

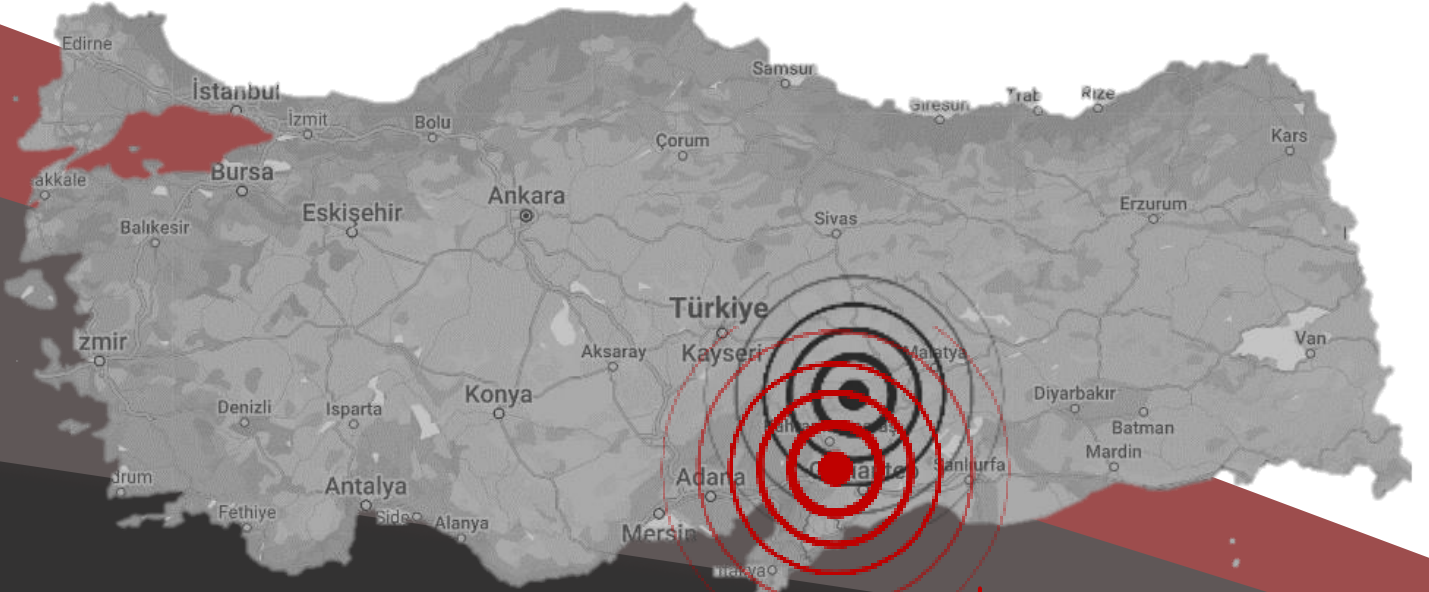


# ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık  $M_w=7.7$

ve Elbistan  $M_w=7.6$  Depremleri

Ön Değerlendirme Raporu



Düzenleyenler: Kemal Önder Çetin, Makbule İlgaç, Gizem Can and Elife Çakır

20 Şubat 2023

RAPOR NO: METU/EERC 2023-01

DEPREM MÜHENDİSLİĞİ ARAŞTIRMA MERKEZİ





## Önsöz

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş ilinde meydana gelen ve toplamda 10 ilimizi etkileyen depremler hepimizi derinden yaralamıştır. Sizlere bugün derin bir üzüntü içinde yazmaktayım. Tüm düşüncelerimiz ve dualarımız, 6 Şubat günü ülkemizi sarsan deprem felaketi sonrası bölgede etkilenen vatandaşlarımızla birlikte...

Yaşanan depremler, Türkiye'nin doğusunda ve güney doğusunda yer alan Adıyaman, Hatay, Osmaniye, Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa, Diyarbakır, Malatya, Adana ve Elazığ illerinde onlarca insanımızın hayatını kaybetmesine ve yaralanmasına, bina ve altyapı sistemlerimizde önemli hasarlara neden olmuştur. Depremlerde hayatını kaybeden vatandaşlarımızın ailelerine ve sevenlerine en derin üzüntülerimizi iletiyor, yaralı kurtulan vatandaşlarımıza acil şifalar diliyoruz. Bölgede iyileşme sürecine başlarken, desteğimizi ve dayanışmamızı sunarak kendilerinin yanında olduğumuzu söylemek istiyoruz.

Yaşanan acı depremlerin hemen ardından, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) öğretim üyeleri ve çalışanları bölgede araştırma yapmak üzere yola çıkmışlardır. İnşaat mühendisliği, jeoloji mühendisliği, mimarlık, şehir ve bölge planlama vb. farklı alanlarda uzmanlaşmış ODTÜ ekipleri, diğer üniversiteler ve kurumlardaki uzmanlarla da işbirliği yaparak bölgenin çeşitli şehirlerinde ön keşif çalışmalarına başlamışlardır. Fakülte üyelerimizi, personelimizi ve öğrencilerimizi, bu devam eden çalışmalarda bizlere katılmaya ve depremlerden etkilenenlere yardım etmek için kendi uzmanlıklarını, becerilerini, ve kaynaklarını nasıl kullanabileceklerini düşünmeye davet ediyoruz.

Böyle zamanlarda, bireylerin ve toplulukların gücünü ve dayanıklılığını, bir araya gelerek yaratacakları güç çarpanını hatırlamak önemlidir. Bölge halkının bu trajedinin üstesinden geleceğine inanıyor, yeniden yapılanma ve toparlanma çabalarında onların yanında olduğumuzu belirtmek istiyoruz.

Saygılarımla,

Prof. Dr. Mustafa Verşan Kök

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Rektörü



## **BÖLÜMLER**

### **BÖLÜM 1 Giriş**

Yazarlar:

Kemal Önder Çetin, Ahmet Yakut, Makbule İlgaç, A. Arda Özacar, Gizem Can, Elife Çakır

### **BÖLÜM 2 Bölgesel Tektonizma ve Sismik Kaynak**

Yazarlar:

A. Arda Özacar, Bora Uzel, Erdin Bozkurt, Taylan Sançar, Eyüp Sopacı, Nuretdin Kaymakçı, Bora Rojay, Zeynep Gülerce, Cem Kıncal, Laura Gregory

### **BÖLÜM 3 Kuvvetli Yer Hareketlerinin Ön Analizleri**

Yazarlar:

Zeynep Gülerce, Ayşegül Askan, Özkan Kale, Abdullah Sandıkkaya, Nihat Sinan Işık, Okan İlhan, Gizem Can, Makbule İlgaç, A. Arda Özacar, Eyüp Sopacı, Kemal Önder Çetin, Burak Akbaş, Abdullah Altındal, Mehmet Fırat Aydın, Baran Güryuva, Onur Kanun, Kubilay Albayrak, Gamze Muratoğlu, Oguz Salih Okçu, Abdullah İçen

### **BÖLÜM 4 Geoteknik Mühendisliği Saha Gözlemleri ve Geo-Yapılarının Performansı**

Yazarlar:

Kemal Önder Çetin, Candan Gökçeoğlu, Robb Eric Shedwick Moss, Makbule İlgaç, Gizem Can, Elife Çakır, Bilal Umut Aydın, Arda Şahin, Mehmet Türkezer, Berkan Söylemez, Soner Ocak, Hayri Güzel

### **BÖLÜM 5 Binaların Performansı**

Yazarlar:

Barış Binici, Ahmet Yakut, Erdem Canbay, İsmail Ozan Demirel, Mevlüt Kahraman, Altuğ Erberik, İsmail Özgür Yaman, Eray Baran, Afşin Canbolat, Koray Kadaş, Orkun Öztaşkın, Selin Aktaş



## **BÖLÜM 6 Köprü ve Tünellerin Performansı**

Yazarlar:

Alp Caner, Kemal Önder Çetin, Candan Gökçeoğlu

## **BÖLÜM 7 İskenderun Körfezi Kıyı Yapıları ve Doğu Akdeniz'deki Tsunami Değerlendirmeleri**

Yazarlar:

Ahmet Cevdet Yalçınler, Gözde Güney Doğan, Işıkhhan Güler, Bilge Karakütük, Furkan Demir, Didem Cambaz, Vassilios Skanavi, Costas Synolakis

## **BÖLÜM 8 6 Şubat 2023 Depremleri Sonrası Kritik Altyapılarla İlgili Ön İnceleme ve Gözlemler**

Yazarlar:

Nejan Huvaj, Volkan Kalpakcı, Şevki Öztürk, Tamer Y. Duman, Eray Baran, Burak Talha Kılıç, Ali Serdar Uysal, Suat Dalkılıç, Emre Dalkılıç, Onur Pekcan

## **BÖLÜM 9 Tarihi Yapıların Ön Yapısal Performans Özeti**

Yazarlar:

Ahmet Türer

## **BÖLÜM 10 Acil Durum Müdahalesi ve Toplum Etkisi: Bir Özet**

Yazarlar:

Meltem Şenol Balaban, Ali Fırat Çabalar, A. Nuray Karancı, Canay Doğulu, Gözde İkizer, Haldun Akoğlu, Müge Akın, Nil Akdede, Onur Karakayalı, Özlem Özdemir, Sarper Yılmaz, Selin Güzel, Serkan Yılmaz, Sıdıka Tekeli Yeşil, Tolulope Ajobiewe, Yeşim Ünal





## İçindekiler

Bölüm 1 Giriş.....	12
1. 1. Giriş.....	13
Bölüm 2 Bölgesel Tektonizma ve Sismik Kaynak.....	17
2. 1. Bölgesel Tektonizma .....	18
2. 2. Önemli Deprem Tarihçesi .....	18
2. 3. Sismik Kaynak .....	18
2. 4. Yüzey Kırığı ve Jeolojik Saha Gözlemleri.....	19
2. 5. Sismik Boşluklar ve Statik Stres Değişimleri .....	21
Bölüm 3 Kuvvetli Yer Hareketlerinin Ön Analizleri .....	24
3. 1. Giriş.....	25
3. 2. Seçilmiş İstasyonlarda Kaydedilen Kuvvetli Yer Hareketleri.....	25
3. 3. 6 Şubat Depremlerinde Kaydedilen Maksimum Yer Hareketi Parametrelerinin Mekansal Dağılımları .....	28
Bölüm 4 Geoteknik Mühendisliği Saha Gözlemleri ve Geo-Yapılarının Performansı.....	31
4. 1. Giriş.....	32
4. 1. 1. Sismik Zemin Sıvılaşması Belirtileri.....	32
4. 1. 2. Konut Tipi Yapıların Temel Performansı.....	35
4. 1. 3. Derin Kazılar .....	37
4. 1. 4. İstinat Yapıları.....	38
4. 1. 5. Kaya Düşmeleri .....	39
4. 1. 6. Tüneller.....	40
4. 1. 7. Toprak kayması/Heyelanlar .....	41
4. 1. 8. Zemin Deformasyonları.....	42
4. 1. 9. Faylanma Kaynaklı Boru Hattı Hasarları .....	43



Bölüm 5 Binaların Performansı .....	44
5. 1. Binaların Performansı .....	45
5. 2. 2000 Öncesi İnşa Edilmiş Betonarme Binaların Performansı.....	46
5. 3. 2000 Sonrası İnşa Edilmiş Betonarme Binaların Performansı.....	48
5. 4. Ön-üretimli Binaların Performansı.....	49
5. 5. Yapısal Olmayan Elemanların Performansı .....	51
5. 6. Yığma Binaların Performansı.....	52
5. 7. Güçlendirilmiş Binaların Performansı .....	52
5. 8. Trafo Merkezi Binalarının Performansı .....	53
Bölüm 6 Köprü ve Tünel Durum Değerlendirmesi .....	54
6. 1. Köprü ve Tünel Durum Değerlendirme .....	55
Bölüm 7 İskenderun Körfezi Kıyı Yapıları ve Doğu Akdeniz'deki Tsunami Değerlendirmeleri .	59
7. 1. İskenderun Körfezi Kıyı Yapıları ve Doğu Akdeniz'deki Tsunami Değerlendirmeleri.....	60
Bölüm 8 6 Şubat 2023 Depremleri Sonrası Kritik Altyapılarla İlgili Ön İnceleme ve Gözlemler	65
8. 1. Giriş.....	66
8. 2. Bölgedeki Kritik Altyapılar Hakkında Kısa Bilgi.....	66
8. 3. Kritik Altyapılarda Saha Gözlemleri.....	69
Bölüm 9 Tarihi Yapıların Ön Yapısal Performans Özeti .....	75
9. 1. Giriş.....	76
9. 2. Tarihi Yapıların Görsel İncelemesi.....	76
Bölüm 10 Acil Durum Müdahalesi ve Toplum Etkisi: Bir Özet.....	87
10. 1. Giriş.....	88
10. 2. Acil Durum Müdahalesi .....	88
10. 2. 1. Eşgüdüm .....	88
10. 3. Acil Kurtarma ve Müdahale .....	89



10. 3. 1. Kritik Altyapı Sistemleri.....	89
10. 3. 2. Sağlık Hizmetleri.....	89
10. 3. 3. Barınma Müdahalesi: Acil ve Geçici Barınma .....	90
10. 3. 4. Psikososyal Destek .....	90
10. 4. Toplum Etkisi .....	90
10. 5. Uluslararası Medyanın Acil Müdahaleye Genel Bakışı .....	90
10. 6. Sonuç.....	91



## Sekiller Listesi

- Şekil 1.1 Türkiye Haritası. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık ( $M_w=7.7$ ) ve Kahramanmaraş-Elbistan ( $M_w=7.6$ ) depremlerinin merkez üsleri beyaz nokta ile gösterilmiştir..... 13
- Şekil 2.1. Deprem kırık düzlemlerini ve AFAD'dan alınan artçı şokları, ana depremlerin mekanizma çözümleri ile birlikte gösteren sismotektonik harita. Kırıklar oluşum zamanlarına göre numaralandırılmış, Yönlü ve süreksiz kırılma sergileyen Pazarcık depreminin ( $M_w=7.8\pm 0.1$ ) kırılma yönleri ise oklarla belirtilmiştir. .... 20
- Şekil 2.2. Pazarcık yakınlarında 2.4 m sol yanal ötelenen yol ve Sürgü-Çardak fay bölümünde 6.7 m sol yanal ötelenen dikenli tellerin sahada çekilen görüntüleri (sırasıyla Erdin Bozkurt ve Taylan Sançar tarafından çekilmiştir). .... 20
- Şekil 2.3. Deprem dizisinden sonra komşu faylarda meydana gelen Coulomb statik stres değişimi Hesaplamalar sol-yanal hareket için USGS tarafından verilen sonlu fay çözümleri kullanılarak yapılmıştır. .... 21
- Şekil 3.1. a)  $M_w=7.7$  Kahramanmaraş-Pazarcık ve b)  $M_w=7.5$  Elbistan depremlerini kaydeden ve yırtılma düzlemine olan mesafesi 200 km ve daha az olan kuvvetli yer hareketi istasyonlarının dağılımı. .... 26
- Şekil 3.2. Pazarcık ( $M_w=7.7$ ) depremini kaydeden istasyonlardan bazılarında kaydedilmiş 3-bileşenli ivmeler, bu ivmelere ait Fourier genlik büyüklükleri ve TBDY (2019)'daki tasarım spektrumu ile karşılaştırılan %5 sönümlmeli tepki spektrumları..... 27
- Şekil 3.3. Pazarcık depremi için a) maksimum yer ivmesi b) maksimum yer hızı değerlerinin mekansal dağılımı ..... 29
- Şekil 3.4. Elbistan depremi için a) maksimum yer ivmesi b) maksimum yer hızı değerlerinin mekansal dağılımı ..... 29
- Şekil 4.1. Sismik zemin sıvılaşması yüzey izleri: serbest zemin koşullarında görülen fişkırımlar/kaynamalar: a) Hatay ( $36.36446^\circ$  N,  $36.28147^\circ$ E), b) Kumlu / Hatay ( $36.35628^\circ$ N,  $36.39360^\circ$ E), c) Fatih Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman ( $37.78080^\circ$ N,  $37.62888^\circ$ E), d) İskenderun / Hatay ( $36.59323^\circ$  N,  $36.18542^\circ$ E), e) Emiroğlu / Kahramanmaraş ( $37.33689^\circ$ N,  $37.04538^\circ$ E), f) Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay ( $36.59133^\circ$ N,  $36.17888^\circ$ E) g) Dört Yol / Hatay ( $36.81878^\circ$ N,  $37.17770^\circ$ E) h) Emiroğlu / Kahramanmaraş ( $37.33722^\circ$ N,  $37.04549^\circ$ E) i) Gölbaşı / Adıyaman ( $37.78655^\circ$ N,  $37.63155^\circ$ E) ..... 33



Şekil 4.2. Sismik zemin sıvılaşması yanal yayılma, aşırı oturma ve çökmeler a) Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay (36.59281°N, 36.185977°), b) Özerli Mahallesi / Dört Yol / Hatay (36.81294°N, 36.18123°E), c) Fatih Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman (37.78023°N, 37.62858°E), d) İskenderun Limanlar Bölgesi / Hatay (36.59991°N, 36.19274°E), e) İskenderun Limanlar Bölgesi / Hatay (36.59991°N, 36.19274°E), f) İskenderun Limanlar Bölgesi / Hatay (36.59991°N, 36.19274°E).  
..... 34

Şekil 4.3. Sismik zemin sıvılaşması kaynaklı aşırı temel oturmaları ve dönmeleri a) Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay (36.5911°N, 36.1790°E), b) Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay (36.5911°N, 36.1790°E), c) Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay (36.5911°N, 36.1790°E), d) Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay (36.5911°N, 36.1790°E) ..... 35

Şekil 4.4. Temel sistemlerinin deprem performansı a) Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay (36.5911°N, 36.1790°E), b) Hürriyet Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman (37.778°N 37.628°E), c) Yavuz Selim Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman (37.788°N, 37.642°E), d) Yavuz Selim Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman (37.788°N, 37.642°E), e) Yavuz Selim Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman (37.78827°N 37.64879°E) ..... 36

Şekil 4.5. Derin kazı örnekleri a) Bahçe / Osmaniye (37.18845° N, 36.56326° E), b) Bahçe / Osmaniye (37.18939° N, 36.56402° E), c) Bahçe / Osmaniye (36.17313° N, 36.59912° E), d) Bahçe / Osmaniye (36.17313° N, 36.59912° E) ..... 37

Şekil 4.6. İstinat yapıları örnekleri a) Gökçedere/ Gaziantep (37.16439°N, 36.70672°E), b) Gökçedere/ Gaziantep (37.16546° N, 36.69749°E), c) Bahçe/ Osmaniye (37.18853°N, 36.56389°E), d) Bahçe/ Osmaniye (37.18844° N, 36.56476° E) ..... 38

Şekil 4.7. Kaya düşmeleri örnekleri a) Bahçe / Osmaniye (37.17441°N, 36.65659°E), b) Yolbağı Mahalle / Adıyaman (37.81795°N, 37.63311°E), c) Fevzi Paşa Mahalle / İslahiye /Gaziantep (37.09899° N, 36.65200° E), d) Fevzi Paşa Mahalle / İslahiye /Gaziantep (37.09713° N, 36.65170° E) ..... 39

Şekil 4.8. Yapımı devam eden Bahçe-Nurdağ demiryolu tüneli Nurdağı/ Gaziantep (37.16989°N, 36.70806°E) ..... 40

Şekil 4.9. Şev duraylılığı problemlerinden örnekler a) Antakya/ Hatay (36.16118°N, 36.22050°E), b) Yolbağı Mahallesi / Adıyaman (37.81806°N, 37.63297°E), c) Belen / Hatay (36.48363°N, 36.27158°E) ..... 41



