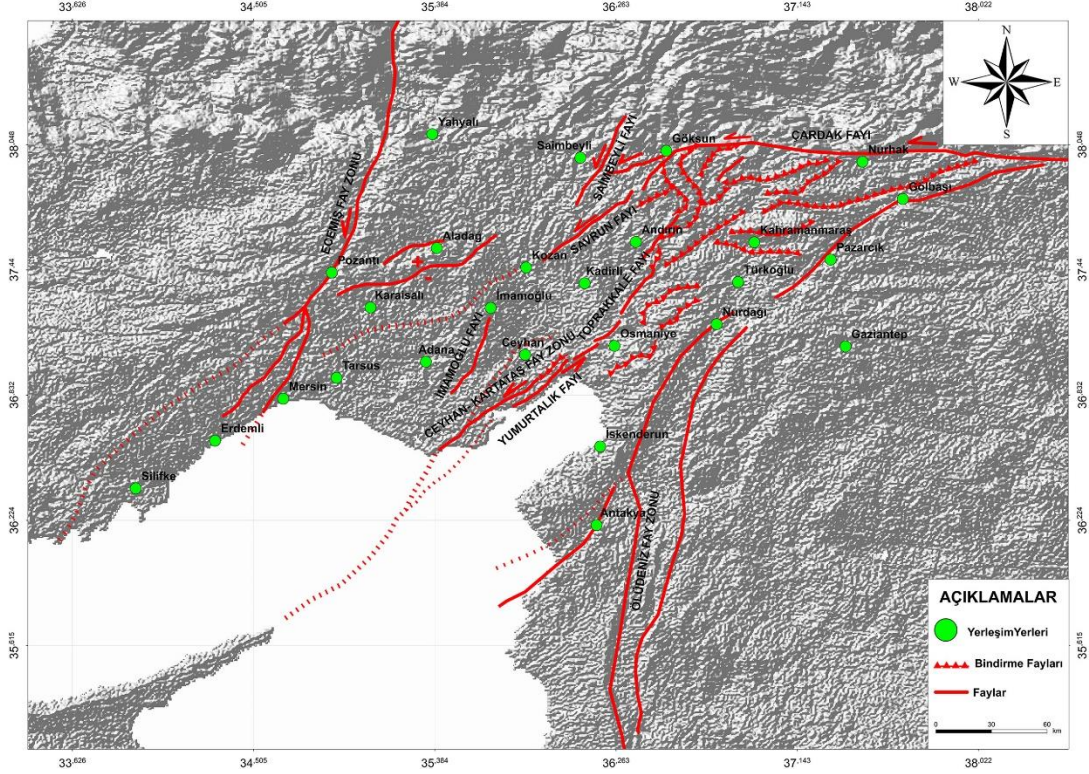


Şekil 4. Türkiye'nin Aktif Fay Zonlarını gösterir harita (Emre ve diğ., 2013).

Figure 4. Map showing the active fault zones in Turkey (Emre et al., 2013).

Afro-Arap levhalarının sürekli kuzeye hareketleri Türkiye'nin neo-tektonik dönemde üzerinde sürekli depremler üreten Sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Sol Yanal Doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nin oluşmasını sağlamıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Perinçek vd., 1987; Perinçek ve Çemen, 1990). Son depremler yoğun olarak Sol Yanal Doğrultu Atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde meydana gelmiş olup, bu zon Karlıova'dan Hatay bölgesine kadar farklı araştırmacılarca incelenmiş ve farklı segmentler halinde çalışılarak değerlendirilmiştir (Şaroğlu vd., 1992; Duman ve Emre 2013). Bölgede son yaşanan depremler, Ölüdeniz Fay Zonu'nun Türkiye sınırlarına ulaştığı kesimlerde, Sol yanal

doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonunun daha çok orta ve güney kesimlerindeki segmentlerinde (Amanos, Pazarcık, Gölbaşı, Erkenek), kuzey kol üzerindeki Sürgü-Çardak Fay segmenti üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 5).

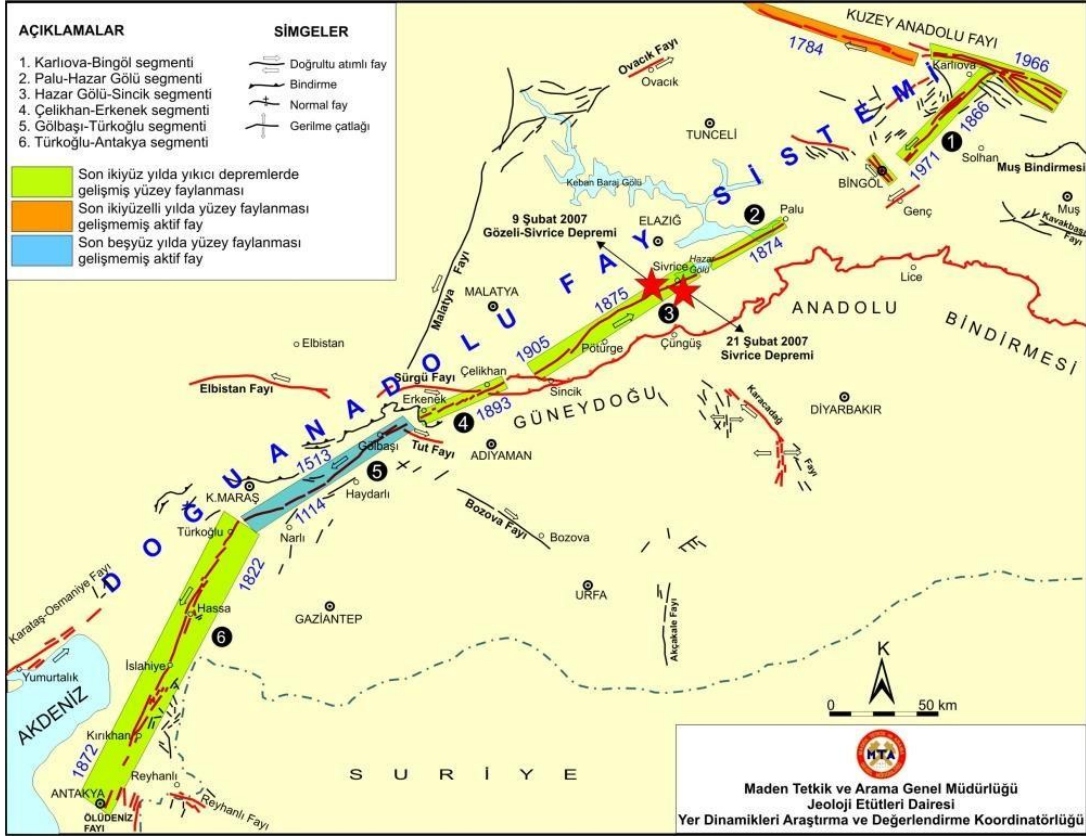


Şekil 5. İnceleme bölgesindeki aktif fayların geometrileri.

Figure 5. Geometries of active faults in the study area.

Doğu Anadolu Fay Zonu'nun segmentasyonu ile ilgili çalışmalarda; Muehlberger ve Gordon (1987), Westaway (1994) ve Hempton ve ark., (1981), uzanımı ve geometrisini baz alarak Doğu Anadolu Fay Zonunu 5 segmente ayırmıştır. Barka ve Kadinsky-Cade (1988) geometrik süreksizliklere dayanarak 14 segmente ayırırken; Şaroğlu ve ark., (1992) Karlıova ve Antakya arasında 6 segmente (Şekil 6), Herece (2008) ise 11 segmente, ayırmıştır. Perinçek ve Çemen (1990)'e göre ise 3 segmentten oluştuğu belirtilmektedir. Bu değerlendirmelerde; Şaroğlu ve

ark. (1992)'na göre ise Doğu Anadolu Fay Zonu, Karlıova'dan başlayarak Antakya'nın kuzeyinde Kırıkhan'a kadar devam etmektedir.



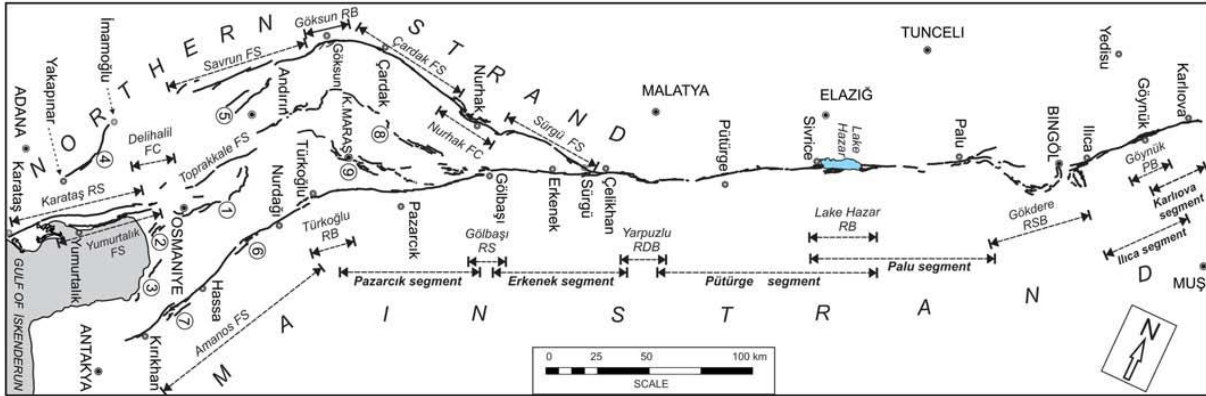
Şekil 6. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ana segmentleri ve 1822-1971 tarihleri arasında büyük depremlerde gelişmiş yüzey kırıkları ile 9 ve 21 Şubat 2007 depremlerini gösterir harita (Şaroğlu vd., 1992'den değiştirilerek alınmıştır).

Figure 6. Map showing the main segments of the East Anatolian Fault Zone and the surface ruptures developed during major earthquakes between 1822 and 1971, as well as the earthquakes on February 9 and 21, 2007 (adapted from Şaroğlu et al., 1992).

Westaway (1994) DAFZ'nun Karlıova'dan başlayarak İskenderun Körfezi'nin kuzey batı kıyısına kadar uzandığını ileri sürmektedir. Perinçek ve Çemen (1990)'e göre Türkoğlu'ndan Akdeniz'e kadar uzanan kısım güney kol olarak adlandırılmakta ve Amanos

Fayı ve ana kol (Karlıova-Türkoğlu arası) ile birlikte üçlü birleşme oluşturduğunu açıklamaktadır. Ancak, Över ve Ünlügenç (1998) ve Yürür ve Chorowicz (1998)'e göre; Antakya'nın kuzey kesiminde, Ölü Deniz Fay Zonu, Amanos Fayı ile birleşerek bu bölgede Antakya üçlü birleşme noktasını oluşturduğunu ve buradan güneybatıya doğru uzanarak Kıbrıs dalma batma zonuna doğru bağlandığını açıklamaktadırlar.

Duman ve Emre, (2013) DAF'ın Karlıova ve Çelikhhan arasında dar bir deformasyon zonunda ilerlerken, Çelikhhan'ın batısında geniş bir zonda devam ettiğini belirtmişler ve fayı güney kol ve kuzey kol olarak iki ana kola ayırmışlardır (Şekil 7). 6 Şubat depremlerinin ilki (Mw 7,8), Duman ve Emre (2013)'nin belirttiği Güney koldaki Pazarcık-Amanos Segmentlerinin birleştiği zonun güney kesimlerinde, ikincisi ise (Mw 7,6) birinci depremin tetikleme ile 9 saat ara ile kuzey kol üzerinde yer alan Sürgü-Çardak Fayı üzerinde meydana gelmiştir.