Şekil 4.10. Yüzey kırığı izlerinin örnekleri a) Balkar / Adıyaman (37.73610°N, 37.56842°E), b) Erenler Mahallesi / İslahiye / Gaziantep (37.03931°N, 36.62868°E), c) Yavuz Selim Mahallesi / Adıyaman (37.79645°N, 37.66021°E), d) Balkar / Adıyaman (37.73492°N, 37.56617°).....	42
Şekil 4.11. Boru hattı hasarı örnekleri a) Erenler Mahalle / İslahiye / Gaziantep (36.04621°N, 36.62936°E), b) Çay Mahalle / İskenderun / Hatay (36.59038°N, 36.17893°E).....	43
Şekil 5.1. Antakya ve Kahramanmaraş'ta göçen binalar .....	47
Şekil 5.2. Malatya'da göçen binalar .....	47
Şekil 5.3. Bina devrilmesi ve yetersiz birleşim bölgesi donatı detayı .....	47
Şekil 5.4. Adıyaman ve İslahiye'de ağır hasarlı yeni binalar .....	49
Şekil 5.5. Tünel kalıp binanın performansı.....	49
Şekil 5.6. Kahramanmaraş'ta önüretimli endüstriyel yapılarda bağlantı hasarlarına genel bakış	50
Şekil 5.7. Gaziantep'te kısa konsol (guse) hasarları .....	50
Şekil 5.8. Dolgu duvar hasarı örnekleri .....	51
Şekil 5.9. Yığma yapılardaki hasarlar .....	52
Şekil 5.10. Hatay'da güçlendirilmiş bir binanın performansı.....	53
Şekil 5.11. MYİ (PGA) dağılımı ve trafo merkezlerinin konumu (Sarı: Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt İstasyonları, Mavi ve Yeşil: Trafo Merkezleri) .....	53
Şekil 6.1. Sıvılaşma ve kenar ayak dönmesi.....	55
Şekil 6.2. Derz hareketliliği .....	56
Şekil 6.3. Kolon paspayı ve kabuk dökülmesi.....	56
Şekil 6.4. Mesnet kayması ve hareketliliği .....	56
Şekil 6.5. Ray bozulması .....	57
Şekil 6.6. Deprem takozu hasarı .....	57
Şekil 6.7. Kenar ayak duvar kabuk dökülmeleri (eski ve yeni hasarlar birarada) .....	57
Şekil 6.8. Hasarsız köprülerden örnekler .....	58
Şekil 6.9. Tünel portal deformasyonları ve tünel içi kabuk dökülmesi .....	58
Şekil 7.1. a) Tsunami olayının olası kaynağının konumu ve mareograf istasyonları, b) Çevlik kuzeyinde varsayılan kaynağa bağlı Doğu Akdeniz için hesaplanan en yüksek su düzeyi dağılımı .....	61
Şekil 7.2. Doğu Akdeniz'de mareograf istasyonlarındaki kayıtlar (siyah) ve hesaplanan (mavi) su düzeyi değişimleri (ilk kolon), ve ölçüm olmayan, görgü tanıklarının gözlemlerine başvuru	



Karataş, Yumurtalık ve Çevlik Balıkçı Barınakları yakınlarındaki noktalarda hesaplanan su düzeyi zamansal değişimleri (ikinci kolon).....	62
Şekil 7.3. Samandağ, Çevlik Balıkçı Barınağı güneyinde kıyıda su baskını izleri.....	63
Şekil 7.4. İskenderun Balıkçı Barınağındaki yapısal hasarlar, sıvılaşma sebepli yanal yayılma izleri .....	63
Şekil 8.1. a) Bölgedeki karayolu ağının bazı bölümleri (kaynak: KGM websitesi, <a href="https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionImages/KGMImages/Haritalar/b5.jpg">https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionImages/KGMImages/Haritalar/b5.jpg</a> ), b) Bölgedeki demiryolu ağının bazı bölümleri (kaynak: TCDD websitesi, <a href="https://static.tcdd.gov.tr/webfiles/userfiles/files/genel/tcddharita.pdf">https://static.tcdd.gov.tr/webfiles/userfiles/files/genel/tcddharita.pdf</a> ) .....	67
Şekil 8.2. Yüzey fay kırığı ve yanal atımın alansal görünümü ve bazı kritik altyapılarda depremler kaynaklı gözlenen hasar: tren rayları, yollar, su dağıtım boru hatları. Narlı yakını, Kahramanmaraş (Uydu görüntüleri Harita Genel Komutanlığı tarafından <a href="http://atlas.harita.gov.tr">atlas.harita.gov.tr</a> websitesi üzerinden sağlanmıştır).....	70
Şekil 8.3. Fotoğrafların çekildiği yerler için Şekil.8.2'ye bakılabilir: fay yüzey kırığı/yanal atım nedeniyle yolda ofset, demiryolu dolgusunda şev stabilitesi problemi, su boru htında onarım işlemleri için açılan hendek, eğilmiş bir elektrik direği. Narlı, Kahramanmaraş yakını (fay verisi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayını olan Emre vd. (2013)'den alınmıştır). .....	71
Şekil 8.4. Demiryolu raylarında ve yollarda fay yüzey kırığı ve yanal atım kaynaklı ofset, çatlak ve yarılmalar, hasar görmüş bir elektrik direği (Narlı, Kahramanmaraş yakını). (fay verisi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayını olan Emre vd. (2013)'den alınmıştır) .....	71
Şekil 8.5. Bir su kanalı kenarındaki yolda heyelan, çatlaklar ve hasar, betonarme istinat duvarında kanala doğru yanal ötelenme, eğilmiş bir elektrik direği. Kahramanmaraş'ın güney kesimi. (fay verisi Emre vd. (2013)'den alınmıştır).....	72
Şekil 8.6. Fay yüzey kırığı ve Gaziantep-Kahramanmaraş yolunda 3.6 m ofset, asfalt yolda birkaç noktada çatlaklar, yol dolgusunda şev duraysızlığı, yol dolgusunun üst kısmında ve asfaltta 250-m'den daha uzun çatlak. Kapıçam yakını, Kahramanmaraş (Uydu görüntüleri Harita Genel Komutanlığı tarafından <a href="http://atlas.harita.gov.tr">atlas.harita.gov.tr</a> websitesi üzerinden sağlanmıştır) .....	72
Şekil 8.7. Fotoğrafların yerleri Şekil 8.6'da görülebilir: yüzey fay kırığı ve Gaziantep-Kahramanmaraş yolunda 3.6 m ölçülen ofset (fay verisi Emre vd. (2013)'den alınmıştır). .....	73
Şekil 8.8. Yolda heyelan ve yarıklar, Kartal ve Yarbaşı yakını, Kahramanmaraş (fay verisi Emre vd. (2013)'den alınmıştır). .....	73



Şekil 8.9. Yolda yüzey çatlakları, kaya düşmesi, heyelan, istinat duvarında hasar ve devam eden yol onarımları. Fevzipaşa, Gaziantep yakını (fay verisi Emre vd. (2013)'den alınmıştır). .....	74
Şekil 9.1. Türkiye ve çevresindeki dünya mirası alanları .....	77
Şekil 9.2. Malatya-Elazığ dahil olmak üzere Kahramanmaraş depremlerinden etkilenen şehirler. ....	77
Şekil 9.3. Malatya ve Elazığ'da değerlendirilen tarihi yapıların coğrafi konumu. ....	80
Şekil 9.4. Yeni Cami, öncesi ve sonrası fotoğrafları ve yıkılan bir payandanın görüntüsü. ....	81
Şekil 9.5. Gaziantep Kalesi deprem öncesi ve sonrası.....	82
Şekil 9.6. Deprem öncesi ve sonrası Antakya Rum Ortodoks ve Protestan kiliseleri .....	85
Şekil 9.7. Deprem sonrası Antakya Rum Ortodoks kilisesi .....	86
Şekil 9.8. Deprem sonrası Antakya Rum Protestan kilisesi .....	86
Şekil 10.1. Acil durum hizmetleri ve cankayı/yaralı sayıları değişimi 6-14.02.2023 Kaynak: AFAD ve SAKOM (Sağlık Afet ve Koordinasyon Merkezi Birimi) 14.02.2023 13:30 (GMT+3) itibariyle (yazarlar tarafından hazırlanmıştır) .....	91

### **Tablo Listesi**

Tablo 1.1 $M_w=7.7$ Kahramanmaraş-Pazarcık depremi özellikleri .....	14
Tablo 1.2 $M_w=7.6$ Kahramanmaraş-Elbistan depremi özellikleri.....	14
Tablo 5.1 Tespit Edilmiş Hasarlı Bina Dağılımı (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı).....	46





# Bölüm 1 Giriş

Yazarlar

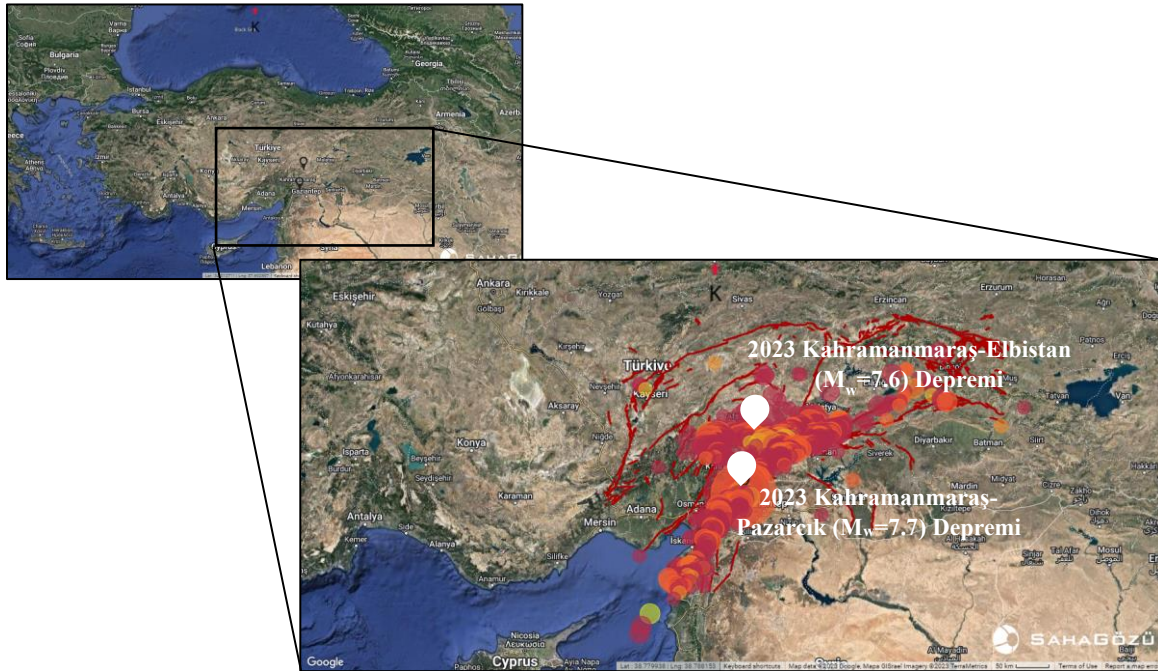
Kemal Önder Çetin<sup>(a)</sup>, Ahmet Yakut<sup>(a)</sup>, Makbule Ilgaç<sup>(b)</sup>, A. Arda Özacar<sup>(a)</sup>, Gizem Can<sup>(c)</sup>,  
Elife Çakır<sup>(a)</sup>

- (a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye
- (b) Kaliforniya Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği, Berkeley, ABD
- (c) Royal Haskoning DHV Resilience& Maritime-BL Maritime & Water, Hollanda

## 1. 1. Giriş

6 Şubat 2023 tarihinde, yerel saat ile 04:17'de (01:17 GMT), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD, [www.afad.gov.tr](http://www.afad.gov.tr)) verilerine göre moment büyüklüğü ( $M_w$ ) 7.7 olan bir deprem meydana gelmiştir. Depremin merkez üssü olan Pazarcık-Kahramanmaraş ( $K37.288^\circ$ ,  $E37.043^\circ$ ), Gaziantep'in yaklaşık 40 km kuzey batısında ve Kahramanmaraş'ın yaklaşık 33 km güney doğusunda yer almaktadır. AFAD tarafından depremin odak derinliği 8.6 km olarak belirlenmiştir.

İlk depremin ardından 9 saat sonra, yerel saat ile 13:24'de (10:24 GMT), Ekinözü-Elbistan-Kahramanmaraş bölgesinde moment büyüklüğü ( $M_w$ ) 7.6 olan ikinci bir deprem meydana gelmiştir. İkinci depremin merkez üssü ( $N38.089^\circ$ ,  $E37.239^\circ$ ), Adıyaman'ın yaklaşık 98 km kuzey batısında ve Kahramanmaraş'ın 62 km kuzey doğusunda yer alıp, odak derinliği 7.0 km olarak belirlenmiştir. (AFAD). Şekil 1.1'de bölgede meydana gelen artçı depremler ve iki ana depremin merkez üsleri gösterilmektedir. Her iki deprem de Türkiye'nin iki büyük aktif fay sisteminden biri olan DAFZ'nda meydana gelmiştir.



Şekil 1.1 Türkiye Haritası. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık ( $M_w=7.7$ ) ve Kahramanmaraş-Elbistan ( $M_w=7.6$ ) depremlerinin merkez üsleri beyaz nokta ile gösterilmiştir.



Meydana gelen bu depremlerin moment büyüklüğü, derinliği ve moment tensör çözümü, farklı ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından rapor edildiği şekliyle Tablo 1.1 ve 1.2'de özetlenmiştir. DAFZ'nun özelliklerine uygun olarak, depremlerin fay mekanizması sol-yanal doğrultu-atımlıdır.

**Tablo 1.1**  $M_w=7.7$  Kahramanmaraş-Pazarcık depremi özellikleri

Kurum	Moment tensör çözümü	Derinlik (km)	$M_w$
AFAD <sup>1</sup>		8.6	7.7
KOERI <sup>2</sup>		10	7.7
USGS <sup>3</sup>		17.9	7.8
EMSC <sup>4</sup>		10	7.7

<sup>1</sup>TC Başbakanlık-Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

<sup>2</sup>Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü

<sup>3</sup>Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmaları

<sup>4</sup>Avrupa Akdeniz Sismoloji Merkezi

**Tablo 1.2**  $M_w=7.6$  Kahramanmaraş-Elbistan depremi özellikleri

Kurum	Moment tensör çözümü	Derinlik (km)	$M_w$
AFAD <sup>1</sup>		7	7.6
KOERI <sup>2</sup>		10	7.6
USGS <sup>3</sup>		10	7.5
EMSC <sup>4</sup>	NAV	10	7.5

<sup>1</sup>TC Başbakanlık-Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

<sup>2</sup>Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü

<sup>3</sup>Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmaları

<sup>4</sup>Avrupa Akdeniz Sismoloji Merkezi

Her iki deprem toplam 15 milyonu aşan nüfusuyla Kahramanmaraş, Adıyaman, Hatay, Osmaniye, Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa, Diyarbakır, Malatya, Adana ve Elazığ illerini etkilemiştir. Depremler önemli artçı sarsıntılara neden olurken 18.02.2023 tarihi itibarıyla toplam can kaybı sayısının 40,000'i aştığı ve 110,000 kişinin yaralandığı açıklanmıştır, ayrıca 100,000'den fazla binanın çöktüğü veya ağır hasar aldığı raporlanmıştır. Bu rakamın hasar tespit çalışmalarının ilerlemesi ile artması beklenmektedir.

18.02.2023 tarihi itibarıyla, merkez üssüne 200 km mesafede yer alan bölgede toplam 7451 artçı sarsıntı kaydedilmiştir. Bu artçı sarsıntıların toplam 433 adeti  $M_w$  5.0'i aşan büyüklüklere sahiptir.



6 Şubat 2023 Pazarcık-Kahramanmaraş ( $M_w=7.7$ ) depremi, sismik enerji salınım bölgesine 436 km mesafe içerisinde yer alan ve AFAD tarafından işletilen toplam 280 kuvvetli yer hareketi istasyonu tarafında kaydedilmiştir. Maksimum yer ivmesi (MYİ) değerlerinin en yükseği Antakya'da yer alan 3126 numaralı istasyonda 1.23 g olarak rapor edilmiştir. İkinci deprem sarsıntısını ise enerji salınım bölgesine 445 km mesafe içinde bulunan ve yine AFAD tarafından işletilen toplam 244 kuvvetli yer hareketi istasyonu kaydetmiştir. Benzer şekilde, maksimum MYİ değerlerinin en yükseği Kahramanmaraş Göksun'da yer alan 4612 numaralı istasyonda 0.65 g olarak kaydedilmiştir. Bu artçı sarsıntılar, aktif fay çizgileri ve bölgeleri ile birlikte Şekil 1.1'de gösterilmiştir. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarıyla ilgili daha ayrıntılı bir sunum Bölüm 3'de mevcuttur.

Depremin hemen ardından keşif ve araştırma çalışmaları kapsamında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi üyeleri bölgeye sevk edilmiştir. Devam eden bu keşif çalışmaları, Türkiye'de en çok etkilenen şehirleri de kapsayacak şekilde yaklaşık 450 km uzunluğunda ve 100 km genişliğinde bir alanı kapsamaktadır. Bu öncü keşif ve araştırma raporunun amacı, olayın doğal ve inşa edilmiş çevre üzerindeki etkilerini paylaşmaktır.

İlk ekip, olayların ertesi günü, 7 Şubat tarihinde, yapısal hasar, fay kırılması, zemin deformasyonları, sıvılaşma belirtileri, zemin ve kayaların olası yenilme veya yenilmeme performansları, şevler, binalar, istinat yapıları, limanlar, yollar, köprüler, havaalanları, yaşam hatları, hidrolik yapılar, ve depremin sosyal etkileri konularında çalışmak ve özellikle de sahada silinebilir verileri toplamak ve belgelemek üzere ivedilikle bölgeye intikal etmiştir. Detaylı sıralamak gerekirse, çalışmalar aşağıdaki konuları belgelemeye odaklanmıştır:

- Bölgenin jeolojisi ve seismo-teknik yapısı ve jeolojik saha gözlemleri,
- Sismolojik yapı ve kuvvetli yer hareketi kayıtlarının işlenmesi,
- Ayrıntılı saha keşif bilgileri,
- Konut yapılarının performansı,
- Havaalanları, demiryolları, otoyollar gibi ulaştırma sistemlerinin performansı,
- Köprülerin ve tünellerin performansı,
- Yapı temellerinin, derin kazıların, dayanma yapılarının performansı,
- Toprak ve kaya yamaçları, zemin sıvılaşması izleri, kaya düşmeleri,
- Barajlar, limanlar, altyapı elemanları,



- Tsunami etkileri,
- Tarihi yapıların performansı,
- Acil durum müdahalesi ve toplumsal etki.

Yukarıda bahsi geçen konularla ilgili ön keşif araştırma bulguları sonraki bölümlerde detaylı olarak sunulacaktır. Raporun sunmuş olduğu değerlendirmeler, bölüm yazarlarının değerlendirme ve görüşleri olup, raporun tüm yazarlarının veya yayınlayan kuruluşun görüşlerini yansıtmayabilir. Bu bulguların daha detaylı bir sunumu, nihai keşif raporu olarak yayınlanacaktır.

ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (DMAM) ekibi olarak, depremlerde hayatını kaybeden ve yaralanan vatandaşlarımız için derin üzüntü duyuyor, ailelerine ve yakınlarına en içten taziyelerimizi iletiyoruz. Milletimizin başı sağolsun.



# Bölüm 2 Bölgesel Tektonizma ve Sismik Kaynak

## Yazarlar

A. Arda Özacar<sup>(a)</sup>, Bora Uzel<sup>(b)</sup>, Erdin Bozkurt<sup>(a)</sup>, Taylan Sançar<sup>(c)</sup>, Eyüp Sopacı<sup>(a)</sup>, Nuretdin Kaymakçı<sup>(a)</sup>, Bora Rojay<sup>(a)</sup>, Zeynep Gülerce<sup>(d,\*)</sup>, Cem Kıncal<sup>(b)</sup>, Laura Gregory<sup>(e)</sup>.

- (a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye
- (b) Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye
- (c) Munzur Üniversitesi, Coğrafya Departmanı, Türkiye
- (d) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, şu anda Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA, Vienna) görev yapmaktadır.
- (e) University of Leeds, School of Earth and Environment, United Kingdom

\*Bu bir IAEA raporu değildir. İfade edilen görüşler Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu'nun görüşlerini temsil etmez ve IAEA bunlarla ilgili hiçbir sorumluluk Kabul etmez.



## 2. 1. Bölgesel Tektonizma

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Karlıova ile Hatay arasında yaklaşık 450 km boyunca uzanan, KD-yönelimli, sol yönlü doğrultu atımlı bir fay sistemidir (Şekil 2.1). DAFZ, Anadolu levhasının kendine göre yaklaşık 10-11 mm/yıl hızla kuzeydoğuya doğru hareket eden Arap levhası ile sınırını oluşturmaktadır (Çetin vd., 2003; Reilinger vd., 2006) ve toplam atımı yaklaşık 15-30 km'dir (Şaroğlu vd., 1992; Westaway, 1994; 2003; Rojay vd. 2001; Moreno vd., 2011). DAFZ son 20-30 yılda sismik olarak nispeten sessiz olduğu için, çoğunlukla göz ardı edilmiştir. Bazı çalışmalar bu sessizliğin gelecekteki sismik aktivitenin bir tezahürü olabileceğini vurgulamış (örn. Duman ve Emre, 2013; Yönlü vd., 2013; Mahmoud vd., 2013; Karabacak ve Altunel, 2013; Bayrak vd., 2015; Gülerce vd., 2017; Yönlü vd., 2017) ve 2020'de meydana gelen  $M_w=6.8$  Elazığ depreminden sonra yapılan çok sayıda çalışmada DAFZ'nin gerçek sismik potansiyeli ciddi şekilde tartışılmıştır (örn. Pousse-Beltran vd., 2020; Ragon vd. al., 2020; Tatar vd., 2020; Akgün ve İnceöz, 2021; Doğru vd., 2021; Güvercin vd., 2022; Kalam vd., 2022; Akbayram vd., 2022).

## 2. 2. Önemli Deprem Tarihçesi

DAFZ boyunca meydana gelen tarihi depremler kısmen eşzamanlı olarak 19. yüzyılda bazı fay bölümlerini benzer büyüklükteki depremlerle kırmıştır (Duman ve Emre, 2013).  $M_w=7.8\pm 0.1$  Pazarcık ve  $M_w=7.7\pm 0.1$  Elbistan depremleri dizisi DAFZ üzerinde meydana gelmiş ve yakın çevredeki Maraş, Gaziantep, Malatya, Adıyaman, Hatay ve Osmaniye illerinde yıkıcı etkilere neden olmuştur. Tarihsel veriler, bu deprem dizisi sırasında kırılan fay bölümlerinin, en az 500 yıldır tektonik gerilme biriktiren sismik boşluklar olduğunu göstermektedir (Ambraseys, 1989; Duman ve Emre, 2013).

## 2. 3. Sismik Kaynak

Bu deprem dizisinin ilk ana şoku ( $M_w=7.8\pm 0.1$ ), 6 Şubat 2023 saat 01:47'de Kahramanmaraş ili Pazarcık ilçesi yakınlarında meydana gelmiştir. Depremin merkez üssü koordinatları, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Merkezi tarafından 37.1123K, 37.1195D olarak belirlenmiştir (Şekil 2.1). Depremin moment tensör çözümü, KD-GB doğrultulu faylar üzerinde, neredeyse tamamen sol-yanal doğrultu-atımlı bir hareketi ortaya koymaktadır. Elde edilen ilk sismik verilere göre, DAFZ'nun güneyinde yer alan Narlı fayı üzerinde başlayan bu deprem, kuzeyde fayın ana kolu üzerine sıçramış, Pazarcık-Erkenek fay bölümlerini KD'ya, Amanos bölümünü ise GB'ya



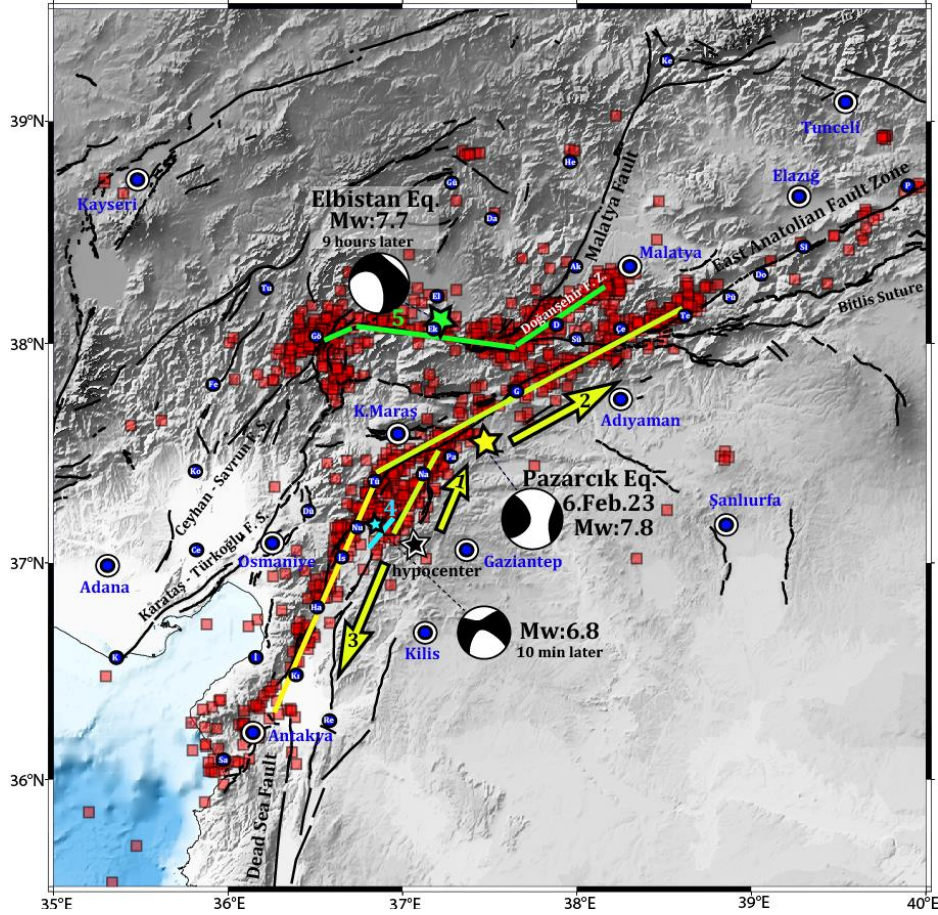
doğru biraz gecikmeli olarak kırılmıştır. Kahramanmaraş-Pazarcık depremi, kırılma bölgesinin iki ucunda yönlülük etkileri ve çoklu fay bölümleri boyunca süresiz zaman evrimini gösteren karmaşık kırılma göstermekte ve bu anlamda çoklu kırılma içeren karmaşık deprem yapısının benzersiz bir örneğidir. Artçı şokların mekânsal dağılımı deprem kırığının güneyde Antakya-Hatay'a kadar ulaştığını ve kuzeyde 2020 yılındaki Doğanyol, Elazığ depremi yakınlarındaki Pütürge fay bölümünde sona erdiğini göstermektedir (Şekil 2.1). Ana şok ile oluşan kırığın toplam uzunluğu 300 km'nin biraz üzerindedir ve yüzeyde 3-7 m mertebesinde, büyük yüzey yer değiştirmeleri gözlenmektedir. Ana şoktan 10 dakika sonra, ana şokun odağının hemen batısında meydana gelen  $M_w=6.8$  büyüklüğündeki artçı şokun Salçagöz fayını kırması olasıdır.

Yaklaşık 9 saat sonra (saat 10:24'de) meydana gelen ikinci deprem,  $M_w=7.7\pm 0.1$  Elbistan depremi, kısa vadeli deprem tetiklemesinin eşsiz bir örneğini sergileyerek Çardak-Sürgü fay bölümü boyunca yüzey kırığı oluşturmuştur. Depremin merkez üssü koordinatları, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Merkezi tarafından Elbistan'ın güneyinde ve Ekinözü yakınlarında, 38.0717K, 37.2063D olarak belirlenmiştir (Şekil 2.1). Birinci depreme benzer şekilde, bu depremin moment tensör çözümü de neredeyse tamamen sol-yanal doğrultu-atımlı bir hareketi işaret etmektedir. Sismik veriler, depremin önce ~D-B uzanımlı Çardak fayını kırdığını ve KD-GB uzanımlı Doğanşehir fay zonu üzerinden doğuda Malatya'ya doğru devam ettiğini göstermektedir. Kırılmanın batı ucundaki artçı şokların güneye doğru kıvrılması farklı yönlerde sahip fayların olası aktivasyonunu işaret etmektedir (Şekil 2.1). Ana şok ile oluşan kırığın toplam uzunluğu yaklaşık 160 km'dir ve sahada 2 - 8 m mertebesinde büyük yüzey yer değiştirmeleri gözlenmektedir.

#### 2. 4. Yüzey Kırığı ve Jeolojik Saha Gözlemleri

Deprem dizisinin hemen ardından, yüzey kırılmaları erişime açık uydu görüntüleri, Harita Genel Müdürlüğü (Türkiye) tarafından sağlanan hava fotoğrafları ve yerbilimciler tarafından yapılan saha çalışmaları ile haritalanmıştır. Pazarcık yakınlarındaki yolda gözlemlenen 2.4 m ve Sürgü bölümünde gözlemlenen 6.7 m'lik sol yanal atımlara ait görüntüler Şekil 2.2'de verilmektedir.





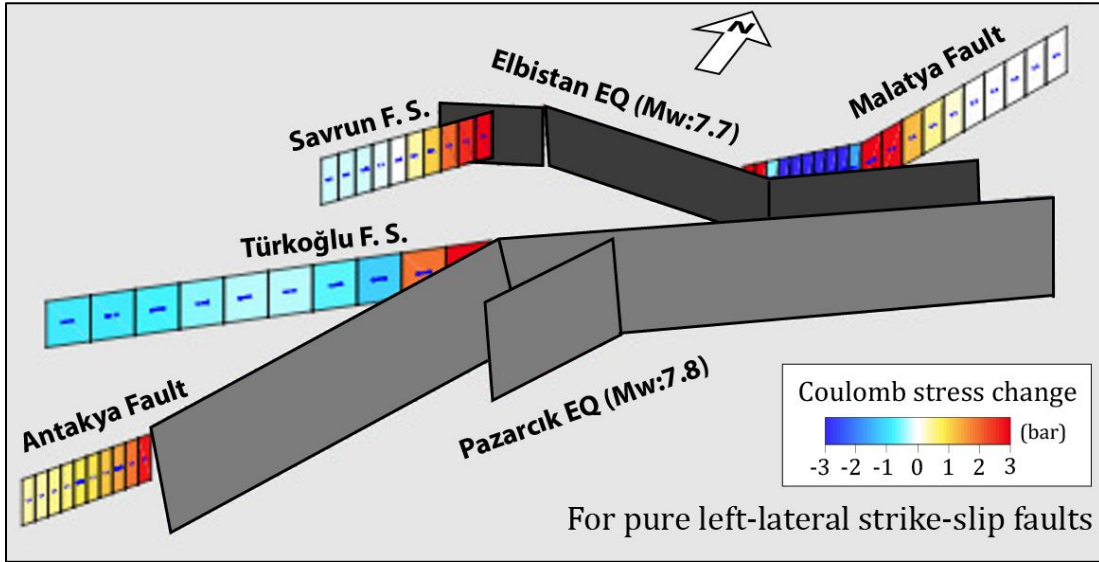
**Şekil 2.1.** Deprem kırık düzlemlerini ve AFAD'dan alınan artçı şokları, ana depremlerin mekanizma çözümleri ile birlikte gösteren sismotektonik harita. Kırıklar oluşum zamanlarına göre numaralandırılmış, Yönlü ve süreksiz kırılma sergileyen Pazarıcık depreminin ( $M_w=7.8\pm 0.1$ ) kırılma yönleri ise oklarla belirtilmiştir.



**Şekil 2.2.** Pazarıcık yakınlarında 2.4 m sol yanal ötelenen yol ve Sürgü-Çardak fay bölümünde 6.7 m sol yanal ötelenen dikenli tellerin sahada çekilen görüntüleri (sırasıyla Erdin Bozkurt ve Taylan Sançar tarafından çekilmiştir).

## 2. 5. Sismik Boşluklar ve Statik Stres Değişimleri

Bu deprem dizisi, mekânsal olarak birbirine yakın ve 10 saatten daha kısa sürede meydana gelen iki büyük depremle, kısa-zamansal sismik kümelenmenin özgün bir örneğini sergilemektedir. Coulomb yenilmesi kullanılarak tahmin edilen statik gerilme değişiklikleri, tarihsel deprem kayıtları ile birlikte deprem üretmeye yakın fay bölümlerini gösterebilir. Bu deprem dizisi sonrasında DAFZ boyunca güneyde Savrun, Ceyhan, Girne, Türkoğlu, Karataş, Orontes fay bölümleri ve kuzeyde Bingöl'ün güneybatısında yer alan Gökdere yükselimi (Gülerce vd. 2017) halen sismik boşluk özelliğindedir. Öncül Coulomb statik stres değişimi hesaplamaları, özellikle tektonik gerilmenin büyük bir depremle boşalmadığı Malatya, Savrun fayı ve Orontes (Antakya) fay bölümlerinde gözle görülür gerilme artışları olduğunu göstermektedir (Şekil 2.3). Ne yazık ki, bu deprem dizisi Türkiye'de son zamanlardaki en büyük sismik trajediye neden olmuştur ve bu depremlerin detaylı analizi, gelecekte Türkiye'de ve dünyada yapılacak gerçekçi sismik tehlike değerlendirmelerinde kritik olacaktır.



**Şekil 2.3.** Deprem dizisinden sonra komşu faylarda meydana gelen Coulomb statik stres değişimi hesaplamaları sol-yanal hareket için USGS tarafından verilen sonlu fay çözümleri kullanılarak yapılmıştır.



## **Kaynakça**

- Akbayram, K., Bayrak, E., Pamuk, E., Özer, Ç., Kıranşan, K., and Varolgüneş, S., 2022. Dynamic sub-surface characteristic and the active faults of the Genç District locating over the Bingöl Seismic Gap of the East Anatolian Fault Zone, Eastern Turkey. *Natural Hazards*, 114(1), 825-847.
- Akgün, E., and İnceöz, M., 2021. Tectonic evolution of the central part of the East Anatolian Fault Zone, Eastern Turkey. *Turkish J Earth Science*, 30, 928-947, doi:10.3906/yer-2104-15.
- Ambraseys, N.N., 1989. Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophysical Journal International*, 96(2), 311–331.
- Bayrak, E., Yılmaz, Ş., Softa, M., Türker, T., and Bayrak, Y., 2015. Earthquake hazard analysis for East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Natural Hazards*, 76, 1063–1077, doi:10.1007/s11069-014-1541-53.
- Çetin, H., Güneşli, H. & Mayer, L. (2003) Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, 374, 163-197.
- Doğru, A., Bulut, F., Yalıtırak, C., and Aktuğ, B., 2021. Slip distribution of the 2020 Elazığ Earthquake ( $M_w$  6.75) and its influence on earthquake hazard in the Eastern Anatolia. *Geophysical Journal International*, 224(1), 389-400.
- Duman, T.Y., Emre, Ö., 2013. The East Anatolian Fault: Geometry, segmentation and jog characteristics. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 372, 495–529. doi:10.1144/SP372.14.
- Gülerce, Z., Shah, S.T., Menekşe, A., Özacar, A.A., Kaymakci, N., and Çetin, K.Ö., 2017. Probabilistic seismic-hazard assessment for east anatolian fault zone using planar fault source models. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 107, 2353–2366, doi:10.1785/0120170009.
- Güvercin, S. E., Karabulut, H., Konca, A. Ö., Doğan, U., and Ergintav, S., 2022. Active seismotectonics of the East Anatolian Fault. *Geophysical Journal International*, 230(1), 50-69.
- Karabacak, V., and Altunel, E., 2013. Evolution of the northern Dead Sea Fault Zone in southern Turkey. *J. Geodynamics*, 65, 282–291. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jog.2012.04.012>.
- Kelam, A.A., Karimzadeh, S., Yousefıbavil, K., Akgün, H., Askan, A., Erberik, M.A., Koçkar, M.K., Pekcan, O., and Ciftci, H., 2022. An evaluation of seismic hazard and potential damage in Gaziantep, Turkey using site specific models for sources, velocity structure and building stock. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 154, 107129.
- Mahmoud, Y., Masson, F., Meghraoui, M., Çakır, Z., Alchalbi, A., Yavasoglu, H., Yönlü, O., et al., 2013. Kinematic study at the junction of the East Anatolian Fault and the dead sea fault from GPS measurements. *Journal of Geodynamics*, 67, 30–39, doi:10.1016/j.jog.2012.05.006.
- Moreno, D.G., Hubert-Ferrari, A., Moernaut, J., Fraser, J.G., Boes, X., Van Daele, M., Avsar, U., Çağatay, N. and De Batist, M. (2011). Structure and recent evolution of the Hazar Basin: a strike-slip basin on the East Anatolian Fault, Eastern Turkey. *Basin Research* 23, 191-207.
- Pousse-Beltran, L., Nissen, E., Bergman, E.A., Cambaz, M.D., Gaudreau, É., Karasözen, E., and Tan, F., 2020. The 2020  $M_w$  6.8 Elazığ (Turkey) Earthquake Reveals Rupture Behavior of the East Anatolian Fault. *Geophys. Res. Lett.* 47, e2020GL088136, doi:10.1029/2020GL088136.



Ragon, T., Simons, M., Bletery, Q., Cavalié, O., and Fielding, E., 2021. A Stochastic View of the 2020 Elazığ  $M_w$  6.8 Earthquake (Turkey). *Geophys. Res. Lett.*, 48, doi:10.1029/2020gl090704.

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R. et al. (2006) GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collisional zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111(B5), B05411.

Rojay, B., Heimann, A., and 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.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. & Kuşçu, İ. (1992) The East Anatolian Fault zone of Turkey. *Ann.Tecton.*, 6,99-125 (Special Issue-Supplement).

Tatar, O., Sözbilir, H., Koçbulut, F., Bozkurt, E., Aksoy, E., Eski, S., Özmen, B., Alan, H., and Metin, Y., 2020. Surface deformations of 24 January 2020 Sivrice (Elazığ)–Doğanyol (Malatya) earthquake ( $M_w= 6.8$ ) along the Pütürge segment of the East Anatolian Fault Zone and its comparison with Turkey's 100-year-surface ruptures. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2, 385-410.

Westaway, R. (1994). Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean. *J. Geophys. Res.*, 99, 12071-12090.

Westaway, R. (2003). Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated. *Turkish J. Earth Sci.*, 12, 5-56.

Yönlü, Ö., Altunel, E., Karabacak, V., and Akyüz, S.H., 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.

Yönlü, O., Altunel, E., and Karabacak, V., 2017. Geological and geomorphological evidence for the southwestern extension of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 469, 1–14, doi:10.1016/j.epsl.2017.03.034.





# Bölüm 3 Kuvvetli Yer Hareketlerinin Ön Analizleri

Bu bölümün uzun versiyonu için [bkz.](#)

## Yazarlar

Zeynep Gülerce<sup>(a), \*</sup>, Ayşegül Askan<sup>(b)</sup>, Özkan Kale<sup>(c)</sup>, Abdullah Sandıkkaya<sup>(d)</sup>, Nihat Sinan Işık<sup>(e)</sup>, Gizem Can<sup>(g)</sup>, Makbule İlgaç<sup>(h)</sup>, A. Arda Ozacar<sup>(b)</sup>, Eyüp Sopacı<sup>(b)</sup>, Kemal Önder Çetin<sup>(b)</sup>

Burak Akbaş<sup>(b), (i)</sup>, Abdullah Altındağ<sup>(b)</sup>, Mehmet Fırat Aydın<sup>(b)</sup>, Baran Guryuva<sup>(d)</sup>, Onur Kanun<sup>(b)</sup>, Kubilay Albayrak<sup>(b)</sup>, Gamze Muratoglu<sup>(b)</sup>, Oguz Salih Okcu<sup>(d)</sup>, Abdullah İcen<sup>(i)</sup>

- (a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ, Ankara), şu an Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nda (IAEA, Viyana)
- (b) Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ, Ankara)
- (c) TED Üniversitesi, Ankara
- (d) Hacettepe Üniversitesi, Ankara
- (e) Gazi Üniversitesi, Ankara
- (f) Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara
- (g) Royal Haskoning DHV Resilience& Maritime-BL Maritime & Water, Hollanda
- (h) Kaliforniya Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği, Berkeley, ABD
- (i) Atılım Üniversitesi, Ankara
- (j) Munzur Üniversitesi, Tunceli

\* Bu bir IAEA raporu değildir ve imzalanan herhangi bir makalede ifade edilen görüşler Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu'nun görüşlerini temsil etmemektedir ve IAEA bunlarla ilgili hiçbir sorumluluk kabul etmemektedir.



### 3. 1. Giriş

6 Şubat 2023  $M_w=7.7$  Kahramanmaraş-Pazarcık ve  $M_w=7.6$  Elbistan depremlerinin ana şokları ve artçı şokları, AFAD tarafından işletilmekte olan Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı'nda bulunan ve geniş bir alanda yer alan istasyonlar tarafından kaydedilmiştir. Kayıtlar ve istasyon bilgileri, AFAD tarafından depremlerden hemen sonra ilgili internet sayfasında sunulmuştur (ilk deprem verileri için <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/15499> ve ikinci deprem verileri için <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/15512>, en son erişim tarihi: 12 Şubat 2023). Raporun yazarları, ham verileri sistemde sunulur sunulmaz indirmişlerdir. Deprem mühendisliği camiasına doğru veriyle elde edilmiş ön analizler sunabilmek adına duyulan sorumluluktan ötürü, AFAD tarafından yapılan güncellemeler yakından takip edilmiş ve bu rapora mümkün olduğunca yansıtılmıştır. Ham verilerin AFAD tarafından da değerlendirildiği ve gerekli güncellemelerin yapılmakta olduğu anlaşılmaktadır.