Şekil 7. Doğu Anadolu Fay Zonu segmentlerini gösterir harita (Duman ve Emre, 2013).

Figure 7. Map showing the segments of the East Anatolian Fault Zone (Duman and Emre, 2013).

2.2. Adana Bölgesi Civarındaki Faylar

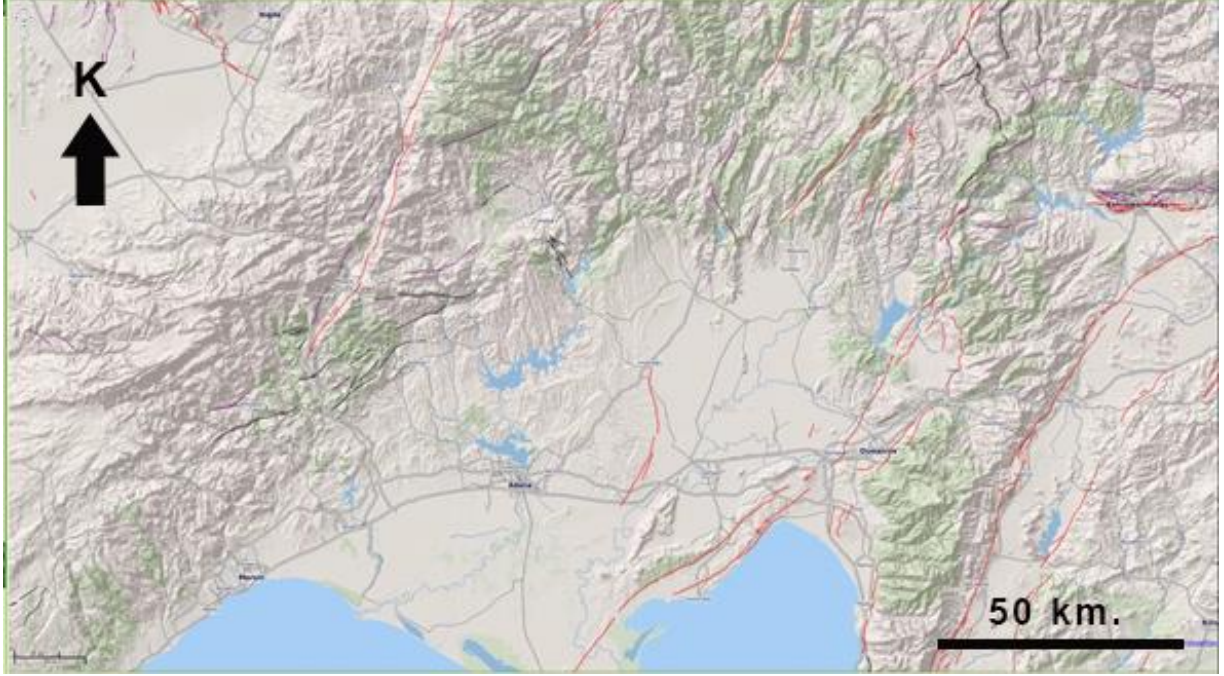
Doğu Akdeniz’de yer alan Çukurova bölgesi ve çevresi, depremler üretebilecek Türkiye’nin en önemli fay hatlarına yakın bir konumda bulunmakta olup, 1. ve 2. derece deprem bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Bölge, major olarak, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) Ecemiş Fay Zonu (EFZ) ve Helen-Kıbrıs (HKY) yayı gibi önemli aktif tektonik yapılar arasında sismik açıdan etkin bir alanın sınırlarının içerisinde yer almaktadır (Şekil 2). Dolayısı ile belirtilen bölgenin sismik aktivitesi son günlerde yaşadığımız büyük depremlerin oluşmasını sağlamıştır.

Adana ili ve yakınında ise geçmişte depremler üretmiş ve gelecekte de üretebilecek nitelikte aktif faylarımız bulunmaktadır. Bunların başlıcaları; Adana şehir merkezinin D-GD’sunda bulunan Yumurtalık Fayı, Ceyhan-Karataş fayı, Misis-Yakapınar bölgesinden kuzey yönünde İmamoğlu ilçe merkezine doğru uzanan İmamoğlu (Misis-Yakapınar) Fayı, Kozan bölgesinden Adana Baseninin içerisinde Çatalan Barajının kuzeyinden KD-GB uzanımlı Kozan Fayı’dır. Bunların dışında biraz daha uzak kesimlerde olmak üzere Osmaniye yakınlarında Toprakkale ve daha kuzey kesimlerde ise Savrun, Çokak fayları bulunmaktadır (Şekil 5). Bu faylar bölgenin depremselliği ve tektonik konumu açısından büyük önem arz etmektedir (Şekil 8).

2.2.1. İmamoğlu (Misis-Yakapınar) Fayı

İmamoğlu (Misis-Yakapınar) Fayı Adana şehir merkezinin yaklaşık olarak 20 km doğu kesiminden başlayarak, kuzey yönünde Adana’nın İmamoğlu ilçe merkezine kadar yay şeklinde uzanan aktif bir fay hattıdır (Şekil 9). Bu fay hattı genellikle Çukurova’nın düzlük tarımsal kesimlerinden geçmekte ve fay sarplığı gibi önemli bir morfolojik yapı sunmamaktadır. Misis Fayı ile ilgili elde edilen veriler genellikle bölgeden alınmış olan sismik yansıma profillerin incelenmesi ve yorumu ile elde edilebilmektedir. İmamoğlu (Misis-Yakapınar) fayının ters bileşenli sol yanal doğrultu atımlı bir fay olduğu görülmektedir (Ünlügenç, 1993). 2 Şubat 2019 tarihinde İmamoğlu (Misis) fay hattının yaklaşık 10 km doğusunda, merkez üssü Ayşehoca köyü dolaylarında olan $M=4,5$ büyüklüğünde ve bölgeye yaklaşık 35 km uzaklıkta bulunan Adana şehir merkezinden de hissedilen ve paniğe yol açan bir deprem gerçekleşmiştir. Ayrıca 1998

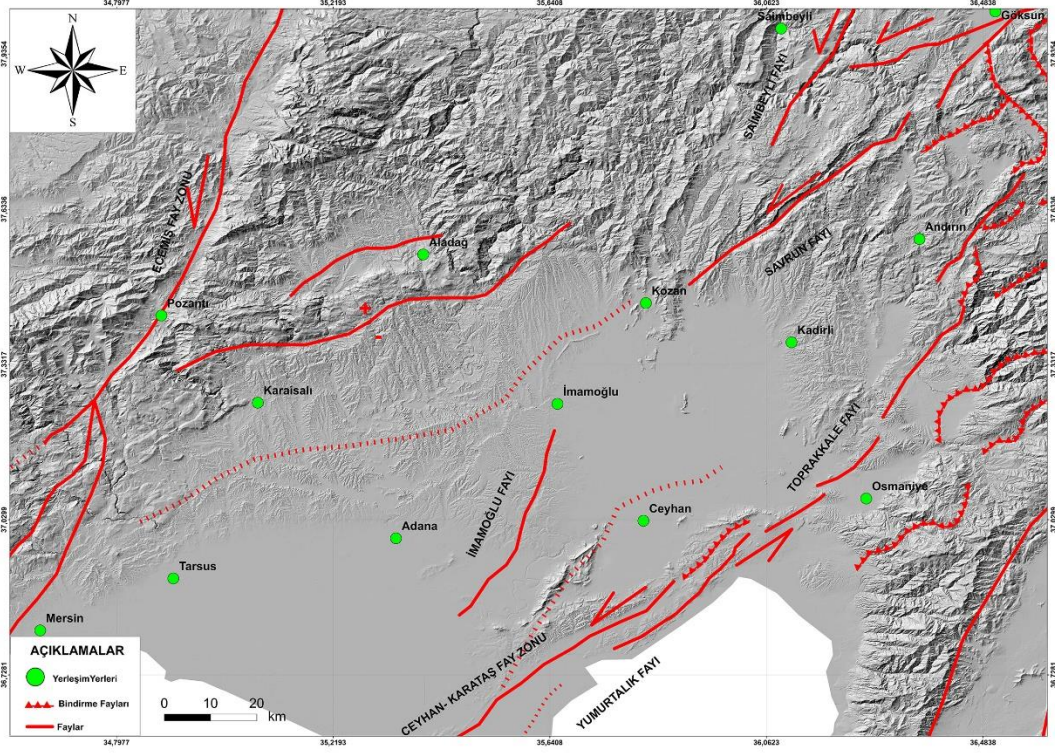
yılında yaşanan ölümlere ve yıkımlara da neden olan 6.3 büyüklüğündeki Adana depremi de bu fay hattı üzerinde meydana gelmiştir.



Şekil 8. Çukurova Bölgesindeki önemli Aktif fay hatlarının kabartma uydu fotoğrafı üzerindeki konumları.

Figure 8. Locations of significant active fault lines in the Çukurova Region on a relief satellite image.

İmamoğlu fay hattını kesen sismik profilin konumu ile beraber yapısal olarak yorumlanmış jeolojik enine kesiti şekil 10’da verilmiştir. Profilin doğu kesimindeki reflektörler pozitif çiçek yapısına benzer bir şekilde fay hattının geçtiği alanı göstermektedir. Profilde izlenen örüntüde sismik temel batı kesimdeki havza çökellerinden belirgin olarak ayrılmıştır.