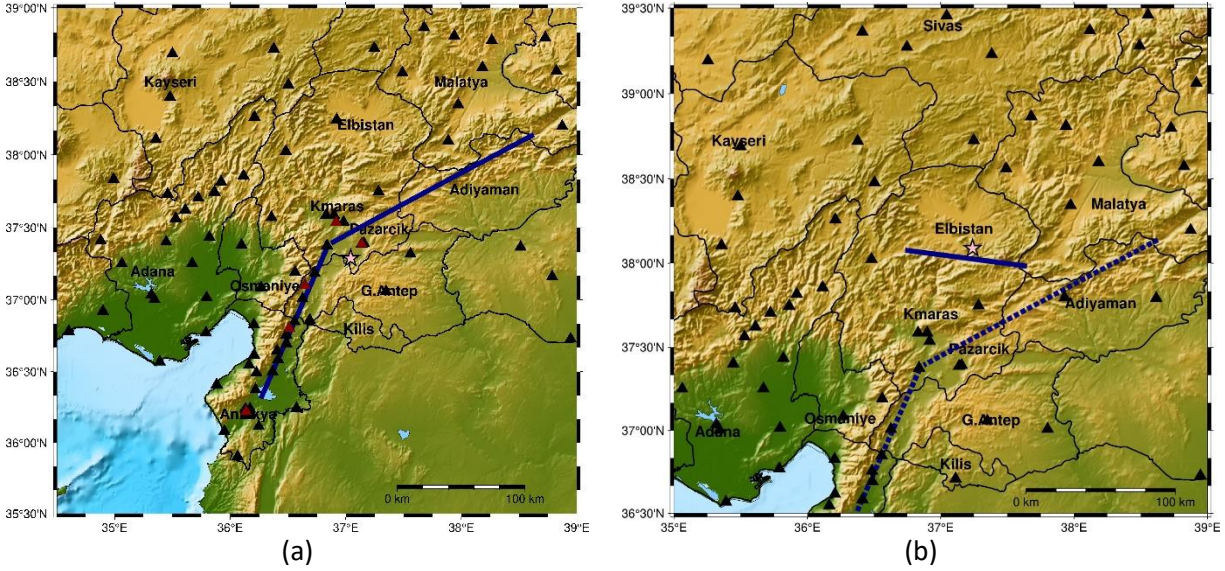
Raporun bu kısmının tüm veri setini içeren uzun ve detaylı versiyonu bu adreste yer almaktadır: [bkz.](#) Bu ön raporda, ilk depremden seçilmiş bazı kuvvetli yer hareketi istasyon verileri ele alınmıştır.

6 Şubat 2023 depremlerinin kuvvetli yer hareketi verileri derlenmiş, veri kalitesi açısından incelenmiş ve Akkar vd. (2014)'te verilen prosedürler kullanılarak işlenmiştir. Sözü edilen kalite kontrollerinden sonra, ilk depremden 245 kayıt, ikinci depremden 244 kayıt bu raporun veritabanına alınmıştır. Şekil 3.1 (a) ve (b) iki depremi kaydeden istasyonların mekansal dağılımlarını göstermektedir. Şekil 3.1 aynı zamanda depremlerin dışmerkezlerini (sarı yıldızlar ile) ve fay düzlemlerinin yüzey projeksiyonlarını göstermektedir (detaylar için lütfen Kısım 3'e bakınız).

### 3. 2. Seçilmiş İstasyonlarda Kaydedilen Kuvvetli Yer Hareketleri

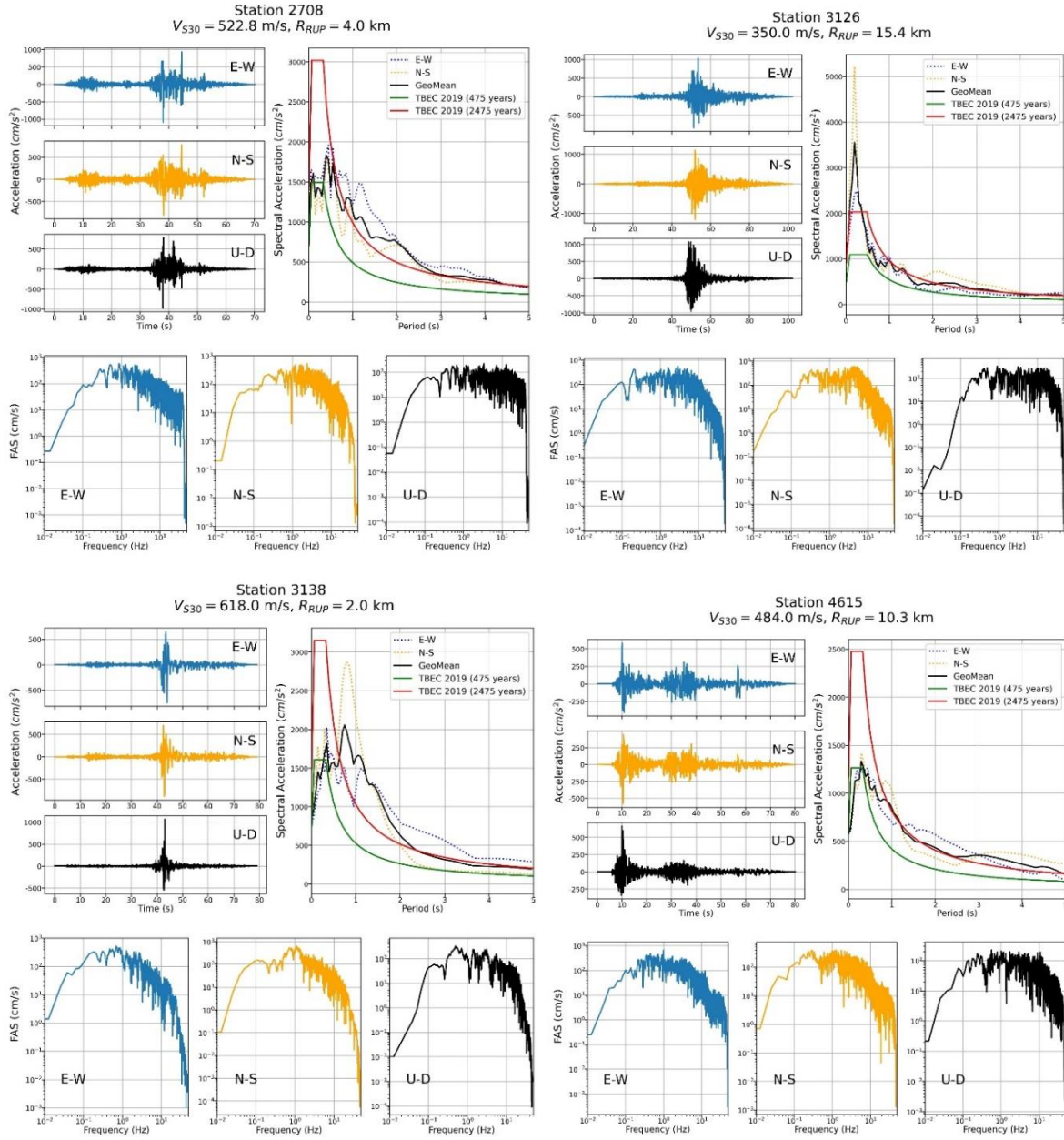
Yırtılma düzlemine olan mesafeleri 100 km ve daha az olan istasyonlara ait maksimum yer hareketi büyüklükleri, etkin süreler, Arias ve Housner şiddet değerleri bu raporun uzun versiyonunda verilmiştir ([bkz.](#)). Şekil 3.2, ilk depremi kaydeden istasyonlardan bazı seçilmiş olanlarına ait ivme kayıtlarını, Fourier genlik spektrumlarını ve tepki spektrumlarını sunmaktadır (seçilen bu istasyonlar Şekil 3.1 (a)'da kırmızı üçgenler ile gösterilmiştir). Bu şekildeki %5 sönüm oranı ile

elde edilen tepki spektrumu, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde 475 ve 2475 tekrarlanma periyotları için tanımlanmış güncel tasarım spektrumları ile karşılaştırılmıştır (TBDY, 2019). Diğer istasyonlara ait benzer karşılaştırmalar için [bkz.](#)



**Şekil 3.1. a)**  $M_w=7.7$  Kahramanmaraş-Pazarcık ve **b)**  $M_w=7.5$  Elbistan depremlerini kaydeden ve yırtılma düzlemine olan mesafesi 200 km ve daha az olan kuvvetli yer hareketi istasyonlarının dağılımı.

2708 kodlu istasyon, Gaziantep Islahiye'de, TBDY (2019)'a göre ZC zemin sınıfında ve yırtılma düzlemine 4 km mesafede yer almaktadır. Bu ivme kaydında çoklu dalga paketleri gözlemlenmiştir. Hem Fourier genlik hem tepki spektrumları, tek tek dalga paketleri için değil, AFAD tarafından her istasyonda sağlanan tüm dalga formu için hesaplanmıştır. Bu istasyonda kaydedilen en büyük yatay maksimum yer ivmesi (MYİ) Doğu-Batı yönünde  $1089 \text{ cm/s}^2$ 'dir. Kaydedilen düşey bileşen MYİ değeri ise  $977 \text{ cm/s}^2$ 'dir. Bu istasyondaki geniş-bantlı tepki spektrumunun nedeni çoklu dalga paketleridir. Yatay tepki spektrumları kısa periyot bölgesinde büyütme göstermektedir. Sıkı zemin koşullarında bulunmasına rağmen Doğu-Batı bileşenine ait tepki spektrumu, yüksek periyotlarda özellikle 1.2 saniye civarında büyütme içermektedir. İki yatay bileşenin geometrik ortalaması, 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen tasarım spektrumunun neredeyse tüm periyotlarda üzerindedir. Aynı geometrik ortalama, 0.7 saniyeden büyük periyot değerleri için 2475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen tasarım spektrumunun da üzerindedir. Bu istasyona yakın noktalarda, sahadaki ilk değerlendirmelere göre ağır hasarlar ve yıkımlar olduğu bilinmektedir.



**Şekil 3.2.** Pazarcık ( $M_w=7.7$ ) depremini kaydeden istasyonlardan bazılarında kaydedilmiş 3-bileşenli ivmeler, bu ivmelere ait Fourier genlik büyüklükleri ve TBDY (2019)'daki tasarım spektrumu ile karşılaştırılan %5 sönümlenmeli tepki spektrumları

3126 kodlu istasyon Hatay Antakya'da, TBDY (2019)'a göre ZD zemin sınıfında ve yırtılma düzlemine 15.4 km mesafede yer almaktadır. Bu istasyonda kaydedilen en büyük maksimum yer ivmesi Kuzey-Güney yönünde olup, MYİ değeri  $1210 \text{ cm/s}^2$ 'dir. Düşey MYİ değeri ise  $1070 \text{ cm/s}^2$ 'dir. Düşey yönde kaydedilen ivmelerin yatay yönde kaydedilen ivmelere genlik ve frekans





içerikleri yönünden çok benzer olduğu gözlemlenmiştir. Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki ivmelere ait tepki spektrumları 0.3 saniye periyot değeri civarında büyütmelere göstermiş olup, her ikisi de 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen tasarım spektrumunun üzerindedir. Geometrik ortalama tepki spektrumu ise 0.4 saniyeden küçük periyot değerleri için 2475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen tasarım spektrumunun üzerinde; 0.4 saniyeden büyük periyot değerleri içinde aynı spektrumun altındadır.

3138 kodlu istasyon, Hatay Hassa'da, TBDY (2019)'a göre ZC zemin sınıfında ve yırtılma düzlemine 2 km mesafede yer almaktadır. Bu istasyondaki ivme kayıtları, potansiyel yönlenme etkileri göstermektedir. Hız değerleri incelendiğinde, bu kayıt içerdiği kısa süre ve yüksek genlikli iki yönlü hız vuruşları (two-sided velocity pulses) ile ileri-yönelim (forward directivity) etkilerine işaret etmektedir. Yatay tepki spektrumlarının geometrik ortalaması geniş-bantlı periyot içeriği taşımakta olup; aynı geometrik ortalama ise 0.4 saniyeden büyük periyot değerleri için 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen tasarım spektrumunun üzerindedir.

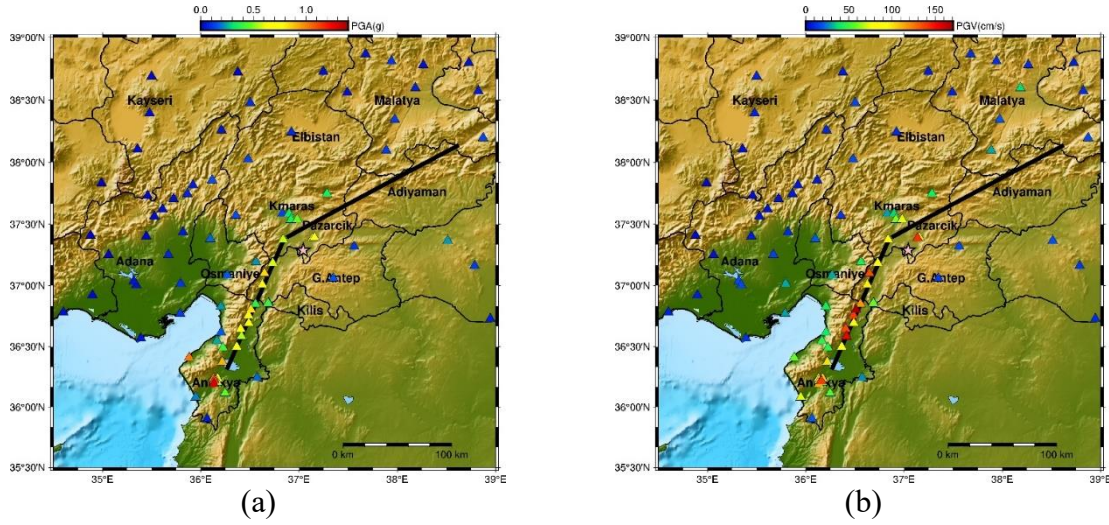
4615 kodlu istasyon, Kahramanmaraş Pazarcık'ta TBDY (2019)'a göre ZC zemin sınıfında ve yırtılma düzlemine 10.3 km mesafede yer almaktadır. Bu kayıt da çoklu dalga paketleri içerdiği için, geniş-bantlı periyot içeriğine sahiptir. En yüksek MYİ değeri düşey yönde kaydedilmiş olup  $664 \text{ cm/s}^2$ 'dir. Yatay tepki spektrumlarının geometrik ortalaması, 0.5 saniyeden büyük periyot değerleri için 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen tasarım spektrumunun üzerinde olup; 1 saniyeden büyük periyotlar için ise 2475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen tasarım spektrumuna çok yakındır.

### 3. 3. 6 Şubat Depremlerinde Kaydedilen Maksimum Yer Hareketi Parametrelerinin

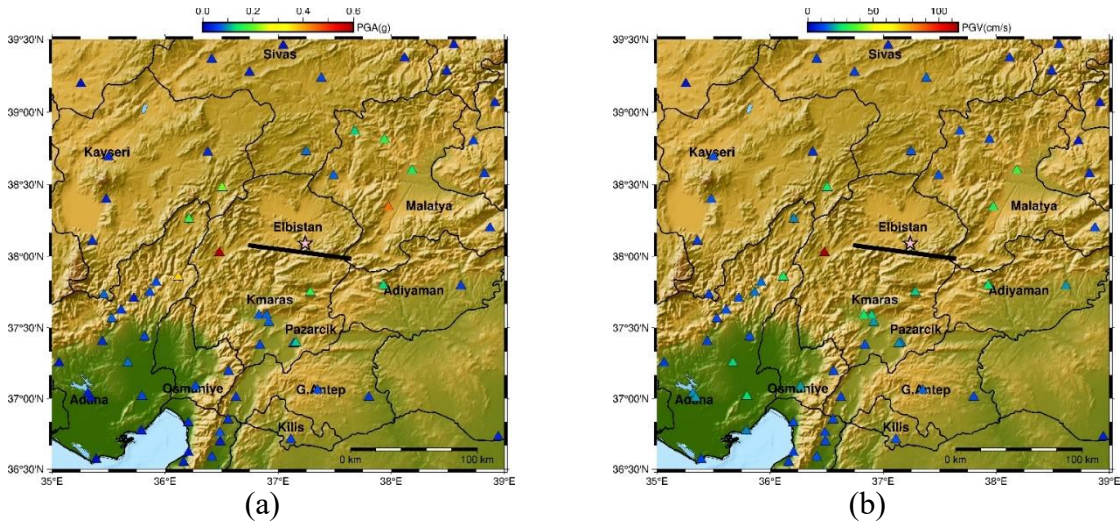
#### Mekansal Dağılımları

Şekil 3.3 ve 3.4 sırasıyla Pazarcık ve Elbistan depremlerinde kaydedilen maksimum yer ivmesi ve maksimum yer hızı değerlerinin istasyon bazlı mekansal dağılımını göstermektedir. Şekil 3.3 incelendiğinde en yüksek maksimum yer ivmesi değerlerinin Hatay Antakya'da kaydedildiği, Kahramanmaraş, Gaziantep, Osmaniye, Kilis ve Hatay illerini de içeren Kuzey-Güney yönünde ise  $500-1000 \text{ cm/s}^2$  arasında değişen yine yüksek maksimum yer ivmesi değerlerinin kaydedildiği görülmüştür. Maksimum yer hızı değerlerinin dağılımının maksimum yer ivmesi dağılımına göre

daha homojen olduğu ve yırtılma istikametindeki tüm istasyonlarda çok yüksek yer hızı değerleri bulunduğu gözlemlenmiştir. İkinci deprem, Elbistan depremi ( $M_w$  7.6), ilk deprem olan Pazarcık Depremi ( $M_w$  7.7) kadar yoğun bir istasyon ağına kaydedilmemiştir. Fayda meydana gelen yırtılmanın ilk depremin kuzey istikametinde olması (Şekil 3.4) bu depremin etkilerinin kuzey yönünde bulunan Kahramanmaraş ili yanı sıra Adıyaman, Malatya ve Kayseri illerinde de daha farkedilir bir şekilde hissedilmesine neden olmuştur. İkinci deprem için, en yüksek yer hareketi şiddeti değerleri genellikle Kahramanmaraş'ta gözlemlenmiştir.



Şekil 3.3. Pazarcık depremi için a) maksimum yer ivmesi b) maksimum yer hızı değerlerinin mekansal dağılımı



Şekil 3.4. Elbistan depremi için a) maksimum yer ivmesi b) maksimum yer hızı değerlerinin mekansal dağılımı



Son olarak, diğer istasyonlardaki verinin detaylı analizleri, hissedilen şiddet dağılımları, kaydedilen verinin yer hareketi modelleriyle karşılaştırılması ve ön zemin büyütme analizleri için [bkz.](#)

### **Kaynakça**

Akkar, S., Sandıkkaya, M.A., Şenyurt, M., Azari Sisi, A., Ay, B.Ö., Treversa, P., Douglas, J., Cotton, F., Luzi, L., Hernandez, B., Godey, S. 2014. “Reference Database for Seismic Ground Motion in Europe (RESORCE)”. Bulletin of Earthquake Engineering, 12:311–339. <https://doi.org/10.1007/s10518-013-9506-8>

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2019. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Ankara, Turkey.

Türkiye İvme Veri Tabanı ve Analiz Sistemi (AFAD TADAS). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye. <https://tadas.afad.gov.tr/map> [Son Erişim 19 Şubat 2023].



# Bölüm 4 Geoteknik Mühendisliği Saha Gözlemleri ve Geo-Yapılarının Performansı

Yazarlar

Kemal Önder Çetin<sup>(a)</sup>, Candan Gökçeoğlu<sup>(b)</sup>, Robb Eric Shedwick Moss<sup>(c)</sup>, Seyhan Fırat<sup>(d)</sup>,  
Makbule İlgaç<sup>(e)</sup>, Gizem Can<sup>(f)</sup>, Elife Çakır<sup>(a)</sup>

Bilal Umut Aydın<sup>(g)</sup>, Arda Şahin<sup>(a)</sup>, Mehmet Türkezer<sup>(a)</sup>, Berkan Söylemez<sup>(a)</sup>, Soner Ocak<sup>(h)</sup>,  
Hayri Güzel<sup>(a)</sup>

(a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

(b) Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

(c) Kaliforniya Politeknik Eyalet Üniversitesi, California Polytechnic State University,  
İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, San Luis Obispo, ABD

(d) Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

(e) Kaliforniya Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Berkeley, ABD

(f) Royal Haskoning DHV Resilience&Maritime-BL Maritime & Water, Hollanda

(g) İstanbul Bilgi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

(h) Tunge Proje Müh. Müş. İnş. Ltd. Şti.

## 4. 1. Giriş

Bu bölümde, bölgede yaşanan depremler sonrası devam eden geoteknik saha çalışmalarının ön bulguları sunulmaktadır. Silinebilir ve/veya bozulabilir saha verilerini toplamak ve belgelemek için çok sayıda keşif ekibi sahaya gönderilmiştir. Bu çalışmalarda öne çıkan ana geoteknik yapılar ve olaylar sırasıyla i) sismik zemin sıvılaşması, ii) temel performansı, iii) derin kazılar, iv) istinat yapıları, v) kaya düşmesi, vi) tünel performansı, vii) şev stabilitesi, viii) zemin deformasyonları ve ix) fay atımı kaynaklı boru hattı kırılmaları olarak listelenebilir.

### 4. 1. 1. Sismik Zemin Sıvılaşması Belirtileri

İnceleme yapılan bölgelerde, Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'de sunulduğu üzere, fişkırmaya/kaynama, yanal yayılma ve çökme şeklindeki sismik zemin sıvılaşması kaynaklı yüzey belirtileri gözlemlenmiştir. Bu belirtilerin bir kısmı Şekil 4.1'deki gibi yapıların olmadığı serbest zemin sahası olarak adlandırılan alanlarda gözlemlenmiştir. Serbest sahalara ek olarak, bina temelleri çevresinde de sıvılaşma yüzey belirtileri gözlenmiştir. Şekil 4.3, konut binası temellerinin kenarlarında gözlemlenen kum/silt kaynamalarını göstermektedir. Serbest saha sıvılaşma yüzey izleri Hatay-Paşaköy, Hatay-İskenderun, Adıyaman-Gölbaşı, Kahramanmaraş-Türkoğlu yörelerinde yoğun olarak görülmüştür. Bu sahalarda zemin fişkırmaya, yanal yayılma ve çökme de eşlik etmiştir. Sismik zemin sıvılaşmasının, konutlar, barajlar, limanlar, dayanma yapıları, şevler gibi bir çok yapının deprem davranışı üzerinde belirleyici olduğu görülmüştür. Bu hususlar nihai değerlendirme raporu bünyesinde daha detaylı tartışılacaktır.



(a)



(b)



(c)





(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

**Şekil 4.1.** Sismik zemin sıvılaşması yüzey izleri: serbest zemin koşullarında görülen fişkırmalar/kaynamalar: **a)** Hatay ( $36.36446^\circ N$ ,  $36.28147^\circ E$ ), **b)** Kumlu / Hatay ( $36.35628^\circ N$ ,  $36.39360^\circ E$ ), **c)** Fatih Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman ( $37.78080^\circ N$ ,  $37.62888^\circ E$ ), **d)** İskenderun / Hatay ( $36.59323^\circ N$ ,  $36.18542^\circ E$ ), **e)** Emiroğlu / Kahramanmaraş ( $37.33689^\circ N$ ,  $37.04538^\circ E$ ), **f)** Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay ( $36.59133^\circ N$ ,  $36.17888^\circ E$ ) **g)** Dört Yol / Hatay ( $36.81878^\circ N$ ,  $37.17770^\circ E$ ) **h)** Emiroğlu / Kahramanmaraş ( $37.33722^\circ N$ ,  $37.04549^\circ E$ ) **i)** Gölbaşı / Adıyaman ( $37.78655^\circ N$ ,  $37.63155^\circ E$ )





(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**Şekil 4.2.** Sismik zemin sıvılaşması yanıl yayılma, aşırı oturma ve çökmeler **a)** Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay ( $36.59281^{\circ}N$ ,  $36.185977^{\circ}E$ ), **b)** Özerli Mahallesi / Dörtyol / Hatay ( $36.81294^{\circ}N$ ,  $36.18123^{\circ}E$ ), **c)** Fatih Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman ( $37.78023^{\circ}N$ ,  $37.62858^{\circ}E$ ), **d)** İskenderun Limanlar Bölgesi / Hatay ( $36.59991^{\circ}N$ ,  $36.19274^{\circ}E$ ), **e)** İskenderun Limanlar Bölgesi / Hatay ( $36.59991^{\circ}N$ ,  $36.19274^{\circ}E$ ), **f)** İskenderun Limanlar Bölgesi / Hatay ( $36.59991^{\circ}N$ ,  $36.19274^{\circ}E$ ).



(a)



(b)



(c)



(d)

**Şekil 4.3.** Sismik zemin sıvılaşması kaynaklı aşırı temel oturmaları ve dönmeleri **a)** Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay ( $36.5911^{\circ}N$ ,  $36.1790^{\circ}E$ ), **b)** Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay ( $36.5911^{\circ}N$ ,  $36.1790^{\circ}E$ ), **c)** Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay ( $36.5911^{\circ}N$ ,  $36.1790^{\circ}E$ ), **d)** Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay ( $36.5911^{\circ}N$ ,  $36.1790^{\circ}E$ )

#### 4. 1. 2. Konut Tipi Yapıların Temel Performansı

Hatay-İskenderun ve Adıyaman-Gölbaşı bölgelerindeki birçok konut bina temelleri, sismik zemin sıvılaşması nedeniyle aşırı oturmalara ve taşıma gücü yenilmelerine maruz kalmıştır. Bu temel



oturmalarının miktarı birkaç santimetreden 80 cm'ye kadar değişmektedir. Ayrıca, fark oturmaların 30 cm'ye kadar ulaşarak temellerde 5 ila 10 derece dönmelere neden olduğu görülmüştür. Adıyaman-Gölbaşı'ndaki bir konut binasının sınılaşma kaynaklı taşıma gücü kapasitesinin aşılması sonucunda devrilmesinin uç bir örneği Şekil 4.4 (e)'de gösterilmektedir. Bu binanın radye temel kalınlığı 80 cm olarak ölçülmüştür. İlk depremde 15-20 derece mertebesinde yan yatan bu bina, ikinci deprem sonrası ise 35 derece mertebeleri üzerinde dönmeye maruz kalarak arkasındaki yapı üzerine yaslanmıştır.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

**Şekil 4.4.** Temel sistemlerinin deprem performansı **a)** Çay Mahallesi / İskenderun / Hatay ( $36.5911^{\circ}N$ ,  $36.1790^{\circ}E$ ), **b)** Hürriyet Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman ( $37.778^{\circ}N$   $37.628^{\circ}E$ ), **c)** Yavuz Selim Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman ( $37.788^{\circ}N$ ,  $37.642^{\circ}E$ ), **d)** Yavuz Selim Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman ( $37.788^{\circ}N$ ,  $37.642^{\circ}E$ ), **e)** Yavuz Selim Mahallesi / Gölbaşı / Adıyaman ( $37.78827^{\circ}N$   $37.64879^{\circ}E$ )

#### 4. 1. 3. Derin Kazılar

Çalışma güzergâhı üzerindeki derin kazı sistemlerinin davranışı da incelenmiştir. Şekil 4.5 (a) ve (b)'de konsol betonarme kazık elemanları ile desteklenen Osmaniye-Bahçe alt geçidi gösterilmektedir. Derin kazı destek sisteminde önemli bir deformasyon gözlenmemiştir. Bu sahanın hemen yanında da Bahçe-Nurdağ tünel portal yapısı bulunmaktadır. Şekil 4.5 (c) ve (d), betonarme kazıklar ve dikme elemanları ile desteklenen portal yapısı gösterilmektedir.



(a)



(b)



(c)



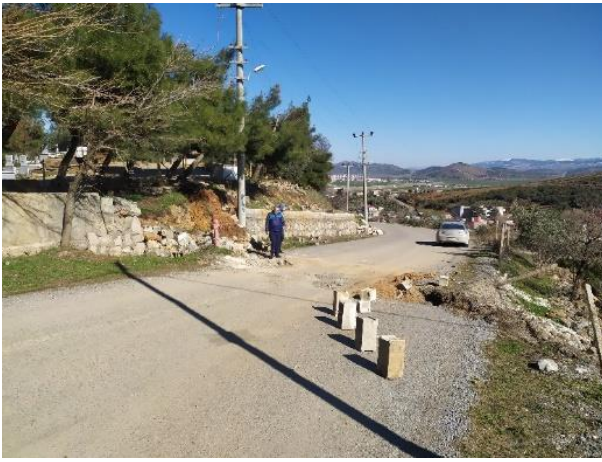
(d)

Şekil 4.5. Derin kazı örnekleri a) Bahçe / Osmaniye ( $37.18845^\circ N$ ,  $36.56326^\circ E$ ), b) Bahçe / Osmaniye ( $37.18939^\circ N$ ,  $36.56402^\circ E$ ), c) Bahçe / Osmaniye ( $36.17313^\circ N$ ,  $36.59912^\circ E$ ), d) Bahçe / Osmaniye ( $36.17313^\circ N$ ,  $36.59912^\circ E$ )



#### 4. 1. 4. İstinat Yapıları

Saha çalışmaları sırasında sınırlı sayıda deforme olmuş, kısmen çökmüş ve yıkılmış betonarme ve taş duvarlar da gözlenmiştir. Şekil 4.6 (a) ve (b)'de gösterildiği gibi karayolu yarmalarını ve dolgularını destekleyen bazı taş duvarlar hasar görmüş ya da tamamen çökmüştür. Bununla birlikte, köprüler için yaklaşma dolgusu olarak yaygın olarak kullanılan mekanik olarak stabilize edilmiş toprak dolgu duvarlar, Şekil 4.6 (c) ve (d)'de gösterildiği gibi, Fevzipaşa'daki yüksek ( $\sim 1$  g) maksimum yer ivmesi seviyelerine rağmen iyi performans göstermiştir. Sahada sıvılaşma sebebiyle metreler mertebesinde ötelenmeye uğramış dayanma yapılarına da rastlanmıştır.



(a)



(b)



(c)

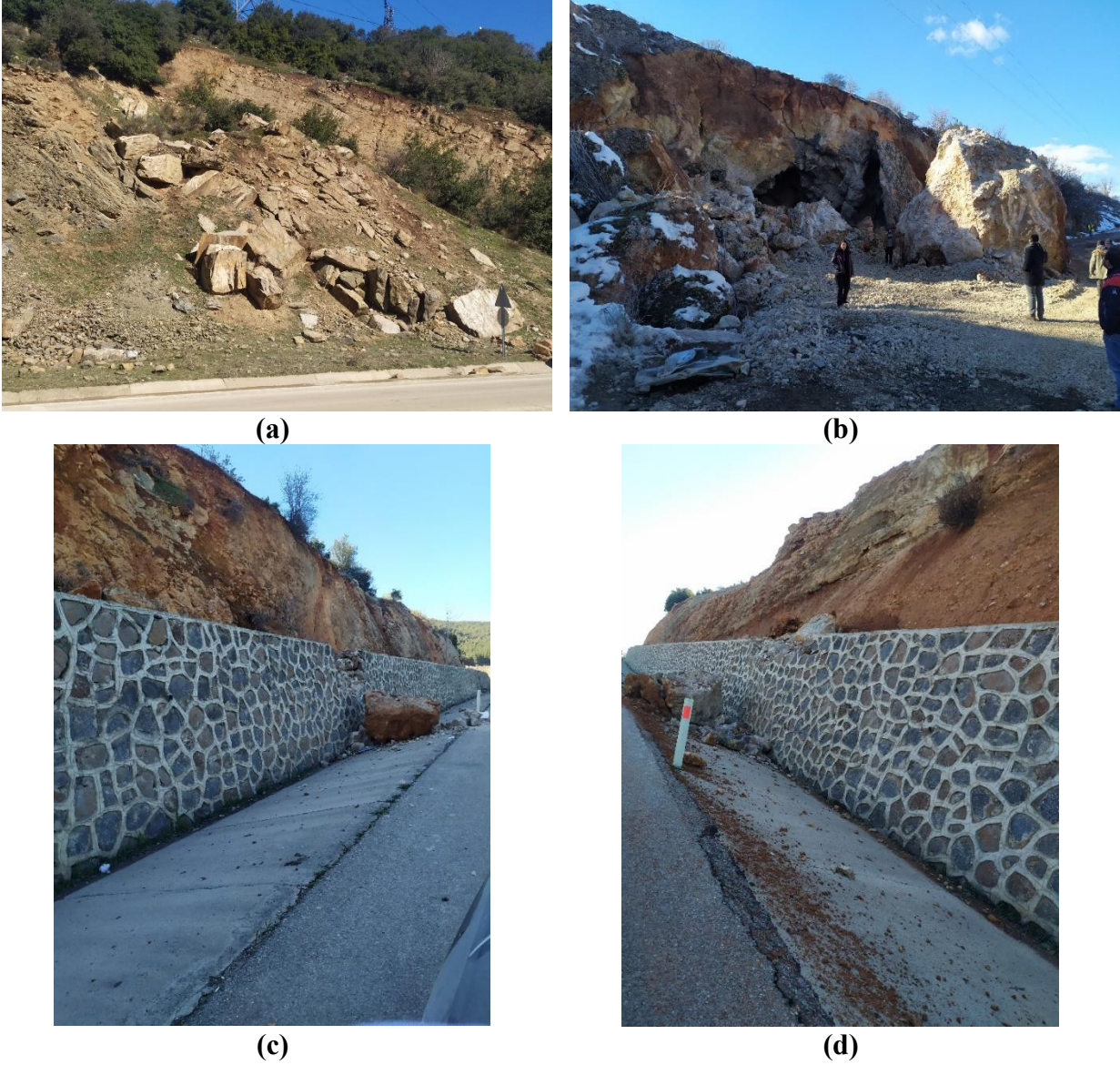


(d)

**Şekil 4.6.** İstinat yapıları örnekleri **a)** Gökçedere/ Gaziantep ( $37.16439^\circ N$ ,  $36.70672^\circ E$ ), **b)** Gökçedere/ Gaziantep ( $37.16546^\circ N$ ,  $36.69749^\circ E$ ), **c)** Bahçe/ Osmaniye ( $37.18853^\circ N$ ,  $36.56389^\circ E$ ), **d)** Bahçe/ Osmaniye ( $37.18844^\circ N$ ,  $36.56476^\circ E$ )

#### 4. 1. 5. Kaya Düşmeleri

Otoyol eteklerinde çok sayıda kaya düşmesi gözlenmiş ve bazı örnekleri Şekil 4.7 (a)-(d)'de sunulmuştur.



Şekil 4.7. Kaya düşmeleri örnekleri a) Bahçe / Osmaniye ( $37.17441^\circ N$ ,  $36.65659^\circ E$ ), b) Yolbağı Mahalle / Adıyaman ( $37.81795^\circ N$ ,  $37.63311^\circ E$ ), c) Fevzi Paşa Mahalle / İslahiye /Gaziantep ( $37.09899^\circ N$ ,  $36.65200^\circ E$ ), d) Fevzi Paşa Mahalle / İslahiye /Gaziantep ( $37.09713^\circ N$ ,  $36.65170^\circ E$ )



#### 4. 1. 6. Tüneller

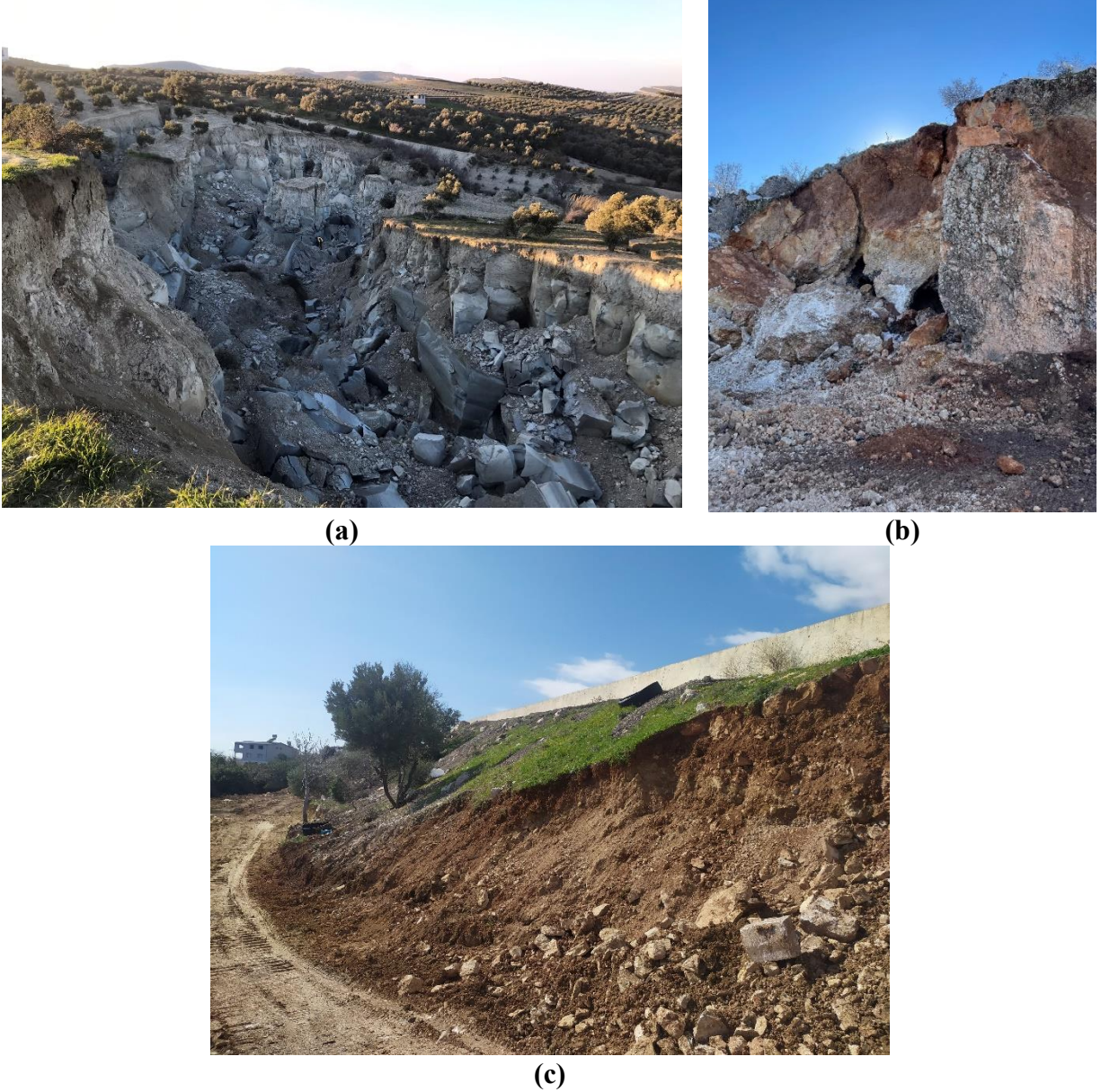
Tünel yapıları genel olarak depremler sırasında ve sonrasında iyi performans göstermiştir. Erkenek tünel kaplamasında görülen küçük hasarlar dışında önemli deformasyonlar haritalanmamıştır. Devam eden Bahçe-Nurdağ demiryolu tüneli şantiyesinden bazı resimler Şekil 4.8'de gösterilmektedir. Tünellerin yapısal ve geoteknik performanslarının yüksek olduğu bildirilmektedir. Tüneller hakkında daha fazla bilgi Bölüm 6'da tartışılacaktır.



**Şekil 4.8.** Yapımı devam eden Bahçe-Nurdağ demiryolu tüneli Nurdağı/ Gaziantep (37.16989°N, 36.70806°E)

#### 4. 1. 7. Toprak kayması/Heyelanlar

Keşif çalışmaları kapsamında boyutları birkaç metreden yüzlerce metreye kadar değişen çok sayıda ve büyüklükte heyelan belgelenmiştir. Bunlardan bazıları Şekil 4.9 (a) ile (c) arasında gösterilmiştir.



**Şekil 4.9.** Şev duraylılığı problemlerinden örnekler **a)** Antakya/ Hatay ( $36.16118^{\circ}N$ ,  $36.22050^{\circ}E$ ), **b)** Yolbağı Mahallesi / Adıyaman ( $37.81806^{\circ}N$ ,  $37.63297^{\circ}E$ ), **c)** Belen / Hatay ( $36.48363^{\circ}N$ ,  $36.27158^{\circ}E$ )

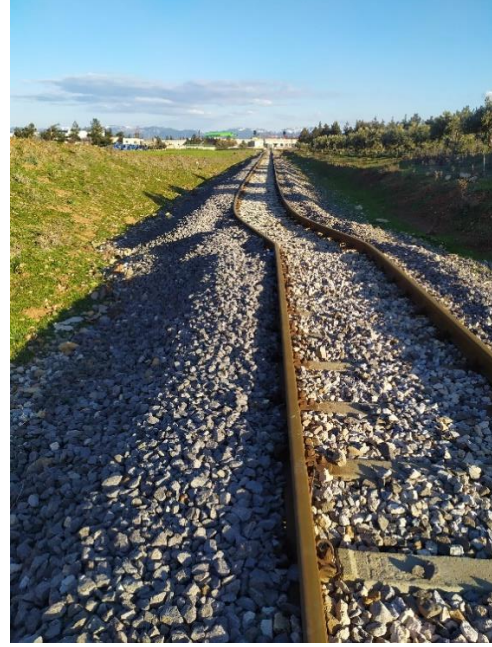


#### 4. 1. 8. Zemin Deformasyonları

Güzergah boyunca, birincil, ikincil veya üçüncül faylanma veya sismik zemin sıvılaşmasından kaynaklanan çeşitli zemin deformasyonları haritalanmıştır. Şekil 4.10 (a) ila (d) bu zemin deformasyonlarını göstermektedir.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Şekil 4.10.** Yüzey kırığı izlerinin örnekleri **a)** Balkar / Adıyaman ( $37.73610^{\circ}N$ ,  $37.56842^{\circ}E$ ), **b)** Erenler Mahallesi / İslahiye / Gaziantep ( $37.03931^{\circ}N$ ,  $36.62868^{\circ}E$ ), **c)** Yavuz Selim Mahallesi / Adıyaman ( $37.79645^{\circ}N$ ,  $37.66021^{\circ}E$ ), **d)** Balkar / Adıyaman ( $37.73492^{\circ}N$ ,  $37.56617^{\circ}$ )

#### 4. 1. 9. Faylanma Kaynaklı Boru Hattı Hasarları

Depremlerden sonra boru hatlarının hasar gördüğü gözlemlenmiş ve hasarlı boru hattı ve kablolardan bazı örnekler Şekil 4.11 (a) ve (b)'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

**Şekil 4.11.** Boru hattı hasarı örnekleri **a)** Erenler Mahalle / İslahiye / Gaziantep ( $36.04621^\circ N$ ,  $36.62936^\circ E$ ), **b)** Çay Mahalle / İskenderun / Hatay ( $36.59038^\circ N$ ,  $36.17893^\circ E$ )

**Teşekkür:** Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) “1002-C Doğal Afetler Odaklı Saha Çalışması Acil Destek Programı” kapsamında saha çalışmasına sağlanan destek için teşekkür ederiz.