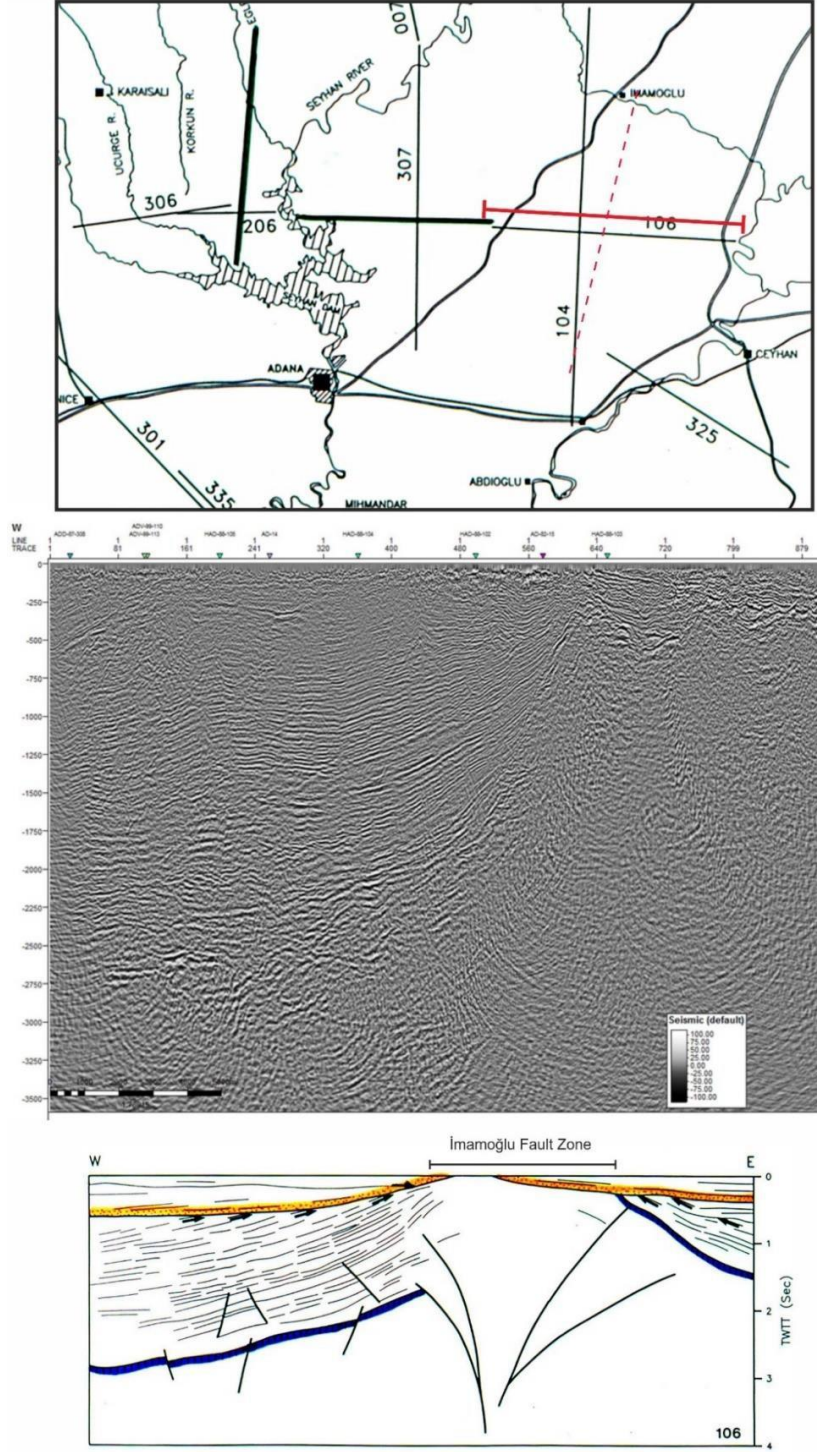


Şekil 9. Adana ili civarındaki aktif faylar.

Figure 9. Active faults in the vicinity of Adana province.

2.2.2. Ceyhan-Karataş Fayı

Ceyhan-Karataş Fayı, yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritasına göre İskenderun Körfezi kuzeyinde K40°D genel doğrultusunda uzanmaktadır. Doğuda Osmaniye ile batıda Karataş ilçesi arasında yaklaşık 64 km boyunca izlenebilen fay, ters atım bileşenli sol yanal doğrultu atım karakterindedir. Fayın kuzey bloğu morfolojik olarak daha yukarda bulunmaktadır. Karataş Fayı'nın doğudaki 16 km'lik kısmı Alt-Orta Miyosen yaşlı Karataş Formasyonu içerisinde, 38 km uzunluktaki orta kısmı Karataş Formasyonu ile Kuvaterner çökelleri arasındaki dokanakta ve kıyı çizgisine karşılık gelen 10 km'lik batı kesimi ise Kuvaterner çökelleri içerisinde yer almaktadır.



Şekil 10. İmamoğlu fay zonu boyunca sismik yansımada yorumlanmış pozitif çiçek yapısı (Adana şehir merkezinin yaklaşık 25 km kuzeydoğusu) (Ünlügenç, 1993; Williams et al., 1995).

Figure 10. Interpretation of a positive flower structure along the İmamoğlu fault zone on a seismic reflection profile (approximately 25 km northeast of Adana city center) (Ünlügenç, 1993; Williams et al., 1995).

Karataş yöresinde Akdeniz'e ulaşan fay, deniz tabanından güneybatı yönünde Kıbrıs'a doğru devam etmektedir. 3 Ocak 1994'te Kurtkulağı Mw= 5.0 ile 30 Temmuz 2015'te Tuzla Açıkları-Adana (Akdeniz) merkez üssünde yerel saat ile 01:00'de aletsel büyüklüğü Kandilli rasathanesi tarafından Ml=5.2 olarak bildirilen depremler Karataş Fayı'nın güncel aktivitesini göstermektedir. Yapısal saha gözlemlerinde fay boyunca dere ötelenmeleri, uzamış sırtlar gibi güncel aktiviteyi ve doğrultu atımlı fay zonunu karakterize eden morfolojik yapılar gözlenmiştir. Fayın, Geç Holosen dönemi çökellerinde izlenen faylanma ve deformasyonlara bağlı olarak 2 büyük depremin meydana geldiği belirtilmiştir (Yavuzoğlu vd. 2016). Ceyhan-Karataş fayı Akdeniz kıyı çizgisine ve güneyindeki Yumurtalık fayına yaklaşık paralel bir uzanım boyunca devam etmekte olup, sadece 2-3 metrelik düşey eğimli bir fay sarplığı sunmaktadır (Şekil 9).

2.2.3. Yumurtalık Fayı

Yumurtalık-Karagedik arasında, 62 km uzunlukta, birbirine paralel çok sayıda parçalardan oluşan KD-GB gidişli faylar Yumurtalık Fayı olarak adlandırılmıştır (Şaroğlu vd. 1987). Yumurtalık Fayı üzerinde hendek çalışmaları sonucunda Kara vd., (2020) yenilenen Türkiye Diri Fay Haritasında fayı Holosen yaşlı olarak değerlendirmişlerdir. (Yumurtalık-İmraniye arasında, 24,5 km'lik bölümünde çok belirgin olan fay, morfolojik olarak çok belirgin olup, kıyıya paralel olarak uzanır (Şekil 9). Bu bölümde, K50D gidişli olan fay, Orta-Üst Miyosen yaşlı sedimanter birimleri keser. Fay, Yumurtalık-Kocatepe arasındaki düzlükleri morfolojik olarak sınırlar. Kocatepe-İncirli çiftliği arasında kıyıyı denetleyen fay, İncirli çiftliği-İmraniye arasında, Kuvaterner yaşlı bazaltlar ile Miyosen yaşlı çökelleri keser. İncirli-İmraniye arasında, morfolojide sola ötelenmeler ve doğu blokta düşmeler izlenmektedir. İmraniye-Delihallil

Mahallesi arasında, 4 km'lik bölümde, fay bir volkan konisini kesmektedir. Üçtepe volkan konisi boyunca 2.5 km izlenen fayın gidişi yaklaşık K30B uzanımındadır (Demirtaş, 2019).

2.2.4. Toprakkale Fayı

Doğu Anadolu Fayı'nın kuzey kolunu temsil eden Sürgü-Misis Fay Sistemi'nin güney-güneybatıya doğru yönelen bir segmenti olarak değerlendirilen Toprakkale Fayı, yenilenen Türkiye Diri Fay Haritasında Holosen yaşlı fay olarak değerlendirilmiştir (Kara vd., 2020). Toprakkale Fayı, yaklaşık K33°D doğrultulu olarak uzanan ve yaklaşık 52 km uzunlukta normal bileşenli sol yanal doğrultu atımlı bir faydır. Toprakkale Fayı, birbirlerinden bir sekme yapısı ile ayrılan, kuzey ve güney olarak isimlendirilen iki fay segmentinden oluşmaktadır (Şekil 9, 11). Yaklaşık 20 km uzunluktaki kuzey bölüm çoğunlukla Üst Miyosen yaşlı kırıntılı çökelleri kesmekte olup, yer yer de bu çökellerle Alt Maestrihtiyen-Üst Kampaniyen yaşlı ofiyolitlerin dokanağını belirler. Fayın güney segmenti üzerinde ise aktif faylanma verileri daha belirgindir. Yaklaşık 30 km uzunluktaki Güney bölüm, Ceyhan Nehri ve kolları üzerindeki taşkın ovası çökellerini ve Kuvaterner yaşlı Delihalil volkanizmasının kayaçlarını kesmektedir (Şekil 12).

2.2.5. Ecemiş Fay Zonu

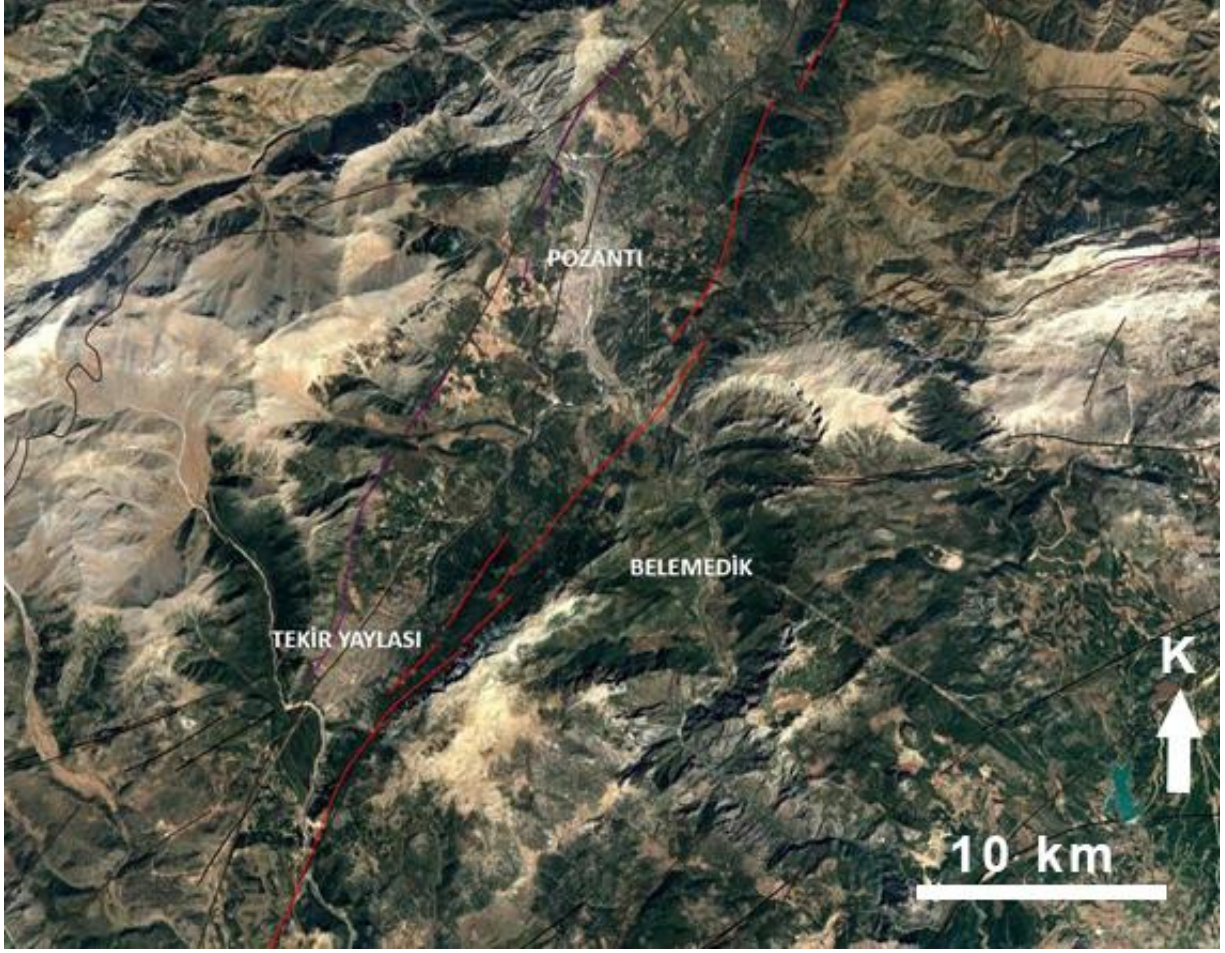
Orta Toroslar ile Doğu Toroslar arasında sınır oluşturan Sol Yanal Doğrultu Atımlı Ecemiş Fay Zonu, Adana havzasının kuzeybatı-batı sınırını oluşturmakta olup, Adana ile Mersin il sınırları boyunca güneyde Akdeniz'e, ve Tekir Yayla'ya yakın kolları da Mersin'in kuzey kesimlerinden güneybatıya doğru uzanmaktadır (Şekil 13). Son dönemlerde sismik açıdan aktif görülmeyen ve Orta Anadolu'nun neotektonik unsurlarından biri olan Ecemiş Fayı Pozantı'dan kuzey kesimlere doğru Kamışlı, Burç, Çamardı üzerinden Sultansazlığı bölgesi ve daha kuzey kesimlerine kadar uzunlu-kısalı fay segmentleri ile temsil edilmektedir.