## Bölüm 5 Binaların Performansı

### Yazarlar

Barış Binici<sup>(a)</sup>, Ahmet Yakut<sup>(a)</sup>, Erdem Canbay<sup>(a)</sup>, İsmail Ozan Demirel<sup>(a)</sup>, Mevlüt Kahraman<sup>(b)</sup>, Altuğ Erberik<sup>(a)</sup>, İsmail Özgür Yaman<sup>(a)</sup>, Eray Baran<sup>(a)</sup>, Afşin Canbolat<sup>(c)</sup>, Koray Kadaş<sup>(c)</sup>, Orkun Öztaşkın<sup>(c)</sup>, Selin Aktaş<sup>(a)</sup>

(a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

(b) Bilkent Üniversitesi, Yapı İşleri Teknik Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye

(c) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü (DSİM), Ankara, Türkiye



## 5. 1. Binaların Performansı

Kahramanmaraş-Pazarcık/Elbistan Depremleri son yüzyılın en büyük olmasa bile en yıkıcı depremlerindendir. Hasarın tek bir şehirde yoğunlaştığı önceki depremlerin aksine, bina hasarları on bir İle yayılmıştır. 16 Şubat 2023 tarihi itibari ile tespit edilmiş bina hasar dağılımı Tablo 5.1’de verilmektedir. Bu dağılıma göre, Hatay, Kahramanmaraş, Gaziantep, Adıyaman ve Malatya illeri faya yakınlıkları nedeniyle büyük hasar görmüş iken Kilis, Adana, Diyarbakır, Osmaniye, Şanlıurfa ve Elazığ illerindeki yıkılan bina sayısı daha azdır.

Yer hareketinin şiddeti, yapısal sistem, tasarım ve yapım kalitesi bina performansında belirleyici unsurlar olmuştur. Göksun, Kahramanmaraş, Narlı, Hatay, Fevzipaşa ve Malatya’da kaydedilen ivme spektrumları Bölüm 3’te verilmiştir. Görülebileceği üzere; konutlar için geçerli (tekrarlanma periyodu 475 yıl olan maksimum tasarım depremi bazlı) tasarım spektrumları geniş bir periyot aralığı için aşılmakta iken bazı bölgelerde (tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan) Göz Önüne Alınan En Büyük Deprem düzeyinin tasarım spektrumu genellikle uzun periyotlarda aşılmıştır. Bu tespit, Gaziantep (Islahiye ve Nurdağı ilçeleri), Hatay, Kahramanmaraş ve Adıyaman’daki binaların yönetmelikçe belirtilen seviyelerden daha büyük deprem etkilerine maruz kaldığına işaret etmektedir.

Bölgedeki bina hasar dağılımı yapım dönemine göre ikiye ayrılabilir. Türkiye’de 1998 ile 2001 yılları arasında aşağıda belirtilen dört etkenden dolayı belirgin bir değişimin meydana geldiğine inanılmaktadır:

- 2 Eylül 1998 itibariyle yeni bir deprem yönetmeliği yürürlüğe konulmuştur,
- Kocaeli (17 Ağustos 1999) ve Düzce’de (12 Kasım 1999) meydana gelen iki yıkıcı depremin deprem dayanıklılığına dair bilinci uyandırması,
- 12 Ekim 2000 tarihi itibariyle yürürlüğe giren yeni betonarme tasarım yönetmeliğinin hazır betonu ve sünek düşük karbonlu çeliği donatı olarak şart koşması,
- 13 Temmuz 2001 tarihinde yürürlüğe giren ve Gaziantep ve Hatay’ı içeren 19 pilot ilde uygulamaya konulan 4708 Sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanun’un 2010 yılında tüm ülkede uygulanmaya başlanması.



Sahadan elde ettiğimiz verilere göre, gözlemlerimizi 2000 öncesi ve 2000 sonrası inşa edilmiş betonarme binalar olarak iki gruba ayırmaktayız.

**Tablo 5.1** Tespit Edilmiş Hasarlı Bina Dağılımı (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı)

Hasar Seviyesi	Hatay	K.maraş	Adıyaman	Malatya	Gaziantep	Kilis	Adana	Diyarbakır	Osmaniye	Ş.urfa	Elazığ
Hasarsız	29188	25420	21365	7463	89092	2849	1688	18039	22041	19585	9503
Hafif	17212	20556	38823	8960	29471	2208	5314	6725	8034	13507	15532
Orta	2827	1058	2613	945	4361	137	304	713	266	550	138
Ağır/Yıkık Acil yıkılacak	15248	12980	6990	8365	12964	812	59	643	2531	466	664

## 5. 2. 2000 Öncesi İnşa Edilmiş Betonarme Binaların Performansı

2000 öncesi inşa edilmiş çerçeve türü betonarme binalarda ağır hasara ve göçmeye neden olan tipik eksiklikler; düz (nervürsüz) donatı kullanılması, yetersiz donatı detayı ve olası düşük beton dayanımıdır (Şekil 5.1). Zemin kattaki veya subasman seviyesi üzerindeki yumuşak kat mevcudiyeti, birçok binada göçmenin anahtar nedenlerinden biridir. Şekil 5.2’de gösterildiği ve önceki depremlerde (Kocaeli 1999, Van 2011) de gözlemlendiği üzere, kısmi dolgu duvarlı ya da dolgu duvarsız zemin katların iş yeri olarak kullanılması, kolonlarda plastik mafsallaşma oluşmasına bağlı olarak “pancake” tipi çökmenin sorumlusudur. Birçok bina kiriş-kolon birleşim bölgesi hasarına maruz kalmıştır. İlginç diğer bir hasar durumu ise, binanın yatay yükleri temele transfer edemeyerek devrilmesidir (Şekil 5.3).



Şekil 5.1. Antakya ve Kahramanmaraş'ta göçen binalar



Şekil 5.2. Malatya'da göçen binalar



Şekil 5.3. Bina devrilmesi ve yetersiz birleşim bölgesi donatı detayı



### 5. 3. 2000 Sonrası İnşa Edilmiş Betonarme Binaların Performansı

Yönetmeliklere göre tasarlandığı ve inşa edildiği farzedilen bu binalar eski tarihli binalara göre daha iyi performans göstermiştir. Ancak, 2002 sonrası inşa edilmiş 1000'den fazla bina yönetmelikçe belirtilen performans hedeflerini ihlal ederek ya ağır hasar almış ya da tamamen yıkılmıştır. Görünen odur ki, bu önemli gözlem bu binaların tasarım ve inşaat kalitesine dair daha detaylı incelenmelerini gerektirmektedir. Ağır hasar alan bu binalardan bazı örnekler Şekil 5.4'te gösterilmektedir. Bu hasarların olası nedenleri şunlara bağlanabilir:

- i- asmolon döşemelerin diyafram olarak kullanılması,
- ii- yapı tasarım yazılımlarının bilinçsiz bir şekilde kullanılmasına bağlı olarak yatay deprem yüklerinin düşey yük taşıyıcı elemanlara düzgün dağıtılmaması (yetersiz mühendislik tasarımı),
- iii- bina şantiyesinde olası donatı detaylandırma hataları,
- iv- deprem yüklerinin eksik hesaplanması/tahmini,
- v- özellikle Hatay ve Gölbaşı bölgelerinde bina inşaatı öncesinde yerel zemin şartlarının tespitine yönelik yetersiz jeoteknik/geoteknik araştırmalar/incelemeler.

Yeni binalarda gözlemlenen bu gibi ağır hasarlar, yürürlükteki deprem yönetmeliği ile neredeyse uyumlu hedef performans düzeyine dair endişeleri ortaya çıkarmıştır. Şehir yaşamının belirgin bir şekilde sekteye uğraması, ciddi ekonomik kayıplar ve uzun iyileştirme süreleri binalar için tanımlanmış olan performans hedeflerinin yeniden irdelenmesini gerektirebilecektir.

Bölgedeki tünel kalıp binalar, aşağıda belirtilen önemli nedenler sebebiyle bağ kirişlerinde ve dolgu duvarlarındaki bazı hasarlarla birlikte diğer bina türlerine göre çok daha iyi bir performans göstermiştir (Şekil 5.5):

- i- Genellikle kat alanının %2.5'undan fazla perde duvar alanı kullanılması,
- ii- Genellikle sıkı/sert zemin koşullarına sahip yerlerin seçilmesi,
- iii- Orta (4 ila 8) katlı yapıların inşa edilmesi.

Gözlemlenen bu performans, yüksek derecede deprem riski taşıyan bölgelerde inşa edilen binalarda belirgin orandaki perde duvar alanı kullanımına daha fazla güven sağlamıştır.





Şekil 5.4. Adıyaman ve İslahiye’de ağır hasarlı yeni binalar



Şekil 5.5. Tünel kalıp binanın performansı

#### 5. 4. Ön-üretimli Binaların Performansı

Kahramanmaraş ve Gaziantep’teki sanayi bölgeleri birçok 1-2 katlı önüretimli betonarme bina barındırmaktadır. Binaların tipik ana yöndeki açıklığı yaklaşık 20 m olup, diğer yöndeki açıklığı ise 7.5 m’dir. Kat yükseklikleri ise 7 ila 10 m arasında değişmektedir. Binaların taşıyıcı çerçeve kolonları temelde soket bağlantı ile ankastre olup (geniş açıklıklar için) öngerilmeli çatı kirişleri kolon konsollarına genellikle 2 pimle mafsallı olarak bağlanmaktadır. Tipik örnekler Şekil 5.6’da gösterilmiştir. İnşa aşamasında olan iki bina, kirişlerin devrilmesinin bir sonucu olarak göçmüş durumdadır. Hasar oluşumunun, yatay yük talebi altında mafsal bağlantılarda başladığı varsayılmaktadır. İlginç bir şekilde, kolon alt uçlarında mafsallaşma gözlemlenmiştir. Gaziantep’teki önüretimli yapıların çoğu yeterli performans göstermiştir. Hafif hasar gözlemlenen az sayıdaki binada, tipik hasarın kiriş dönmeleri nedeniyle kolon konsollarında meydana gelen beton ezilmesi olduğu görülmüş olup tamiri mümkündür (Şekil 5.7).



Şekil 5.6. Kahramanmaraş'ta önüretimli endüstriyel yapılarda bağlantı hasarlarına genel bakış



Şekil 5.7. Gaziantep'te kısa konsol (guse) hasarları

## 5. 5. Yapısal Olmayan Elemanların Performansı

Bölgede tespit edilen en önemli yapısal olmayan hasar, dolgu duvar hasarlarıdır. Kuvvetli yer hareketi düzeyine bağlı birçok hasar düzeyi gözlemlenmiştir (Şekil 5.8). 0.1g'den küçük zayıf yer hareketlerinde, dolgu duvar-kolon/kiriş arayüzlerinde çatlaklar oluşmuştur. Orta düzeydeki hareketlerde, dolgu duvarlar değişken genişlikte (0.5-2 mm) eğik çatlaklara maruz kalmıştır. Bu hasar altında, bina sakinleri herhangi bir yapısal hasar olmamasına rağmen binalarını terk etmiş durumda olup dairelerine geri dönme konusunda isteksizdirler. Van (2011) gözlemlerimizle benzer şekilde, dolgu duvarların binanın hasar durumunu belirleyen önemli bir bileşen olduğu ve bina sakinlerinin psikolojisini etkilediği görülmüştür. 2018 deprem yönetmeliğinde önerilen dolgu duvar inşa tekniği, yakın tarihli binalarda uygulanmamış gibi gözükmektedir. Tasarım değerlerinden daha yüksek ivmelere maruz kalan bölgelerde, dolgu duvarlar ağır hasar almış, düzlem içi/dışı karma bir şekilde yenilmiştir. Dolgu duvar hasarları, 2000 öncesi ve sonrası yapıların performansında ayırım yapmaksızın gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, gözlemlenen hasarlar delikli tuğla, gazbeton ve bims tuğla ile inşa edilmiş tüm dolgu duvarlar için benzer olup tuğla kargir birimlerinden hiçbiri diğerlerine göre üstün performans sergilememiştir.



Şekil 5.8. Dolgu duvar hasarı örnekleri



## 5. 6. Yığma Binaların Performansı

Yığma yapı, Türk yapı stoku içerisinde oransal olarak ikinci büyük yapı tipini oluşturmaktadır. Kentsel alanlardaki yığma binaların oranı düşük olmasına rağmen, kırsal bölgelerde çok daha yaygındır. Bölgedeki mühendislik hizmeti görmemiş yığma bina stoku, diğer binalarla benzer şekilde her iki deprem altında ya ağır hasar almış ya da tamamen yıkılmıştır (Şekil 5.9). Bununla birlikte, görece kaliteli kargir malzeme ile inşa edilmiş 1-3 katlı yığma binalardan tamamen yıkılanların sayısı 8-10 katlı betonarme binalara göre daha azdır. Bina yüksekliği ile rijitliğinin önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Bunun yanı sıra, tarihi birçok yığma bina maruz kaldığı kuvvetli yer hareketleri nedeniyle ağır hasar almış ya da göçmüştür.



Şekil 5.9. Yığma yapılarıdaki hasarlar

## 5. 7. Güçlendirilmiş Binaların Performansı

Hatay’da, 2008 yılında ODTÜ ekibi tarafından ilave perde duvar ve lifli polimer ile güçlendirilmiş bir bina ziyaret edilmiştir. Güçlendirilmiş binalardan hiçbiri yıkılmamış olup, Şekil 5.10’da gösterilen bazı hasarlar gözlemlenmiştir. Sonraki saha ziyaretleri ile genişletilecek olan bu gözlemler, bina güçlendirmenin yaygın bir şekilde uygulanmasını teşvik etmektedir.





# Bölüm 6 Köprü ve Tünel Durum Değerlendirmesi

Yazarlar

Alp Caner<sup>(a)</sup>, Kemal Önder Çetin<sup>(a)</sup>, Candan Gökçeoğlu<sup>(b)</sup>

(a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

(b) Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

## 6. 1. Köprü ve Tünel Durum Değerlendirme

Ardaşık depremler sırasında demiryolu ve karayolu köprüler üzerinde enkaz durumu veya ölümcül bir sonuç raporlanmamıştır. Bu bölge içerisinde 1000'in üzerinde köprü bulunmaktadır. Sadece 15 köprü etkilenmiş olup bunlardan yarısından fazlası ertesi gün kullanıma açılmıştır. Tünel yapılarında kabuk dökülmesi veya portal yapılarında hareketlilik gözlemlenmiştir. Köprülerin genel sorunlar ise:

- Mesnet ve derz hareketliliği
- Genleşme derzleri hareketliliği
- Kenar ayak yaklaşım dolgu çökmesi
- Üstyapı derz bölgesinde çekiçleme
- Deprem takozu hasarları
- Zemin sıvılaşması
- Kolonlarda beton paspayı kabuk atması ve plastik mafsall başlangıcı



Şekil 6.1. Sıvılaşma ve kenar ayak dönmesi





Şekil 6.2. Derz hareketliliği



Şekil 6.3. Kolon paspayı ve kabuk dökülmesi



Şekil 6.4. Mesnet kayması ve hareketliliği



Şekil 6.5. Ray bozulması



Şekil 6.6. Deprem takozu hasarı



Şekil 6.7. Kenar ayak duvar kabuk dökülmeleri (eski ve yeni hasarlar birarada)





Şekil 6.8. Hasarsız köprülerden örnekler



Şekil 6.9. Tünel portal deformasyonları ve tünel içi kabuk dökülmesi



# Bölüm 7 İskenderun Körfezi Kıyı Yapıları ve Doğu Akdeniz'deki Tsunami Değerlendirmeleri

Yazarlar

Ahmet Cevdet Yalçın<sup>(a)</sup>, Gözde Güney Doğan<sup>(a)</sup>, Işıkhan Güler<sup>(a)</sup>, Bilge Karakütük<sup>(a)</sup>, Furkan Demir<sup>(a)</sup>, Didem Cambaz<sup>(b)</sup>, Vassilios Skanavis<sup>(c)</sup>, Costas Synolakis<sup>(c,d)</sup>

- (a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kıyı ve Deniz Mühendisliği Dalı, Türkiye
- (b) Bogazici Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Türkiye
- (c) Atina Akademisi, Yunanistan
- (d) Güney Kaliforniya Üniversitesi, ABD

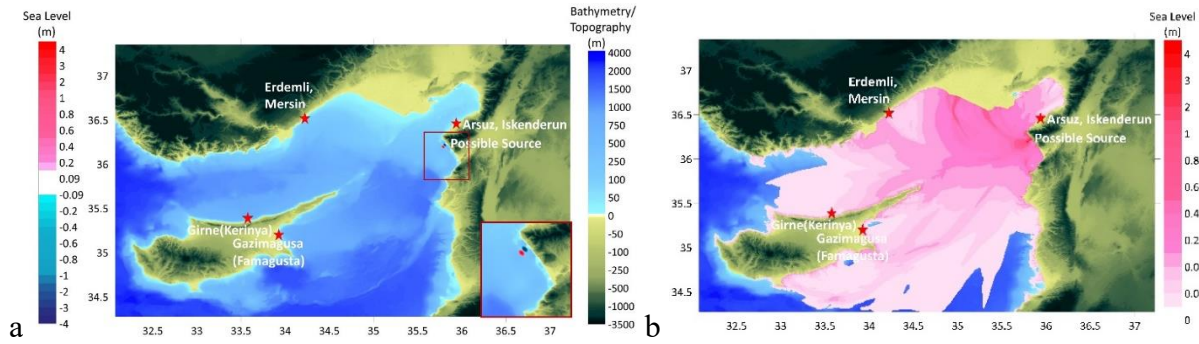


## 7. 1. İskenderun Körfezi Kıyı Yapıları ve Doğu Akdeniz'deki Tsunami Değerlendirmeleri

06 Şubat 2023 tarihinde yerel saatle 04:17'de meydana gelen deprem sonrası, UNESCO Hükümetlerarası Oşinografi Komisyonu, Kuzey Doğu Atlantik, Akdeniz ve Bağlı Denizler Tsunami Uyarı Sistemine (NEAMTWS) Ulusal Tsunami Servis Sağlayıcısı konumunda olan Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından deprem büyüklüğüne bağlı karar matrisi gözetilerek Doğu Akdeniz kıyıları için 15 dakika içerisinde tsunami uyarı mesajı (0.5 m'den büyük tsunami genlikleri öngörülerek) gönderilmiştir. Doğu Akdeniz'de kıyılarda bulunan mareograflardan alınan sinyaller yaklaşık dokuz saat izlenerek toplamda dört tsunami uyarısı ile uyarılar dizini sonlandırılmıştır. Deprem merkez üssü deniz kıyısından ~90 km içeride (karada) olması ve fayın doğrultu atımlı karakteristik göstermesine rağmen, deprem nedeniyle Doğu Akdeniz'de dört mareograf ölçümünde (Arsuz, Erdemli, Gazimagusa ve Girne) küçük genlikli tsunami oluştuğu saptanmıştır. Mareograf ölçümlerindeki su düzeyi değişimleri oluşan dalgaların istasyonlara varış zamanları, genlikleri ve dalga periyotları bakımından analiz edilmiştir. Buna göre İskenderun-Arsuz ölçüm istasyonuna ilk dalganın 25. dakikada, en yüksek dalga tepesinin (pozitif dalga genliği) 33. dakikada ulaştığı, bu istasyonda ~14 cm pozitif genlik, ~10 cm negatif genlik ve yaklaşık 10 dakika periyot özelliklerinde dalga oluştuğu saptanmıştır. Gazimagusa istasyonunda ise ölçülen en yüksek pozitif dalga genliğinin 17 cm (yaklaşık 65. dakikada), Erdemli istasyonunda 14 cm (yaklaşık 48. dakikada) ve Girne istasyonunda ise 10 cm (yaklaşık 48. dakikada) olduğu belirlenmiştir.