Şekil 11. Adana-Osmaniye illeri ve yakın çevresinin Deprem Tehlike Kaynakları (Kara vd., 2020).

Figure 11. Seismic Hazard Sources for Adana-Osmaniye provinces and the surrounding area (Kara et al., 2020).

Erdağ (2007) fayın Sultansazlığı çek-ayır havzasının güneyinden başlayarak yaklaşık K25°D doğrultusunda uzandığını ve Pozanti'nin GB'sına kadar fayın uzunluğunun yaklaşık 120 km olduğunu belirtmektedir. Çizgiselliği hem uydu görüntülerinde hem de arazide net olarak gözlenebilen Ecemiş Fay Zonu'nun geometrik özelliklerini belirlemek üzere fay kuşağı boyunca morfolojik ve morfo-tektonik özellikleri Şekil 14'de gösterilmektedir.



Şekil 13. Ecemiş fayının Pozantı, Belemelik ve Tekir civarındaki uzanımının uydu fotoğrafı (Google earth) üzerindeki görünümü (Ünlügenç ve Akıncı, 2019).

Figure 13. Satellite view of the extension of the Ecemiş Fault in the Pozantı, Belemelik, and Tekir areas (Ünlügenç and Akıncı, 2019).

2.2.6. Savrun ve Kozan fayları

Savrun ve Kozan Fayları Perinçek vd. (1987) tarafından KD-GB gidişli normal faylar olarak tanımlanmaktadır. Doyuran vd. (1989) hem Savrun hem de Kozan faylarının toplam uzunluğunun 200 km olduğu ileri sürmektedir. Kozan fayının Savrun Fay Zonu'nun güneybatı uzantısında bulunduğu (Şekil 9) ve Savrun bölgesinin Arap levhasının kuzey kenarındaki bir

kenet zonu boyunca oluşan ve neotektonik dönemde yeniden aktifleşen eski bir zayıflık zonu olduğu belirtilmektedir (Perinçek vd., 1987). Kozan Fayı, Kozan bölgesinden Adana havzasının orta kesimlerinden yaklaşık Kuzeydoğu-Güneybatı uzanımlı olarak havzayı kesen normal bileşeni bulunan sol yanal doğrultu atımlı bir fay olduğu belirtilmektedir (Ünlüenç, 1993).



şekil 14. Ecemiş Fayı'nın uzanımının izohips yükselti haritası üzerinde görünümü. Fay boyunca morfolojik yapıların kesilmesi ve ani değişimi dikkat çekmektedir (Ünlüenç ve Akıncı, 2019).

Figure 14. View of the extension of the Ecemiş Fault on the contour elevation map. The cutting and abrupt changes of morphological structures along the fault are noteworthy (Ünlüenç and Akıncı, 2019).

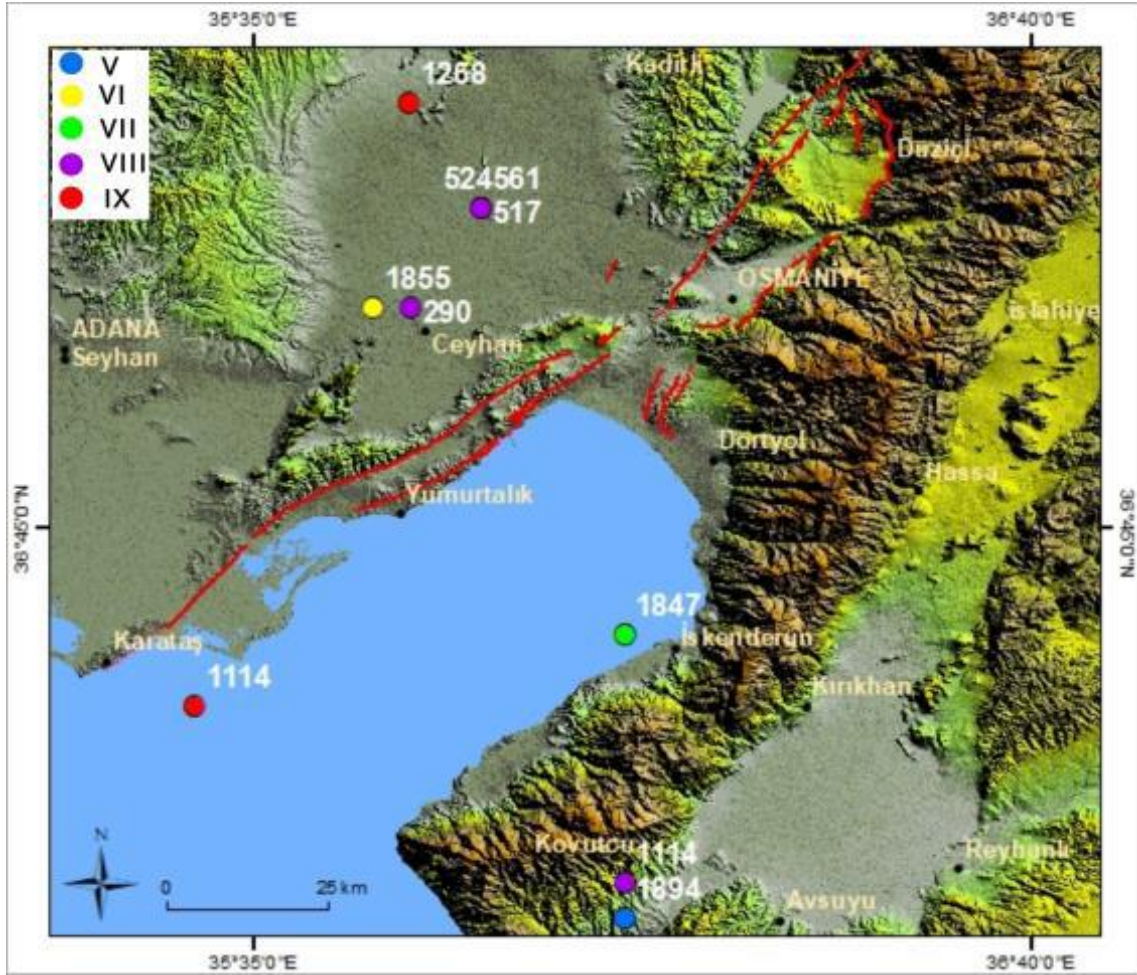
3. ADANA BÖLGESİNİN DEPREM GEÇMİŞİ

Bölgedeki tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtlarına bakıldığında M.Ö. 69 yılından günümüze kadar bölgede orta ve büyük ölçekli birçok depremin olduğu görülmektedir (Şekil 15, 16). 1114 ve 1268 yıllarında meydana gelen IX şiddetindeki depremler Çukurova bölgesindeki ilk önemli deprem kayıtlarındandır (Şekil 15). 1500-1800 yılları arasındaki dönemde Tarsus-Antakya-Halep ekseninde sıklıkla meydana gelen, hasar yapıcı depremler de dikkat çekicidir. Özellikle 1600'lı yılların başlarından 1800'lü yılların ortalarına kadar olan dönemde Halep ve Antakya kayıtlarına giren birçok depremin olduğu görülmektedir (Şekil 15). Büyük olasılıkla Doğu Anadolu Fay Zonu tarafından üretilmiş olan 1513 depremi Tarsus-Adana-Malatya ekseninde yıkıcı etki yaratmış ve tüm Doğu Akdeniz bölgesinde hissedilmiştir. Daha sonra bölgede etkili olan en büyük depremler 1822 yılında Antakya ve 1872 yılında Amik Gölü'nde meydana gelmiş ve Çukurova bölgesini de içine alan bir coğrafyada önemli bir hasara neden olmuştur (Şekil 15). 19. yüzyılda, özellikle 1855 ve 1872 depremlerinden sonra bölgede büyük depremler açısından bir etkinliğin olmadığı gözlenmektedir (Şekil 15).

Bölgemize yakın durumda bulunan ve aktif durumda bulunan Ceyhan-Karataş Fayı, Yumurtalık Fayı, İmamoğlu Fayı, Kozan Fayı, Toprakkale Fayı, Savrun Fayı, Doğu Anadolu Fay Sisteminin uzantıları ve/veya onun etkisinde oluşmuş bir yapı olarak değerlendirilebilecek yer kırıklarıdır (Şekil 5, 9). 20 yüzyılda bölgede orta ve küçük ölçekte birçok deprem meydana gelmiştir. 1945 yılından günümüze kadar olan dönemde Çukurova ve yakın çevresinde 5.2-6.3 (M) büyüklüğünde dikkat çekici altı adet deprem meydana gelmiştir (Şekil 16).

Andırın kuzeydoğusundan başlayıp Ceyhan'a, oradan da Yumurtalık ilçesine uzanan Toprakkale Fayı, Ceyhan-Karataş Fayı ve güney uzantısında yer alan Yumurtalık Fayı, Çukurova bölgesini kuzeydoğu-güneybatı yönünde boydan boya kat eden bir faylardır. Bu faylar Doğu Anadolu Fay sisteminin etkisi ile oluşmuş faylar olup, bölgenin sismisitesini denetleyen en etkin yapılardır (Şekil 9). Savrun-Kozan üzerinden güneye doğru uzanan İmamoğlu (Misis) Fayı da bölgedeki aktif faylardan biri olup bu fay 1945 yılında 6.0 büyüklüğünde bir deprem üretmiştir (Şekil 16). Daha sonra, 1998 yılında da 6.3 büyüklüğündeki Adana-Ceyhan depremi bu fay üzerinde meydana gelmiş ve Çukurova bölgesinde yıkıcı hasara neden olmuştur (Şekil 16, 17). 1997 yılında Hatay'da meydana gelen 5.7 büyüklüğündeki

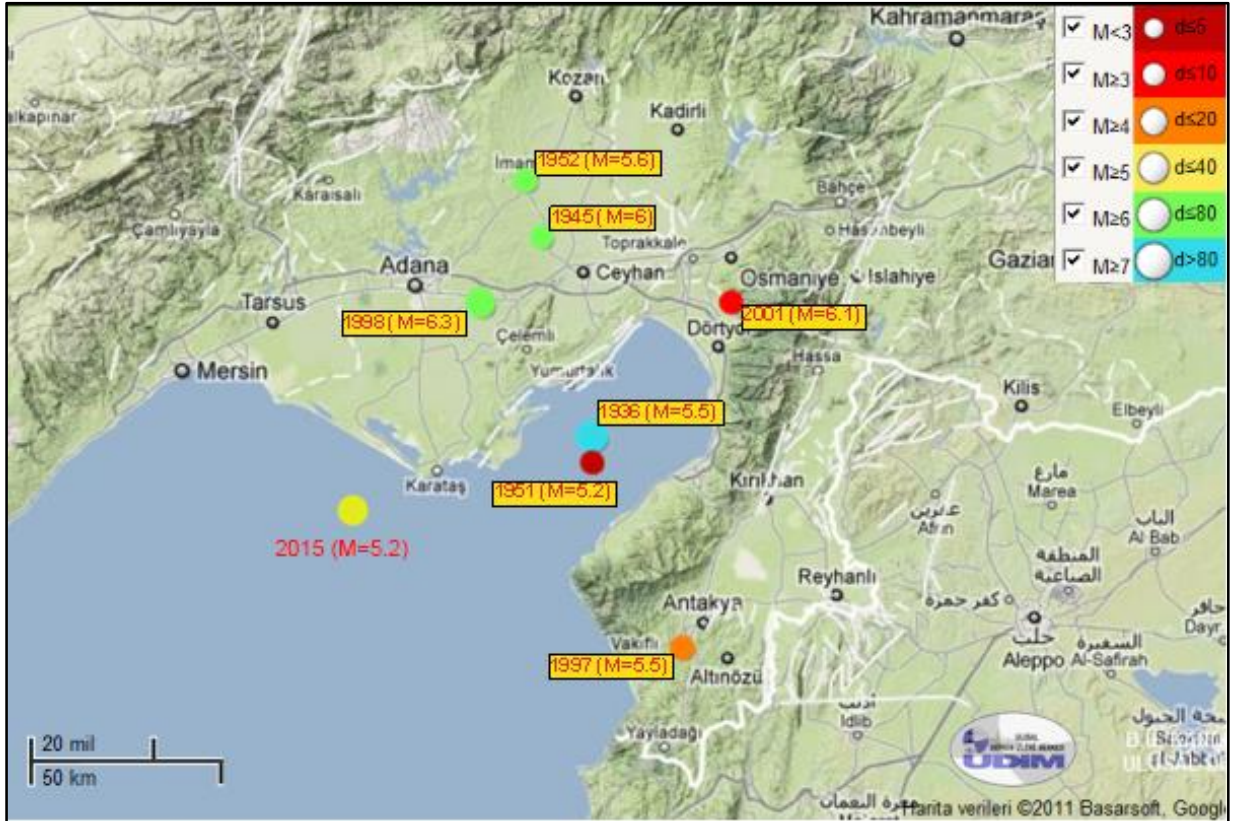
deprem Çukurova bölgesine yakın coğrafyada meydana gelmiştir. Ayrıca 2001 yılında Dört Yol (Hatay)'da meydana gelen 5.4 büyüklüğündeki deprem, 2001 yılında Osmaniye'de meydana gelen 6.1 büyüklüğündeki depremler de Adana'ya yakın kesimlerde meydana gelmiştir. 30 Temmuz 2015 yılında Adana-Karataş-Tuzla açıklarında 5.2 büyüklüğündeki deprem Ceyhan-Karataş fay hattını Kuzey Kıbrıs tektonik uzanımına bağlayan segmente sadece 20 km uzaklıkta gerçekleşmiştir (Şekil 16).



Şekil 15. Çukurova bölgesinde meydana gelen tarihsel depremleri gösterir harita (Soysal vd., 1981).

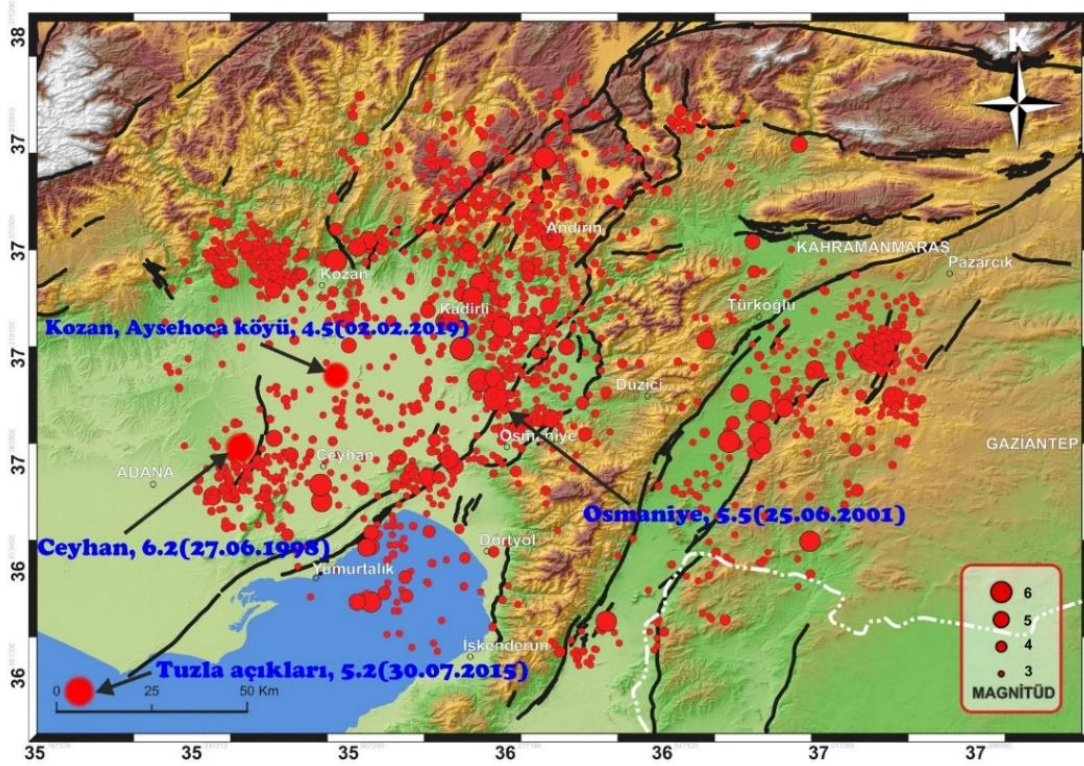
Figure 15. Map showing historical earthquakes in the Çukurova region (Soysal et al., 1981).

2 Şubat 2019'da İmamoğlu Fay Zonuna (yaklaşık 10 km) çok yakın bir bölgede, Adana ilinin sadece 35 km KD'sunda Ayšehoca-Kozan köyü yakınlarında 4,5 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 17). 2020 yılında Osmaniye-Sumbas civarında 4.0 büyüklüğünde; Kadirli civarında 4.0 büyüklüğünde; Andırın civarında 4.0 büyüklüğünde; Ceyhan-Körkuyu civarında 4.0 büyüklüğünde, 2021 yılında Adana-Karaisalı Nergizlik civarında 3.9-4.0 büyüklüğünde; Adana Karaisalı-Çevlik civarında 3.8 büyüklüğünde; Osmaniye-Kadirli-Kösepinarı civarında 4.3; Osmaniye-Düziçi-Ellek civarında 4.3 büyüklüğünde, 2022 yılında Adana-Ceyhan-Ceyhanbekirli civarında 3.9; Adana Karaisalı-Gildirli civarında 3.9; Adana Ceyhan-Tatarlı civarında 3.8; Osmaniye Düziçi-Çerçioğlu civarında 5.0 büyüklüğünde meydana gelen ve en son 18.12.2022 tarihinde Hatay-Kırıkhan-Kangallar civarında meydana gelen 4.8 büyüklüğündeki depremler, bölgede meydana gelen önemli sismik olaylar olarak kayıtlara geçmiştir (B.Ü., Kandilli Rasathanesi, Deprem Araştırma Merkezi).



Şekil 16. Çukurova bölgesi ve yakın çevresinde aletsel dönemde meydana gelmiş önemli depremler (B.Ü., Kandilli Rasathanesi, Deprem Araştırma Merkezi, 2011'den modifiye edilmiştir).

Figure 16. Significant earthquakes that occurred in the Çukurova region and its vicinity during the instrumental period (Modified from B.U., Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, 2011).

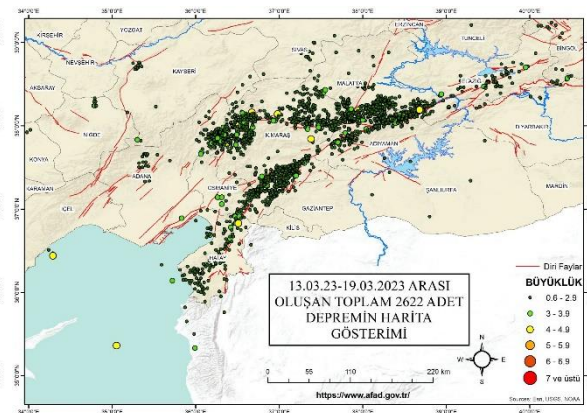
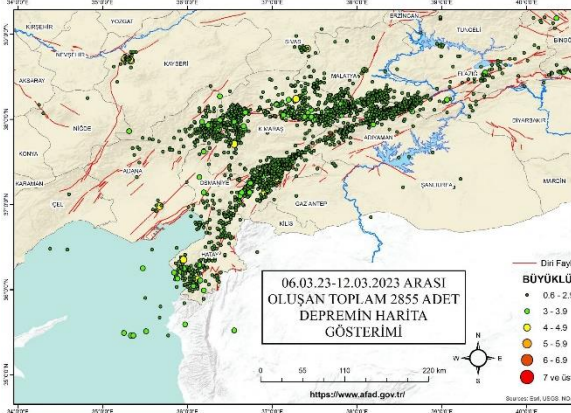
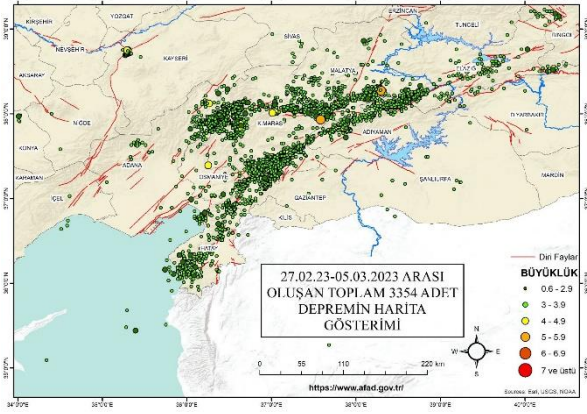
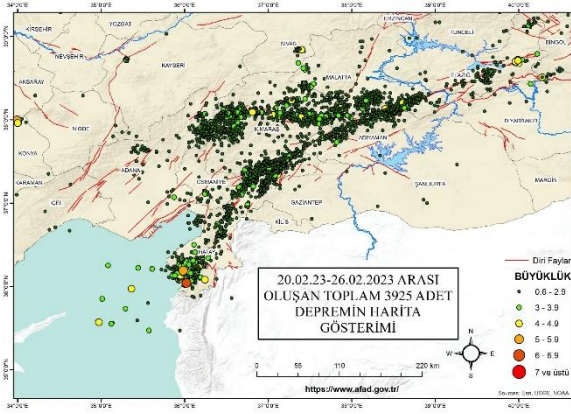
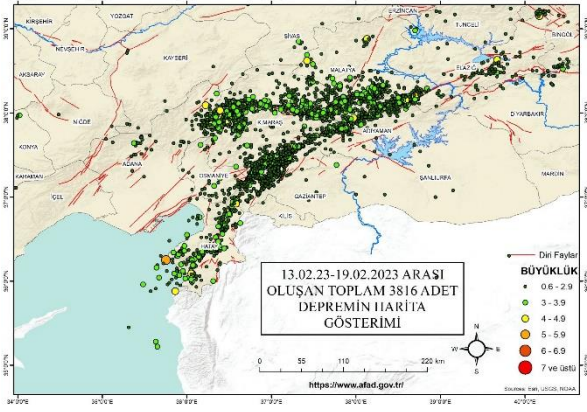
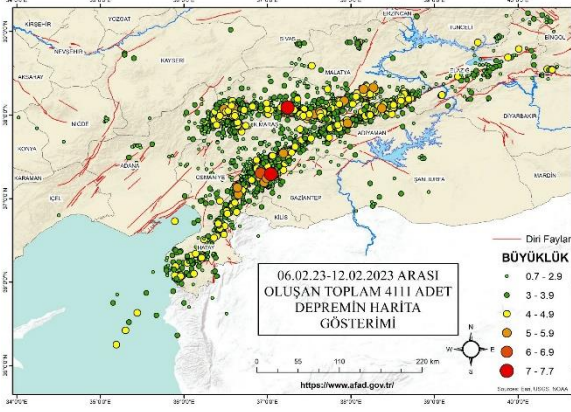