06 Şubat 2023 depremi sebebiyle Doğu Akdeniz'de oluşan küçük ölçekli tsunami olayının bilimsel olarak araştırılması ve oluşma mekanizmasının saptanması bölgede ileride oluşabilecek tsunami olaylarına karşı hazırlıklı olmak için önemlidir. Bu olay hem karada merkez üssü olan doğrultu atımlı fay kırılması sonrası oluşan tsunami olması sebebiyle araştırılması gereken hem de bölgedeki erken uyarı sisteminin verimli çalışmasının test edilmesine olanak sağlayan bir olay olmuştur. ODTÜ tarafından geliştirilmiş NAMI DANCE tsunami sayısal modeli kullanılarak, ölçüm istasyonlarında kaydedilen su düzeyi değişimlerine neden olan tsunami kaynağının yeri ve oluşma mekanizması araştırılmıştır. Modellemede kullanılacak batimetri ve topoğrafya verisi için açık kaynak EMODnet (<https://emodnet.ec.europa.eu/en/bathymetry>, ~115 m çözünürlüklü) ve ASTER sayısal yükseklik modeli (<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>, ~30m) veri setleri kullanılarak Doğu Akdeniz'i kapsayan 100 m grid aralığında veri tabanı oluşturulmuştur. Dalganın

ölçüm istasyonlarına varış zamanlarını sağlayan oluşma yeri Samandağ kuzeyinde Kale burnu açıklarını işaret etmektedir. Oluşma biçimi ise iki kutuplu eliptik çökme ve yükselme özelliğinde olabileceği düşünülmektedir (Şekil 7.1a). Bu bölgede sismik aktiviteye bağlı yer değiştirmeler ya da kütle hareketleri nedeniyle dalga oluşması olasıdır. Ancak bu varsayımların doğrulanması için daha ayrıntılı veri ve daha ileri analize ihtiyaç vardır. Samandağ Çevlik'in kuzeyinde olası kaynak yeri olarak Şekil 7.1a'da gösterilen bölgeden yükselme ve çökme biçiminde iki kutuplu dalga kaynağı kullanılarak 120 dakikalık benzetim (simülasyon) gerçekleştirilmiş ve Doğu Akdeniz için hesaplanan en yüksek su düzeyi dağılımı Şekil 7.1b'de gösterilmiştir.

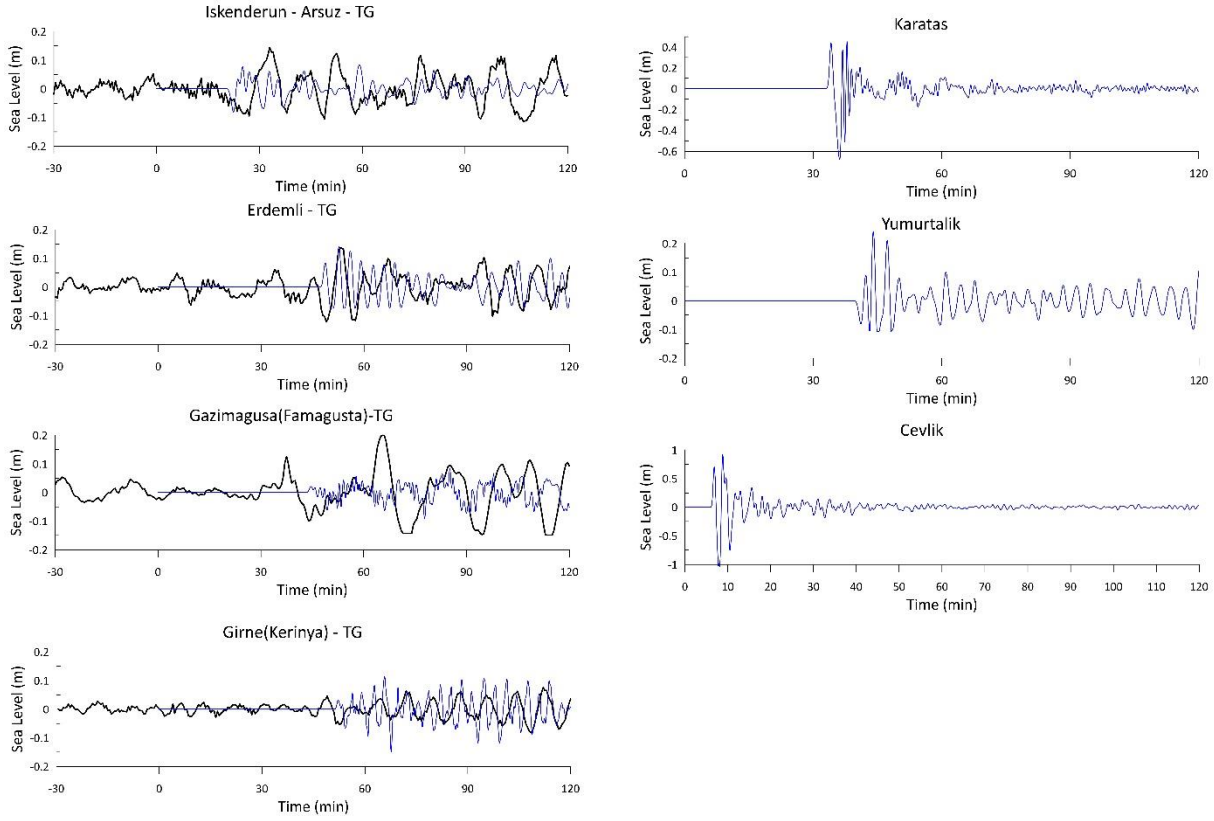


**Şekil 7.1. a)** Tsunami olayının olası kaynağının konumu ve mareograf istasyonları, **b)** Çevlik kuzeyinde varsayılan kaynağa bağlı Doğu Akdeniz için hesaplanan en yüksek su düzeyi dağılımı

06 Şubat 2023 tsunami olayının kaynak alanları ve oluşum mekanizmaları açısından iyi anlaşılması gerekmektedir. 11-13 Şubat 2023 tarihlerinde tsunami izlerini araştırmak, görgü tanıklarıyla görüşmek, olası kaynakların türlerini ve yerlerini belirlemek üzere bilgi toplamak ve kıyı yapılarında meydana gelen hasarları ve yapı performanslarını araştırmak için bir saha araştırması gerçekleştirilmiştir. Saha araştırması, İskenderun Körfezi batısında Karataş'tan doğu ucunda Samandağ-Çevlik'e kadar kıyılarda farklı yerlerde gerçekleştirilmiştir.

Görgü tanıklarından sahada edinilen bilgiler de kullanılarak yapılan benzetimlerin sonuçları mareograf ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Şekil 7.2'de dört farklı mareograf istasyonundaki kayıt (siyah) ve hesaplanan (mavi) su düzeyi zamansal değişimleri karşılaştırılmıştır. Şeklin ilk kolonunda yer alan çizimler istasyon ölçümleri ve modelleme sonuçlarının karşılaştırmasını vermektedir. İkinci kolondaki çizimler ise (mareograf ölçümü olmayan) görgü tanıklarının gözlemlerinin alındığı Karataş, Yumurtalık ve Çevlik balıkçı barınakları yakınlarındaki noktalarda hesaplanan su düzeyi zamansal değişimlerini göstermektedir. İlk dalganın varış zamanları ölçüm

verileri ve gözlemler ile kabaca uyumlu durumdadır. Ancak, dalganın oluşma yer ve kaynak türünün belirlenmesi için daha ayrıntılı modelleme çalışmaları yapılması gerekmektedir.



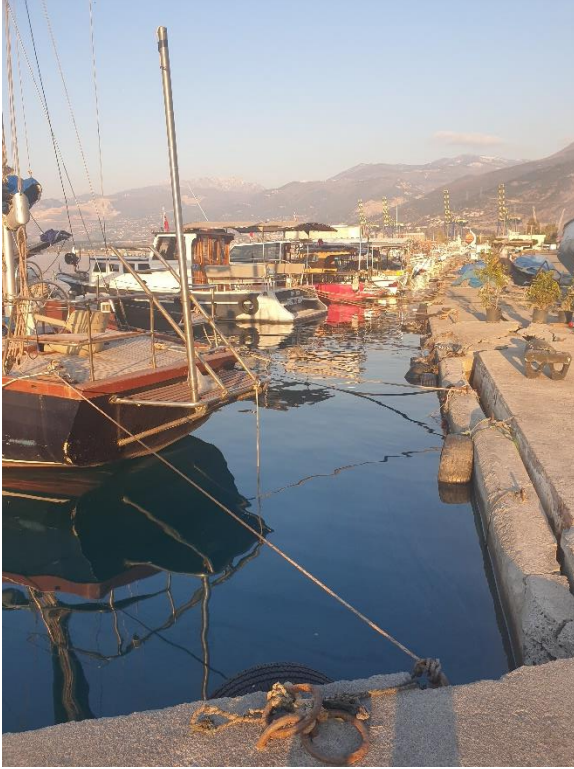
**Şekil 7.2.** Doğu Akdeniz’de mareograf istasyonlarındaki kayıtlar (siyah) ve hesaplanan (mavi) su düzeyi değişimleri (ilk kolon), ve ölçüm olmayan, görgü tanıklarının gözlemlerine başvuru Karataş, Yumurtalık ve Çevlik Balıkçı Barınakları yakınlarındaki noktalarda hesaplanan su düzeyi zamansal değişimleri (ikinci kolon).

Saha araştırmaları sırasında çekilen fotoğraflardan bazıları da Şekil 7.3 ve 7.4’te sunulmuştur. Şekil 7.3, Çevlik Köyü Samandağ Balıkçı Barınağı yakınında depremden sonra sabah saatlerinde gözlenen kıyı su basmalarının izlerini göstermektedir. Şekil 7.4 ise balıkçı barınağının kara (geri) tarafındaki dolgu alanında ve yakın kıyı bölgesindeki kıyı çökmesinin bir sonucu olarak İskenderun balıkçı barınağı kıyı yapısında ve iskelede meydana gelen hasarlardan örnekler göstermektedir.





Şekil 7.3. Samandağ, Çevlik Balıkçı Barınağı güneyinde kıyıda su baskını izleri



Şekil 7.4. İskenderun Balıkçı Barınağındaki yapısal hasarlar, sıvılaşma sebepli yanal yayılma izleri



Depremden sonraki günlerde İskenderun Balıkçı Barınağı kara tarafı ve batısında kalan alanda su birikimi oluşmuş, kamuoyunda olayın nedeninin tsunami olduğu kuşkuları yayılmıştır. Saha araştırması sırasında elde edilen gözlemler ve bulgular, bu olayın nedeninin, balıkçı barınağının arkasındaki kıyı bölgesinin deprem sırasında büyük olasılıkla deprem sarsıntısına bağlı sınıvlaşma veya benzeri nedenlerle çökmesi olduğunu ortaya koymuştur. Dolunay günleri yaşandığından, yüksek genlikli gelgit dalgası ile yükselen deniz suyu yavaş yavaş çöken arka alanı işgal etmiş, deprem öncesi başlayan ve deprem sonrası da devam eden şiddetli yağmurla gelen sular da çöken alanda birikmiştir. Yağmur sularının ve denizden gelen suyun çöken zeminde birikmesi ve rıhtım/sahil kenarının denize geri akmayı önleyen bir eşik gibi davranması nedeniyle sular uzun süre geri gidememiş ve su deşarj kanalları da çökmeden dolayı tıkalı olduğu, hasar gördüğü ya da su seviyesi altında kaldığı için biriken su alanda kalmıştır. Çevrede yer yer görülen kum birikintileri, alanın oturması sırasında zemin altındaki deniz kumunun yüzeye fıskırması nedeniyle ortaya çıkmıştır. Bu kum birikintileri denizden gelmemiş, dolgu yapılmadan önce alandaki zemin altında kalan deniz kumlarıdır.

Rapor, sahadan edinilecek yeni verilerle ve yüksek çözünürlüklü veri tabanı ve diğer olası kaynak alternatifleri düşünülerek yeni saha araştırmaları ve modelleme çalışmaları ile güncellenecektir.

### **Teşekkür:**

Bu çalışma TÜBİTAK 1002 C Hızlı Destek Programı, ODTÜ, Boğaziçi Üniversitesi ve Avrupa Birliği Sivil Savunma İnsani Yardım Kuruluşu DG-ECHO destekli UNESCO-CoastWAVE Projesi kapsamında desteklenmektedir. T.C. Sahil Güvenlik Genel Komutanlık Kademesi ve İskenderun Körfezi Sahil Güvenlik üslerindeki komutanlar saha çalışmalarının verimli ve hızlı gerçekleşmesine büyük katkı sağlamışlardır. Zülfikar İnönü Tümer, Saffet Aslan, Erdinç Altıok, Emin Bilen Tümer, Taylan Sağlamtaş'a değerli katkıları ve çok değerli lojistik destekleri için teşekkür ederiz. Semih Taş, Ömür Küçükör, Mustafa Ünlü de işbirlikleri ve değerli tanık bilgileri sağladıklarından dolayı teşekkür ederiz.



# Bölüm 8 6 Şubat 2023 Depremleri Sonrası Kritik Altyapılarla İlgili Ön İnceleme ve Gözlemler

## Yazarlar

Nejan Huvaj<sup>(a)</sup>, Volkan Kalpakçı<sup>(b)</sup>, Şevki Öztürk<sup>(c)</sup>, Tamer Y. Duman<sup>(d)</sup>, Eray Baran<sup>(a)</sup>,  
Burak Talha Kılıç<sup>(a)</sup>, Ali Serdar Uysal<sup>(d)</sup>, Suat Dalkılıç<sup>(e)</sup>, Emre Dalkılıç<sup>(e)</sup>, Onur Pekcan<sup>(a)</sup>

- (a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye
- (b) GEOCE, Ankara, Türkiye
- (c) Çankaya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye
- (d) Fugro Sial, Ankara, Türkiye
- (e) EMAD Enerji Harita, Ankara, Türkiye



## 8. 1. Giriş

“Yaşam hatları (lifelines)” olarak da ifade edilen kritik altyapılar, toplulukları ayakta tutan kaynakların ve hizmetlerin ihtiyaç olan yerleşim yerlerine ulaşmasını sağlar ve ulaşım koridorları (otoyollar, karayolları, demiryolları, tüneller), su dağıtım boru hatları, elektrik enerjisi iletim sistemleri, gaz ve sıvı yakıt, iletişim ağları gibi genellikle doğrusal, bağlantılı ağlardan oluşur. Ayrıca havaalanları ve limanlar da diğer kritik altyapılar olarak düşünülebilir. Yaşam hatları, binalara veya endüstriyel yapılara kıyasla depremlere karşı dirençlilik açısından farklı, ve belki de daha karmaşık, hassasiyetlere/zayıflıklara sahiptir. Yaşam hatlarındaki kesintiler bölgesel, ulusal, sosyal ve ekonomik etkilere yol açabilir. Yaşam hatları geniş coğrafi alanlar üzerinde inşa edilir ve birbirine bağlıdır, bir diğer deyişle, bir yaşam hattı sisteminin kesintiye uğraması diğerinin performansını etkileyebilir. Örneğin, akaryakıt ve doğal gaz boru hatlarında kullanılan kontrol sistemleri veya su pompa istasyonları, elektrik güç şebekeleri tarafından sağlanan enerjiyi kullanıyor olabilirler. Birden fazla farklı yaşam hattı aynı bölgede toplandığında veya hepsi aynı alandan geçmek durumunda kaldığında, hepsi birlikte deprem gibi tek bir nedenden kaynaklanan kesintilere karşı hassas/savunmasız durumda olabilirler.

Bu bölümde, Türkiye’de 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremlerden sonra bölgedeki yaşam hatlarının (kritik altyapıların) performansına ilişkin ön inceleme ve gözlemler kısaca ele alınmaktadır. Ön saha çalışması 10-12 Şubat 2023 tarihlerinde (13-14 Şubat 2023 tarihlerinde ekibin bazı üyeleri saha araştırmasına devam etmişlerdir) Kahramanmaraş ve Gaziantep’te Nejan Huvaj, Volkan Kalpakçı, Şevki Öztürk, Eray Baran, Tamer Y. Duman, Burak Talha Kılıç, Ali Serdar Uysal, Suat Dalkılıç, ve Emre Dalkılıç’tan oluşan ekip tarafından yapılmıştır. Saha çalışmamıza Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından “1002-C Doğal Afet Odaklı Saha Çalışması Acil Destek Programı” ile sağlanan proje desteği için teşekkür ederiz. Deprem sonrası yapılan bu saha ön inceleme çalışmalarının birincil amacı, depremlerin, demiryolları, karayolları, su ve doğal gaz boru hatları, elektrik iletim hatları gibi kritik altyapılar üzerinde oluşturacağı etkileri gözlemlemek ve üzerinden zaman geçtiğinde bozulabilecek/kaybolabilecek verileri öncelikli olarak toplamak ve kaydetmektir.

## 8. 2. Bölgedeki Kritik Altyapılar Hakkında Kısa Bilgi

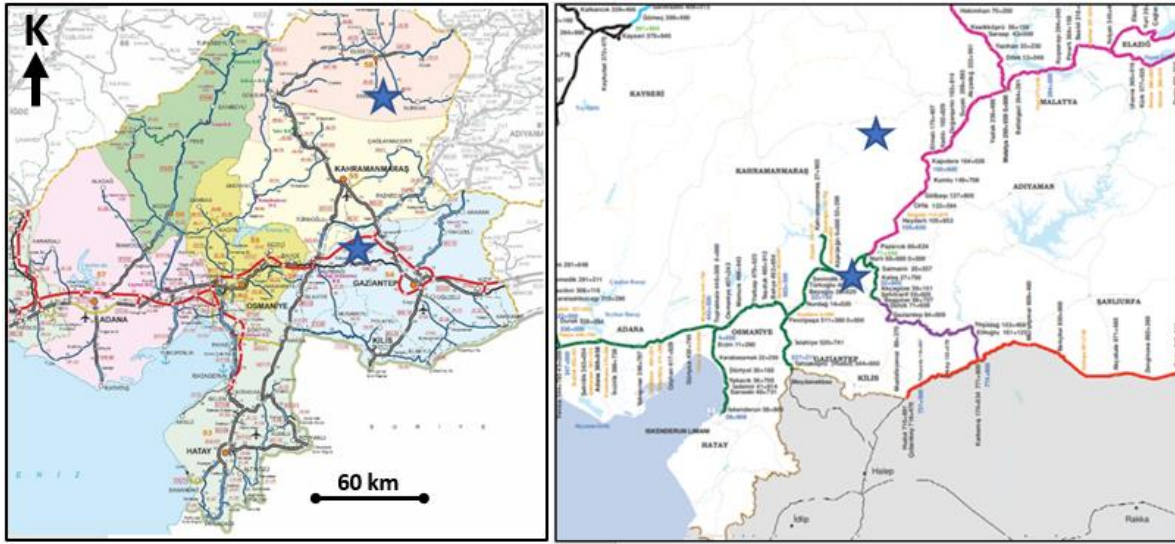
Bölgedeki yaşam hatları, toplam nüfusu 14.013.196 olan on bir ili desteklemektedir, ki bu nüfus 85.279.553 olan Türkiye'nin 2022 nüfusunun %16,4'ünü oluşturmaktadır (veriler Türkiye İstatistik





Kurumu, TÜİK internet sayfasından alınmıştır: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2022-49685>, sayfaya 17.02.2023 tarihinde erişilmiştir). Bölgedeki depremlerden önemli ölçüde etkilenen en büyük şehirlerden (2022 nüfusu bakımından) bazıları şunlardır: Adana 2.274.106 nüfus; Gaziantep 2.154.051; Hatay 1.686.043, Kahramanmaraş 1.177.436; Adıyaman 635.169; Malatya 812.580.

Bölgedeki yaşam hattı ağlarının büyüklüğünü ve dağılımını göstermek için, birkaç kritik altyapı haritası örneği (otoyollar ve demiryolları için) Şekil 8.1’de verilmiştir. Bilindiği üzere Karayolları Genel Müdürlüğü, KGM, ve Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD), ülkemizde karayollarından ve demiryollarından sorumlu birimlerdir. Bu haritalar, bölgedeki yaşam ağlarının her iki depremin merkez üslerine olan yakınlıkları (Şekil 8.1’de depremlerin merkez üslerinin yerleri, yaklaşık olarak ve yıldız sembolleri olarak gösterilmiştir) ve bölgedeki aktif fay hatları ile birlikte düşünüldüğünde, geniş bir coğrafi alana yayılı olan bu yaşam hatları üzerindeki olası etkinin ölçeğini anlamaya yardımcı olabilir.