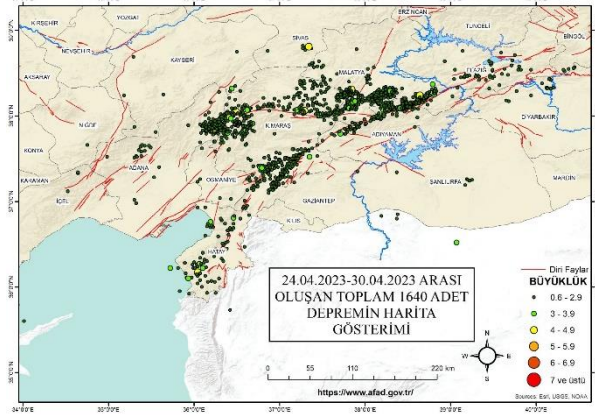
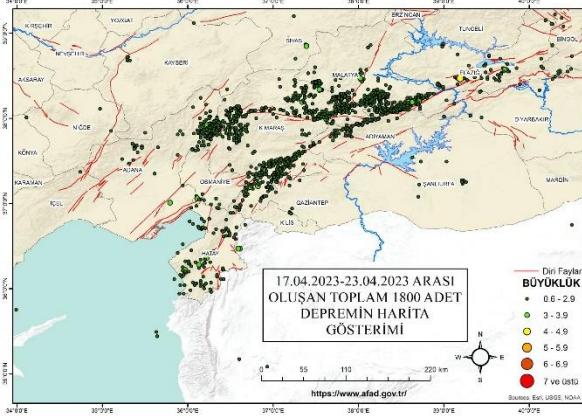
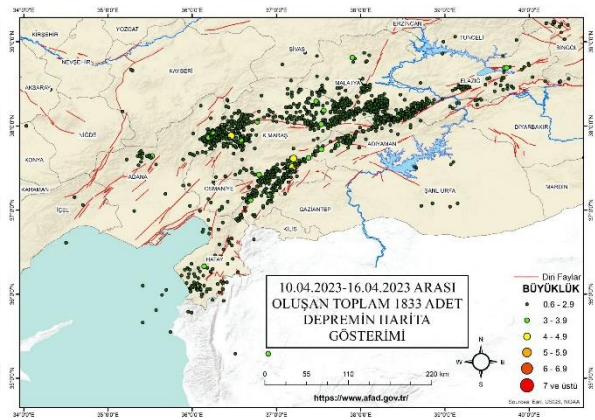
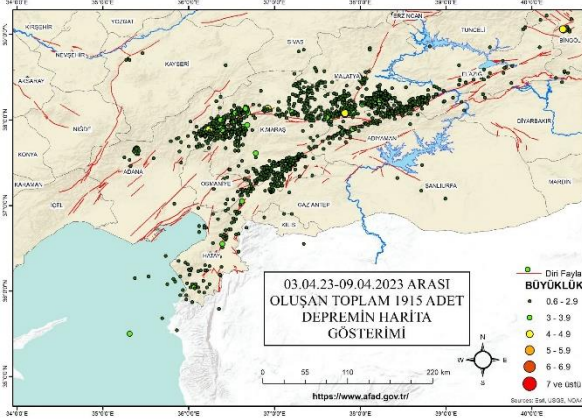
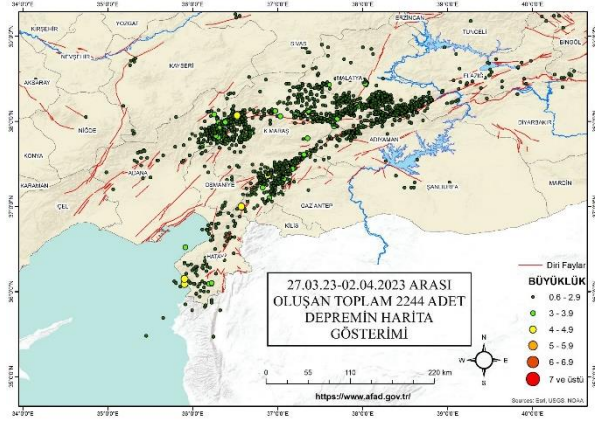
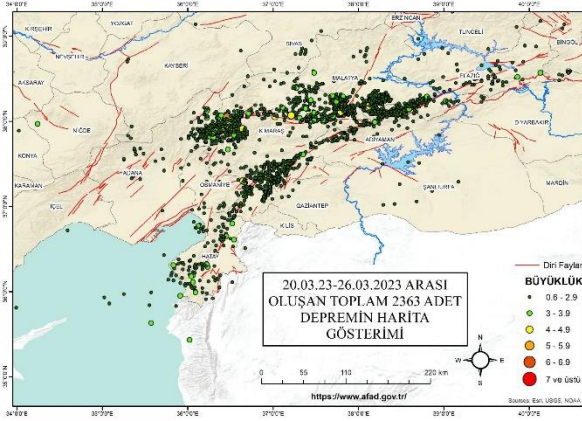
Şekil 17. Bölgede 1998-2019 yılları arasında 4 büyüklüğünün üzerinde meydana gelen deprem episantırlarının işaretlendiği harita.

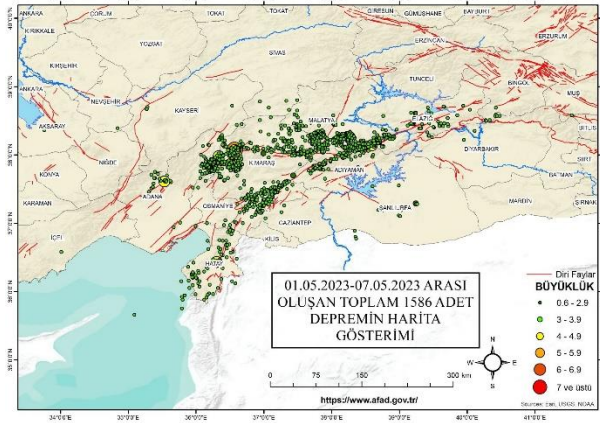
Figure 17. Map indicating the epicenters of earthquakes with a magnitude of 4 and above that occurred in the region between 1998 and 2019.

4. DEPREM BÖLGELERİNDEKİ ARTÇI ŞOKLARIN GELİŞİM SÜRECİ

6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye yerel saati ile 04.17'de (Mw 7,8) merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve 13.24'te (Mw 7,6) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olan iki büyük deprem ve altının üzerinde büyüklükleri olan (Mw = 6.8, 6.0) artçıları meydana gelmiştir (AFAD; Şekil 1). KRDAE her iki depremin odak derinliğini 5 km olarak belirtirken, AFAD ilk depremin derinliğini 8.6 km, ikinci depreminkini ise 7.0 km olarak açıklamıştır. Sismik merkezlerden gelen ilksel verilerin odak mekanizma çözümleri her iki depremin doğrultu atımlı faylanmalarla meydana geldiğini göstermektedir. Bölgede yoğun olarak depremlerin meydana geldiği, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun da içerisinde yer aldığı 34°0'00''D-41°0'00''D boylam ile 34°0'00''K-39°0'30''K enlemleri baz alınarak belirtilen UTM değerleri içerisinde meydana gelen artçı sarsıntılar değerlendirilmiştir. Depremleri izleyen ilk 1 hafta içinde yaklaşık 4111, 2. hafta 3816, 3. hafta 3925, 4. hafta 3354 adet artçı şoklar oluşmuştur (AFAD, KRDAE, Şekil 18). 20 Şubat 2023 tarihinde 6.4 büyüklüğünde meydana gelen deprem ile Antakya fayının kırılması nedeniyle 3. haftadaki artçı sayıları 2. haftaya göre biraz daha artmıştır. Bölgede ilk bir ay (6 Şubat-5 Mart) içinde 15206 civarında büyüklü küçüklü artçı sarsıntılar meydana gelmiştir (Şekil 18, 19). Artçı şok sayıları belirlenen bölgede 6 Mart-2 Nisan tarihleri arasında 10084 sayısına düşerken deprem büyüklüklerinde de belirgin bir azalma fark edilmekte olup, sadece 7. haftada Yiricek-Göksun civarlarında 5.3 büyüklüğünde bir artçı şok meydana gelmiştir. 3-30 Nisan arasında meydana gelen artçı sayısı da 7188'e düşmüş olup, 4 büyüklüğünün üzerinde 10 civarında artçı şoklar meydana gelmiş olup, diğer depremler 3 ve altındaki sarsıntılardır. 1-7 Mayıs 2023 (13. Hafta) tarihleri arasında Adana'nın Aladağ ilçesinin 25 km kuzeydoğusunda 4,7 büyüklüğünde bir artçı oluşurken Yağmurlu-Göksun civarında bir adet 5.1 ve 2 adet 4-4.9 büyüklüğünde artçı şoklar meydana gelmiştir (Şekil 18).







Şekil 18. 6 Şubat depremleri ardından meydana gelen artçı şokların haftalık dağılımı (AFAD çevrimiçi deprem kataloğu, 2023).

Figure 18. Weekly distribution of aftershocks following the earthquakes on February 6th (AFAD online earthquake catalog, 2023).

Türkiye’de ve deprem bölgelerinde Şubat 2023 tarihi itibarıyla 5.6.2023 tarihine kadar kaydedilen deprem ve artçıların sayıları 16 hafta süre ile büyüklüklerine göre haftalık olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 19). Tablo incelendiği zaman ilk ay içerisinde 15000’in üzerinde meydana gelen 3’ün üzerinde büyüklüğe sahip depremlerin hemen hemen tamamı ülkemizde sadece deprem bölgesinde meydana gelmiştir (Şekil 19).

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Tarihsel ve aletsel dönemlerden edinilen bilgiler ışığında, levha sınırları ile çevrelenen ve doğal olarak jeolojik-tektonik yönden aktif fay hatlarını barındıran ülkemizde depremlerin olması kaçınılmazdır. Ülkemizin güneyinde yer alan Afrika ve Arap levhaları milyonlarca yıldır arasında sınır teşkil eden Ölü Deniz Fay Zonu boyunca güneyden kuzeye doğru hareket ederek Anadolu levhacığımızı sıkıştırmaktadır. Bu sıkıştırmalar sonucunda Akdeniz’in içerisinde Kıbrıs’ın güney-güneybatı kesimlerinde Afrika Levhası Kıbrıs’ın altına dalmaya devam etmekte, ancak Kıbrıs’ın güneydoğu kesimlerinde ise bu tektonik suture kuzeydoğuya doğru Lazkiye ve Samandağ (Hatay) üzerinden ülke sınırlarımıza transform faylı bir hatla uzanmaktadır (Şekil 2, 3).

Afrika ve Arap levhaları arasındaki sınır olan yaklaşık kuzey-güney uzanımlı Ölü Deniz Fay Zonu'nun bir kolu Hatay bölgesinin kuzey kesimlerinde Kıbrıs tarafından gelen suture ile birleşirken Ölü Deniz Fay Zonunun diğer bir segmenti Suriye üzerinden Karasu grabeninin güney sınırı boyunca Gaziantep ilimizin güneybatısına doğru uzanmaktadır. Güney kesimlerimizde yer alan bu tektonik suturelar da bölgemizi sismik açıdan aktif duruma getirmektedir. Çukurova bölgesi ve çevresi de levha sınırlarına komşu-yakın olması nedeniyle büyük depremler üretebilecek önemli aktif fayları bulundurmaktadır. Çukurova bölgesinin sismisitesi, belirtilen bu suturelar ile birlikte Doğu Anadolu Fay Sistemi, Ecemiş Fay Zonu, Helenik-Kıbrıs yayı ve dalları gibi ana aktif yapılar tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 2, 3). İlimize yakın olanlardan bazıları: Adana il merkezinin D-GD kesimindeki Yumurtalık Fayı, Ceyhan-Karataş fayı, Misis bölgesinden İmamoğlu ilçe merkezine kadar uzanan İmamoğlu (Misis-Yakapınar) Fayı, Kozan'dan güneybatıya doğru uzanan ve Adana Çatalan barajının kuzeyinden Mersin'e doğru uzanan KD-GB uzanımlı Kozan Fayı, Adana doğusunda Toprakkale civarından geçen ve yaklaşık kuzey-güney uzanıma sahip Toprakkale Fayı ve Adana batısında yaklaşık K15-20D uzanımına sahip sol yönlü doğrultu atımlı Ecemiş Fayıdır (Orta Anadolu Fayı) (Şekil 2, 9). Bölgemizdeki, Ceyhan-Karataş, Yumurtalık, İmamoğlu, Toprakkale faylarının bazı kesimlerinde ters bileşenli sol yönlü atıma sahip oldukları dikkat çekmektedir (Şekil 9). Özellikle Adana kentine çok yakın bir konumda yer alan İmamoğlu Fayı, birkaç on yılda bir önemli depremler üretmiştir. Güneydeki Karataş ve Yumurtalık fayları Doğu Anadolu fayının en GD uzanımı niteliğinde ve Akdeniz kıyı şeridine paralele yakın bir uzanıma sahiptir. Bu faylar deniz altından GB yönünde devam etmektedir. Ecemiş Fayı ise Gülek-Pozantı-Elekgölü hattı boyunca dar bir koridorda izlenebilmekte ve geçtiği hat boyunca (K10-20D) özellikle Elekgölü-Çukurbağ ve Demirkazık yöreleri civarında karakteristik geniş alüvyon konileri oluşturmaktadır. Bu fayın Gülek ve daha güney kesimlerindeki uzanımının Akdeniz'e kadar uzandığını sahasal olarak destekleyen yerel mostralara bulunmakla beraber detay çalışılması gereken bir husustur. Toprakkale Fayı Osmaniye'nin Toprakkale ilçesinin hemen kuzeydoğu kesiminden geçmekte ve K-G'ye yakın bir uzanıma sahip olup, bazı önemli morfolojik oluşumlar sunmakta, ancak inceleme alanında ana fay ile ilişkisi kesin olarak belirlenebilen karakteristik düzlemleri sunmamaktadır.

6 Şubat depremleri ile özellikle deprem episantırlarına yakın bölgelerde yüzeyde 3,5 metre civarında yanal ötelenmeler yapılan arazi çalışmaları sırasında tespit edilmiştir. Bölgede 6 Şubat-28 Mayıs 2023 tarihleri arasında depremlerin bulunduğu bölgelerde 38379 artçı depremler meydana gelmiştir (Tablo 1). Artçıların sayıları 4. ayın sonlarında ilk aya oranla %60 oranında azalırken depremlerin büyüklüklerinde de belirgin küçülmeler gözlenmektedir. 5. haftadan 16. haftanın sonuna kadar sadece 2 adet 5 büyüklüğü üzerinde deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin de 7. ve 13. haftalarda Göksun civarlarında (5.3-Yiricek ve 5.1-Yağmurlu) meydana geldiği belirlenmiştir.

Mayıs ayı sonları ve Haziran ayı başlarında Göksun ilçesi yakın bölgelerinde de artçı depremlerin sıkça meydana gelmesi dikkat çekmekte ve Savrun Fayı bağlantısı nedeniyle Adana bölgesinde yaşayan insanlarımız üzerinde tedirginlik yaratmaktadır. Kahramanmaraş'ın Göksun ilçesinin batı kesiminden Acıelma, Akşaağaç, Saimbeyli'ye doğru DoğuKuzeydoğu-Batı-güneybatı uzanan hat üzerinde, depremlerin olduğu günden günümüze kadar 3100'ün üzerinde artçı sarsıntılarının meydana geldiği, bu hat üzerinde 5,9 büyüklüğüne kadar olmak üzere 4'ün üzerinde 72 adet artçı depremlerin oluştuğu belirlenmiş olup, bu hat boyunca Türkiye Diri Fay Haritasında bulunmayan yeni bir aktif kırığın oluştuğu kanaati oluşmuştur. Göksun'un güneybatısından Savrun Fayına doğru olan kesimi de depremler boyunca aktifliği ile oldukça dikkat çeken depremler oluşturmuştur. Bu bölgede Savrun Fayı'nın Göksun'a doğru bulunan kuzey parçası üzerinde artçı depremler oluşmaktadır. Ancak, Pampal (1984) tarafından haritalanan Kozan'a yakın olan ve yaklaşık 40 km uzunluktaki güney parçası üzerinde pek fazla artçı deprem meydana gelmemiştir. Göksun, Savrun Fayı kuzey kesimleri boyunca depremler sırasında 6 Şubat-5 Haziran tarihleri arasında 6000'in üzerinde artçı depremler meydana gelmiştir. Bu bölgede artçı sarsıntılarının fazla olmasının nedeni Kahramanmaraş'ın batı-kuzeybatı kesimlerinde yer alan Arap-Anadolu suture hattının batı kesimindeki ters bileşenli yüksek açılı fay bindirmelerinin bulunduğu ters oblik bileşenli Sol yanal doğrultu atımlı faylara nazaran daha aktif (underthrusting) bir konumda bulunmasıdır.

TÜRKİYE'DEKİ DEPREM SAYILARI

DEPREM BÖLGELERİNİN HAFTALIK DEPREM SAYILARI

MAGNITUDE	0-2.9	3-3.9	4-4.9	5-5.9	6-6.9	7-7.9
TARİH						
1.HAFTA 06.02.2023-12.02.2023	2529	1319	392	37	3	2
2.HAFTA 13.02.2023-19.02.2023	3660	449	43	2	0	0
3.HAFTA 20.02.2023-26.02.2023	3948	296	40	3	1	0
4.HAFTA 27.02.2023-05.03.2023	3469	163	22	3	0	0
5.HAFTA 06.03.2023-12.03.2023	3248	151	17	0	0	0
6.HAFTA 13.03.2023-19.03.2023	3155	120	15	0	0	0
7.HAFTA 20.03.2023-26.03.2023	2588	94	11	1	0	0
8.HAFTA 27.03.2023-02.04.2023	2423	87	10	0	0	0
9.HAFTA 03.04.2023-09.04.2023	2097	63	6	0	0	0
10.HAFTA 10.04.2023-16.04.2023	1998	58	6	0	0	0
11.HAFTA 17.04.2023-23.04.2023	2062	51	2	0	0	0
12.HAFTA 24.04.2023-30.04.2023	1867	63	8	1	0	0
13.HAFTA 01.05.2023-07.05.2023	1834	43	7	1	0	0
14.HAFTA 08.05.2023-14.05.2023	1459	45	8	0	0	0
15.HAFTA 15.05.2023-21.05.2023	1508	48	3	0	0	0
16.HAFTA 22.05.2023-28.05.2023	1404	54	5	0	0	0

MAGNITUDE	0-2.9	3-3.9	4-4.9	5-5.9	6-6.9	7-7.9
TARİH						
1.HAFTA 06.02.2023-12.02.2023	2257	1315	391	37	3	2
2.HAFTA 13.02.2023-19.02.2023	3326	442	43	2	0	0
3.HAFTA 20.02.2023-26.02.2023	3632	293	40	3	1	0
4.HAFTA 27.02.2023-05.03.2023	3141	156	22	3	0	0
5.HAFTA 06.03.2023-12.03.2023	2922	145	16	0	0	0
6.HAFTA 13.03.2023-19.03.2023	2834	106	15	0	0	0
7.HAFTA 20.03.2023-26.03.2023	2294	93	11	1	0	0
8.HAFTA 27.03.2023-02.04.2023	2150	87	9	0	0	0
9.HAFTA 03.04.2023-09.04.2023	1856	57	5	0	0	0
10.HAFTA 10.04.2023-16.04.2023	1767	50	6	0	0	0
11.HAFTA 17.04.2023-23.04.2023	1706	40	1	0	0	0
12.HAFTA 24.04.2023-30.04.2023	1597	61	8	0	0	0
13.HAFTA 01.05.2023-07.05.2023	1575	40	6	1	0	0
14.HAFTA 08.05.2023-14.05.2023	1260	43	8	0	0	0
15.HAFTA 15.05.2023-21.05.2023	1247	45	3	0	0	0
16.HAFTA 22.05.2023-28.05.2023	1153	47	5	0	0	0

Kaynak: deprem.afad.gov.tr Enlem:36-42, Boylam: 26-45 Enlem:34.008-39.294, Boylam: 32.475-42.022

Şekil 19. Depremlerin ardından Türkiye genelinde ve deprem bölgelerinde meydana gelen artçı şokların büyüklüklerine göre dağılımı.

Figure 19. Distribution of aftershocks in Turkey overall and in earthquake-prone regions based on their magnitudes (deprem.afad.gov.tr).

Tablo 1. 6 Şubat depremleri sonrasında ilk 4 aylık süre içerisinde bölgede meydana gelen artçı deprem sayıları.

Table 1. Number of aftershocks occurring in the region during the first 4 months following the February 6th earthquakes.

	2-2.9	3-3.9	4-4.9	5-5.9	6-6.9	7-7.9	Artçı sayıları
İlk aydaki artçı sayısı	12356	2206	496	45	4	2	15109
İkinci aydaki artçılar	10200	431	51	1	0	0	10683
Üçüncü aydaki artçılar	6926	208	20	0	0	0	7154
Dördüncü aydaki artçılar	5235	175	22	1	0	0	5433
							38379

Adana bölgesi, depremlerin daha yoğun yaşandığı bölgelere göre daha küçük ölçekte depremleri ve artçılarını yaşamıştır. Aladağ civarında Adana havzasının kenarlarında önceden mevcut normal fayların uzanımlarına yaklaşık olarak paralel uzanımda küçük ölçekli kırılmalar meydana gelmiştir. Depremler sırasında meydana gelen heyelanlar ve kaya düşmeleri de ciddi kayıplara neden olmuştur. Aladağ'ın kuzey-kuzeydoğu kesimlerinde Küp bölgesi, Ergenuşağı civarlarında meydana gelen 4 büyüklüğü üzerindeki depremler de okyanus kabuğu kayaların kıtasal kabuk üzerine bindirdiği pasif konumda bulunan levha sınırlarında oluşmuştur.

İncelememize konu olan Çukurova bölgesinde yukarıda belirtilen çok sayıdaki aktif faylar bölgemizde her an depremlerin yaşanmasına maalesef zemin oluşturabilmektedir. Bu nedenle, depremle yaşamaya her an hazırlıklı olmalıyız ve yöresel olarak belirli büyüklükte deprem olacakmış gibi yaşayacağımız yapı tasarımlarının deprem yönetmeliğinde belirtilen standartlara uygun tarzda ve özellikle fay zonlarından mümkün ölçüde uzakta deprem dirençli olarak inşa edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, gelecek zamanlarda yine birtakım büyük depremler yaşayacağımız gerçeğinden hareketle afet yönetimine yönelik mevzuat, toplumsal

bilinçlendirme, kurumsallaşma politikaları, teknolojik uygulamalar vb gibi çalışmaların yapılması ülkemizde depremi yaşamadan yaşam alanlarımızı afetlere karşı daha hazır ve dayanıklı hale getirecektir.

6 Şubat 2023 depremlerinden etkilenen 11 ilden biri olan Adana’da, can kaybı daha çok ilin kuzeyinde meydana gelmiş iken, yapılarda daha fazla hasar ise ilin güneyinde yer alan Seyhan ilçesinde olmuştur. Depremler sonucunda 13 adet çok katlı bina yıkılmış ve 480 can kaybı yaşanmıştır. Depremlerde yıkılan ve ağır hasarlı olarak belirlenen binaların lokasyonları incelendiğinde genelde Çukurova bölgesinin güneyinde Barış Manço Bulvarı, kuzeyde Süleyman Demirel Bulvarı, doğuda Turgut Özal-Kenan Evren Bulvarı kavşağı ile batıda Öğretmenler Bulvarı arasında dağılım göstermektedir. Bu bölgenin doğu kesiminde jeolojik olarak, iyi-çok iyi çimentolu çakıltaşlarından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Seyhan nehrinin eski nehir taraçaları bulunmakta olup, birim batıya doğru incelmekte ve üst seviyeleri yer yer kalıçleşmiş (ikincil kireçtaşı) ve daha çok kilaşlarından oluşan Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Handere Formasyonu’na geçmektedir. Bölgede yapılan zemin etüd çalışmalarında söz konusu birimlerde taşıma gücü ve oturma sorunu ile karşılaşılmamıştır. Sadece, Handere Formasyonu’nun Seyhan Baraj gölüne bakan eğimli yamaçlarının bazı yerlerinde stabilite sorunları yaşanabilmektedir. Yıkımların yoğun olarak yaşandığı bölgede 1970 yılları öncesinde yaklaşık olarak K-G uzanımlı kuru-akar derelerin varlığı bilinmektedir. Ancak, günümüzde bu derelerin bulunduğu alanlar doldurularak bölge tamamen düzlük alanlar haline getirilmiş, muhtemel olarak bazı binalar, üzerleri doldurulmuş dere yatakları üzerinde inşa edilmiştir. Yıkılan binaların mühendislik projelerinin, yapı malzemelerinin kalite ve yeterlilik kontrolünün yanı sıra bu binaların konumlarının üzeri doldurulmuş alanların neresinde yer aldığına da sondajlarla desteklenen mikrobölgeleme çalışmaları ile belirlenmesi önem arz etmektedir.

Ülkemizde daha önceden meydana gelmiş olan depremlerle kaybedilen yaşamlar ve ciddi boyuttaki maddi hasarlar maalesef kısa bir zaman süresi içinde unutulmaktadır. Son yıllarda yaşadığımız depremlerin ciddi kayıpları ve acıları da daha öncekiler gibi unutmamalıdır. Şunu da tekrar hatırlatmakta yarar var; “depremler öldürmez, binalar ve yanlış yer seçimi öldürür”. Bu nedenle, yer kabuğu üzerinde bulunan yerleşim yerlerinin tespiti ve uygun-sağlam zeminlerin belirlenebilmesi için, üzerine bina inşa edilecek zeminin jeolojik özelliğinin belirlenmesi hayati

öneme sahiptir. Bu açıdan bölgemizde özellikle kalın bir alüvyon çökelinin olduğu ve yeraltı su seviyesi ile ilgili olarak sınıvlaşma riskinin yüksek olduğu bölgelerde yapılaşmanın çok daha dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Yapılacak planlamada alınacak önlemler ve yapıların taşıma hesapları ve tasarımları belirlenirken yakındaki aktif fay hatlarının türleri, deprem potansiyelleri, geometrik karakteristikleri ve uzanımları da göz önünde bulundurulmalıdır. Çukurova ve yakın civarında belirtilen bu aktif fay zonları nedeniyle gelecekte de bölgemizde bugün yaşamış olduğumuz depremleri maalesef yaşayacağız.

6. TEŞEKKÜR

Deprem süreci içerisinde arazi çalışmalarımıza katkı veren Çukurova Üniversitesi Rektörlüğüne ve çalışmalarımız sırasında çevrimiçi kataloglardan deprem kayıtlarının derlenmesi ile ilgili yapmış olduğu katkılardan dolayı Bölümümüz lisans öğrencisi Heyyam TANI'ye teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

- Barka, A.A. ve Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake Activity. *Tectonics*, (7), 3, 663-684.
- Demirtaş, R., 2019. Türkiye diri fayları, deprem etkinlikleri, paleosismolojik çalışmalar ve gelecek deprem potansiyelleri, 303 s.
- Doyuran, V., Gülkan, P. and Koçyiğit, A., 1989. Seismotectonic evaluation of the Akkuyu Nuclear Power plant site. *Geology Geophysics research center, Middle East Technical University, Ankara*, 69.
- Duman, T. Y., Emre, Ö., 2013. The East Anatolian Fault: Geometry, Segmentation and Jog Characteristics, *Geological Society, Special Publication*, 372:495-529, London.
- Erdağ, D.Ş., 2007. Ecemiş Fay Zonu'nun Yahyalı (kayseri)-pozantı (Adana) Arasında Kalan Kesimin Morfotektoniği Ve Paleosismik Aktivitesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 186 s.

- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara- Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., & Çan, T., 2016. Active fault database of Turkey. Bulletin of Earthquake Engineering, 1-47. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0041-2>
- Esat, K., Seyitoğlu, G., 2023. 6.2.2023 Kahramanmaraş depremleri ön inceleme raporu. Ankara.
- Hempton, M. R., Dewey, J. F., Şaroğlu, F., 1981, The East Anatolian Transform Fault: along strike variations in geometry and behaviour, EOS Transac, American Geophysical Union, EOS 62, 393.
- Herece, E., 2008. Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası. General Directorate of Mineral Research and Exploration. Special Publications, Ankara, Serial Number, 13, 359.
- Kara, M., Ünlügenç, U.C., Elmacı, H., Duman, T.Y., 2020. Yumurtalık Fayı'nın Holosen Aktivitesinin Araştırılması (Ceyhan-Adana). Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35 (1), ss. 183-193, Adana.
- Menekşe, A., 2016. Probabilistic Seismic Hazard Assessment For East Anatolian Fault Zone Using Planar Source Models, M.Sc Thesis, Natural and Applied Sciences of METU, 132s.
- Muehlberger, R. W. ve Gordon, M. B., 1987, Observations on the complexity of the East Anatolian Fault, Turkey. Journal of Structural Geol., vol. 9, no. 7, pp. 899-903.
- 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.
- Pampal, S., 1984. Kadirli-Kozan-Feke (Adana) Bölgesinin Stratigrafisi ve Tektonik Özellikleri, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya.
- Perinçek, D. and Çemen, İ., 1990, The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey. Tectonophysics, 172, 331-340.
- Perinçek, D., Günay, Y. and Kozlu, H., 1987. Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki yanal atımlı faylar ile ilgili yeni gözlemler. Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri, 89-103.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolcak, D., Altınok Y., 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel deprem Kataloğu. TUBITAK, Proje no. TBAG 341, İstanbul, 86 pp.

- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A. 1987. Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri, Institute of Mineral Research and Exploration Report, 8174.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., 1992. The East Anatolian Fault Zone of Turkey, *Annales Tectonicae*, 6:99-125.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution Of Turkey: A Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Ünlüenç, 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.
- Ünlüenç, U.C., Akıncı, A.C., Güneyli, H., 2011. Çukurova Basen Kompleksinin Tektonik Elementleri, ATAG 15, 19-22 Ekim 2011, s 6., Adana.
- Ünlüenç, U. C., Akıncı, A. C., 2017. Kızıldere- Güvelođlu (Ceyhan- Adana) Civarının Tektono-Stratigrafisi, Çukurova Ün. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 32(2):85-99, Adana.
- Ünlüenç, U.C., and Akıncı, A.C., 2018. Geodynamical Evolution of the Misis Structural High, Ceyhan (Adana), Southern Turkey. 9th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Antalya/Turkey. 7–11 May 2018, Cilt 1, ss. 374-379, Antalya, Turkey.
- Ünlüenç, U.C., Akıncı, A.C., 2019. Çukurova Bölgesinde Deprem Üreten (Aktif) Fayların Geometrilerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Bireysel Araştırma Projesi Proje No: FBA-2017-8064.
- Ünlüenç,U.C., Akyıldız, M., ve Akıncı, A.C., 2021. Anavarza Antik Kenti (Adana-Osmaniye) Civarının Jeolojisi ve Depremselliği Hakkında Genel Bilgiler. Anazarbos ve Anavarza Kitap bölümü, Cilt 1, 31-48 Aralık, 2021, ISBN:978-625-8430-28-8.
- Westaway, R., 1994, Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, *J. Geophys. Res.*, vol. 99, no. B6, p. 12,071-12,090.
- Westaway, R. 2004. Kinematic Consistency between the Dead Sea Fault Zone and The Neogene and Quaternary Left-Lateral Faulting in SE Turkey. *Tectonophysics*, 391, 203–237.
- Williams, G. D., Ünlüenç, U. C., Kelling, G., Demirkol, C., 1995. Tectonic Controls on Stratigraphic Evolution of The Adana Basin, Turkey, *Journal of the Geological Society*, 152:873-882, London.

Yavuzoğlu, A., Özalp, S., Elmacı, H., Kara, M., Yurtseven, E., Duman, T.Y., 2016. Karataş fault: a paleoseismological glance to the Neotectonics of İskenderun bay. Abstracts Geological Congress of Turkey 69, April 11-15, p 469.

Yürür, M.T., Chorowicz, J., 1998. Recent Volcanism, Tectonics and Plate Kinematics Near The Junction of The African, Arabian and Anatolian Plates in The Eastern Mediterranean, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85:1-15.

AFAD, T.C., Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, İnternet sitesi, <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu>.

EMSC, The European-Mediterranean Seismological Centre İnternet sitesi, <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>.