(a)

(b)

Şekil 8.1. a) Bölgedeki karayolu ağının bazı bölümleri (kaynak: KGM websitesi, <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionImages/KGMimages/Haritalar/b5.jpg>), b) Bölgedeki demiryolu ağının bazı bölümleri (kaynak: TCDD websitesi, <https://static.tcdd.gov.tr/webfiles/userfiles/files/genel/tcddharita.pdf>)





Bölgedeki havalimanları, demiryolları ve karayolları ile gaz ve elektrik iletim hizmetlerinin iki depremin hemen sonrasındaki hasar ve hizmete elverişlilik durumu hakkında bilgi için, AFAD'ın 06.02.2023, saat 15:35'te (ikinci depremden birkaç saat sonra) yayımlanan 6 numaralı Basın Bülteni'ne (<https://www.afad.gov.tr/kahramanmaras-pazarcikta-meydana-gelen-deprem-hk-basin-bulteni6>) bakılabilir. Bu bilgiye göre, depremin yol açtığı hasarlar nedeniyle, 06.02.2023, saat 15:35'te, Kahramanmaraş, Gaziantep, ve Hatay havalimanları hizmete kapalıdır; Kahramanmaraş ili, Osmaniye Bahçe-Düziçi, ve Malatya ilinin bir kısmı dahil 27 mahalleye/merkeze elektrik verilememiştir. Acil onarım çalışmaları yapılarak ve alternatif elektrik kaynakları devreye alınarak, birinci depremden sonraki yirmi dört saat içinde Kahramanmaraş iline elektrik verilmiştir. Zaman geçtikçe, ilgili devlet kurumları ve yerel otoriteler tarafından ek kontroller gerçekleştirilmiş ve yaşam hatlarının durumu hakkında AFAD tarafından güncellemeler verilmiştir. AFAD'ın 07.02.2023, saat 12:10'da yayımlanan 10 numaralı Basın Bülteni'ndeki bilgilere göre (<https://www.afad.gov.tr/kahramanmaras-pazarcikta-meydana-gelen-deprem-hk-basin-bulteni10>) Kahramanmaraş ve Hatay havalimanları depremin yol açtığı hasar nedeniyle kullanılamamaktadır; Gaziantep ve Şanlıurfa havalimanları yardım amaçlı uçuşlara açıktır; Malatya, Adana, Diyarbakır ve Adıyaman havalimanları kullanıma açık durumdadır. Fevzipaşa-Narlı, Narlı-Gaziantep, Narlı-Malatya demiryolu hatları üzerinden yapılan demiryolu hizmeti verilememektedir; Malatya-Çetinkaya, Malatya-Yolçatı demiryolu hatları ise acil kullanıma yönelik olarak hizmete açılmıştır; Ulukışla-Adana, Adana-Mersin, Adana-Toprakkale, Yolçatı-Diyarbakır, Yolçatı-Elazığ, Elazığ-Tatvan demiryolu hatları trafiğe açılmıştır. Yollar açısından duruma bakıldığında ise, yine AFAD'ın 07.02.2023, saat 12:10'da yayımlanan 10 numaralı Basın Bülteni'ndeki bilgilere göre (<https://www.afad.gov.tr/kahramanmaras-pazarcikta-meydana-gelen-deprem-hk-basin-bulteni10>), Adıyaman-Çelikhan yolu, Osmaniye-Gaziantep istikameti, Hatay-Reyhanlı devlet yolu, Hatay Kırıkhan-Topboğaz yolları trafiğe kapatılırken; Adıyaman-Çelikhan-Sürgü Yolu Balık Burnu köprüsü çökmüş olup; Adıyaman Gölbaşı-Malatya Sürgü yolu heyelan nedeniyle kapalı, Şanlıurfa-Gaziantep yolu ise trafiğe açıktır. Kısa bir süre sonra, ilgili tüm devlet kurumları tarafından acil durum onarım ve işletme operasyonları gerçekleştirilmiştir.

BOTAŞ Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi, Türkiye'de devlete ait olan, ve deprem bölgelerinde doğal gaz hizmeti veren, ham petrol ve doğal gaz boru hatları ve ticareti şirkettir. TEİAŞ, Türkiye Elektrik İletim A.Ş., devlete ait bir kamu iktisadi teşekkülü olup Türkiye'de



elektrik iletim sistemi işletmecisidir. Devlet ulusal televizyonu TRT'nin 06.02.2023 tarihinde yayınladığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Sayın Fatih Dönmez'in röportajından yapılan basın alıntılarına göre, depremlerin olduğu gün elektrik ve doğal gaz altyapısında bazı hasarlar ve aksamalar olmuştur (<https://www.trthaber.com/haber/gundem/bakan-donmez-deprem-bolgesinde-enerji-hatlarinda-hasarlar-var-743813.html>, 17.02.2023 tarihinde erişilmiştir), Ancak, acil şekilde, anında onarım çalışmaları ve alternatif çözümlerin kullanılması, altyapı sisteminin hızlı bir şekilde toparlanmasına yardımcı olmuştur. Örneğin, birinci depremin üzerinden 24 saat geçmeden Kahramanmaraş iline elektrik ulaştırılmıştır.

Enerji Bakanı'nın TRT haberindeki demecine göre, depremlerden birinin merkez üssü yakınında bulunan ve Kahramanmaraş, Gaziantep, Hatay illerine hizmet veren Türkoğlu ilçesindeki ana doğal gaz iletim hattında önemli hasarlar görülmüştür. BOTAŞ tarafından yayınlanan Bilgi Notu'na göre, depremlerin hemen ardından doğalgaz uzaktan kesilmiştir. Bölgedeki kritik tesislere, onarım çalışmaları devam ederken, anında CNG ve LNG ikmali yapılmıştır. Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı'nın 11.02.2023 tarihinde yayınlanan basın alıntılarında göre bu doğalgaz iletim hattı 11.02.2023 tarihinde onarılarak tekrar hizmete açılmıştır (<https://www.dunya.com/gundem/bakan-donmez-acikladi-deprem-bolgesindeki-evlere-elektrik-verilecek-mi-haberi-685515>, linke 17.02.2023 tarihinde erişilmiştir). Ancak, bina hasarlarının ciddi seviyelerde olduğu alanlarda, bina güvenlik seviyesi ve gaz iletim sisteminin güvenliği kontrol edilip onaylanmadıkça gaz beslemesi binalara bağlanmamıştır. Tedbir kapsamında, ASME Standardı B31.8'e göre tasarlanan boru hatlarındaki kontroller, fay yaklaşma bölgelerinde veya fay nedeniyle kaçınılmaz geçişlerde kesintisiz olarak devam etmektedir.

### 8. 3. Kritik Altyapılarda Saha Gözlemleri

Bölge özellikle fayların yüzey kırıklarından dolayı (sol yanal atımlı hareket) ve yoğun sismik sarsıntıdan etkilenmiştir ve aşağıdaki gibi tipik hasarlar bölgede sıklıkla gözlenmiştir:

- Asfalt yollarda, otoyollarda, demiryolu hatlarında ve ayrıca kaplamasız yollarda ve tarım arazilerinde yüzey fay kırıklarından kaynaklanan deformasyonlar, ofset, burkulma, yükselme ve çökme
- Kara ve demiryolu ağlarının kullanımını etkileyen deprem-tetikli heyelanlar ve kaya düşmeleri

- Zemin deformasyonunun tetiklediği hasar ve su boru hattı sistemlerinin kısmen fonksiyon görememesi
- İstinat duvarlarında çatlak, eğilme, yanal yer değiştirme ve çeşitli hasarlar
- Havaalanı kaplamalarında ve erişim yollarında fay yüzey kırıkları ve zemin deformasyonlarından kaynaklanan hasarlar
- Elektrik direklerinde, gömülü kritik altyapılarda/boru hatlarında eğilme, burkulma, kırılma vb hasarlar

Bölgede gözlenen hasar örnekleri aşağıdaki şekillerde görülebilir.



**Şekil 8.2.** Yüzey fay kırığı ve yanal atımın alansal görünümü ve bazı kritik altyapılarda depremler kaynaklı gözlenen hasar: tren rayları, yollar, su dağıtım boru hatları. Narlı yakını, Kahramanmaraş (Uydu görüntüleri Harita Genel Komutanlığı tarafından atlas.harita.gov.tr websitesi üzerinden sağlanmıştır)





**Şekil 8.3.** Fotoğrafların çekildiği yerler için Şekil.8.2'ye bakılabilir: fay yüzey kırığı/yanal atım nedeniyle yolda ofset, demiryolu dolgusunda şev stabilitesi problemi, su boru htında onarım işlemleri için açılan hendek, eğilmiş bir elektrik direği. Narlı, Kahramanmaraş yakını (fay verisi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayını olan Emre vd. (2013)'den alınmıştır).



**Şekil 8.4.** Demiryolu raylarında ve yollarda fay yüzey kırığı ve yanal atım kaynaklı ofset, çatlak ve yarılmalar, hasar görmüş bir elektrik direği (Narlı, Kahramanmaraş yakını). (fay verisi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayını olan Emre vd. (2013)'den alınmıştır)





**Şekil 8.5.** Bir su kanalı kenarındaki yolda heyelan, çatlaklar ve hasar, betonarme istinat duvarında kanala doğru yanal ötelenme, eğilmiş bir elektrik direği. Kahramanmaraş'ın güney kesimi. (fay verisi Emre vd. (2013)'den alınmıştır).

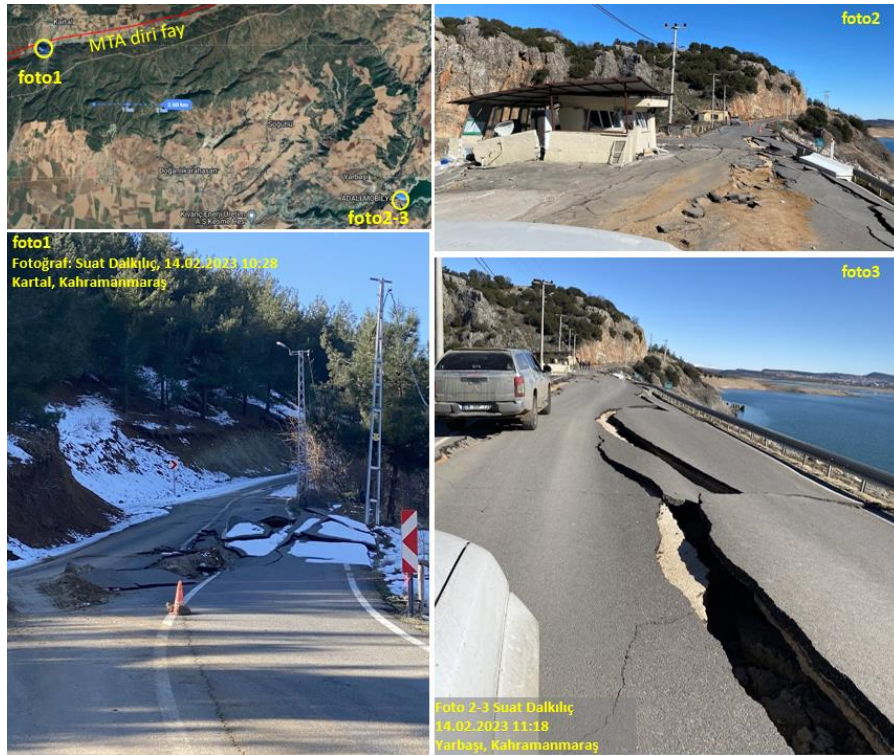


**Şekil 8.6.** Fay yüzey kırığı ve Gaziantep-Kahramanmaraş yolunda 3.6 m ofset, asfalt yolda birkaç noktada çatlaklar, yol dolgusunda şev duraysızlığı, yol dolgusunun üst kısmında ve asfaltta 250-m'den daha uzun çatlak. Kıpıçam yakını, Kahramanmaraş (Uydu görüntüleri Harita Genel Komutanlığı tarafından atlas.harita.gov.tr websitesi üzerinden sağlanmıştır)





Şekil 8.7. Fotoğrafların yerleri Şekil 8.6’da görülebilir: yüzey fay kırığı ve Gaziantep-Kahramanmaraş yolunda 3.6 m ölçülen ofset (fay verisi Emre vd. (2013)’den alınmıştır).



Şekil 8.8. Yolda heyelan ve yarıklar, Kartal ve Yarbaşı yakını, Kahramanmaraş (fay verisi Emre vd. (2013)’den alınmıştır).



**Şekil 8.9.** Yolda yüzey çatlakları, kaya düşmesi, heyelan, istinat duvarında hasar ve devam eden yol onarımları. Fevzipaşa, Gaziantep yakını (fay verisi Emre vd. (2013)'den alınmıştır).

#### Teşekkür:

TÜBİTAK “1002-C Doğal Afetler Odaklı Saha Çalışması Acil Destek Programı)” proje desteği için TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

#### Kaynakça:

- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F., 2013, Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.250.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara-Türkiye. ISBN: 978-605-5310-56-1)
- ASME Standart B31.8 (Gas Transmission and Distribution Piping Systems)



# Bölüm 9 Tarihi Yapıların Ön Yapısal Performans Özeti

Yazarlar  
Ahmet Türer<sup>(a)</sup>

(a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye





## 9. 1. Giriş

Türkiye'de mimari mirasın bir parçası olan tarihi yapıların yapısal değerlendirmesi, i) mimari mirasın korunması açısından ve ii) inşaat mühendisliğinin tarihi (yığma) yapıların deprem performansını anlamak açısından önemlidir. T.C. Vakıflar Genel Müdürlüğü - TC Kültür ve Turizm Bakanlığı katkıları ile 06 Şubat 2023 depremlerinden sonra Malatya ve Elazığ illerinde bulunan tarihi yapılardan bazıları ekipçe yerinde incelenmiştir. Raporunda bu yerlerin (tarihi camiler, minareler ve türbeler) ön performans değerlendirmesinin yanı sıra internet ve uydu fotoğraflarından ulaşılabildiği kadarıyla Gaziantep Kalesi ve Hatay'dan iki kilisenin yapısal durumu hakkında toplanan ilk bilgiler özetlenmektedir.

## 9. 2. Tarihi Yapıların Görsel İncelemesi

Ülkemizin güneydoğu bölgesi, bazıları UNESCO Dünya Mirası Alanları listesinde yer alan evler, köprüler, eski kiliseler, sinagoglar, camiler, türbeler, hamamlar, kaleler vb zengin bir kültürel miras yapı stoğuna sahiptir (Şekil 9.1)<sup>1</sup>. Son depremlerden etkilenen on bir şehir (Şekil 9.2)<sup>2</sup> Kahramanmaraş (520), Gaziantep (906), Malatya (685), Diyarbakır (1113), Kilis (420), Şanlıurfa (1764), Adıyaman (144), Hatay (1099), Osmaniye (161), Adana (874), Elazığ (301)<sup>3</sup> olmak üzere yaklaşık 8 bin tescilli kültür varlığı içermektedir. Arama ve kurtarma çalışmalarına öncelik verilen ve merkez üssüne daha yakın şehirlere ulaşımın daha zor olması ve şartların uygunsuzluğu sebebiyle öncelikle Malatya ve Elazığ illerinde tarihi yapıların değerlendirilmesi için inceleme çalışması yapılmıştır. Malatya'da yaklaşık bir düzine yapı ve Elazığ'da yaklaşık 20 tarihi yapı görsel olarak ön değerlendirme amaçlı olarak yerinde incelenmiştir. Ek birkaç tarihi yapı da uydu görüntüleri kullanılarak internette elde edilen görsel bilgilere ve haberlerde yer alan fotoğraflara dayalı olarak değerlendirilmiştir. Bunlar Gaziantep Kalesi, Antakya Rum Ortodoks Kilisesi ve Antakya Protestan Kilisesi'dir. Hasar tipleri özetlenip ön rapor hazırlanmaktadır.

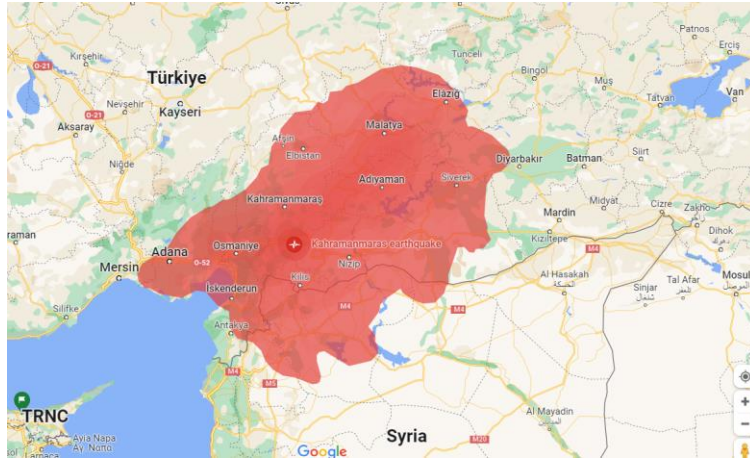
<sup>1</sup> <https://globalheritagefund.org/places/mena/>

<sup>2</sup> [https://www.google.com/maps/@37.4892096,35.1985455,7z/data=!4m2!2m1!1s%2Fg%2F11shww\\_tpt](https://www.google.com/maps/@37.4892096,35.1985455,7z/data=!4m2!2m1!1s%2Fg%2F11shww_tpt)

<sup>3</sup> T.C. Kültür Bakanlığı verisi, Doç. Dr. Nurdan Kuban, Kocaeli Üniv. tarafından derlendi.



Şekil 9.1. Türkiye ve çevresindeki dünya mirası alanları



Şekil 9.2. Malatya-Elazığ dahil olmak üzere Kahramanmaraş depremlerinden etkilenen şehirler.

İlk depremin merkez üssünün Malatya ve Elazığ illerine kuş uçuşu uzaklığı sırasıyla yaklaşık 165 km ve 250 km olup, 9 saat sonra gerçekleşen ikinci depremin merkez üssü daha yakındır; Malatya ve Elazığ'a birincisine göre daha fazla hasar veren ikinci depremin mesafesi sırasıyla yaklaşık 100 km ve 190 km'dir. Her iki şehirde incelenen yapıların yerleri Şekil 9.3'de görülmektedir. Malatya, Elazığ'a göre depremlere yaklaşık yarı mesafe yakın olması sebebiyle tarihi yapılara hasarın Malatya'da daha büyük olacağı tahmin edilmiştir. En yıkıcı hasar, Malatya'nın merkezinde, nispeten büyük boyutlarda olan Yeni Cami'de (yaklaşık 100 yıllık taş yığma yapı) oluşmuş ve cami büyük ölçüde yıkılmıştır. Yeni Cami'nin deprem öncesi ve sonrası resimleri (Şekil 9.4) hasarın derecesini göstermektedir. Yeni cami yakın zamanda restorasyon çalışması geçirmiş olup kısa tarihinde de yıkılıp yeniden yapıldığı bilgisi alınmıştır. Herhangi bir sonuca varmadan önce





kapsamlı bir inceleme yapılması gerekli olup ilk bakışta yeni eklenen payandalardan bazılarının yıkılması, mevcut duvarlara yetersiz ankraj yapılması sebebiyle olduğu izlenimi uyandırmaktadır.

Malatya bölgesindeki diğer tarihi yapılar, tarihi yapıların çoğunu barındıran kentin Eski Malatya bölümünde incelenmiştir. Bu alanda küçük ila orta hasarlı yaklaşık 12 cami ve türbe gözlemlenmiş olup ağır hasar ya da başka yıkılma gözlenmemiştir. Yaygın hasar ve arıza türleri şu şekilde sıralanabilir:

- a) Minare külah bölgesi taşlar derzde çatlamış ve hafifçe hareket etmiş, bazılarında petek bölgesinde kapı üstünde çatlak,
- b) Minare gövdesinde pabuca yakın bölgede yatay bir çatlak oluşmuş ancak yerinde kalmış,
- c) Cami duvarlarının düşey bağlantısında küçük ve boya ile giderilebilecek hafif çatlak oluşumu,
- d) Beşik tonozların üst bölgede alttan bakışta boyunca çatlamış olması, malzeme kapasitesini aşan sıkıştırma açma kuvvetlerinin etki ettiğine işaret etmektedir,
- e) Yeni inşa edilen bazı payandaların duvardan ayrılarak devrildiği görülmüştür. Mevcut duvar ile yeni payanda taşlarının sonradan yapıldığı için iç içe geçmemesi ve sürekliliği sağlamak amaçlı konulan ankraj boyunun ya da bağlantı harcının yetersiz kalması ilk bakışta olası sebepler olarak görünmektedir fakat detaylı araştırma yapılması gerekmektedir.

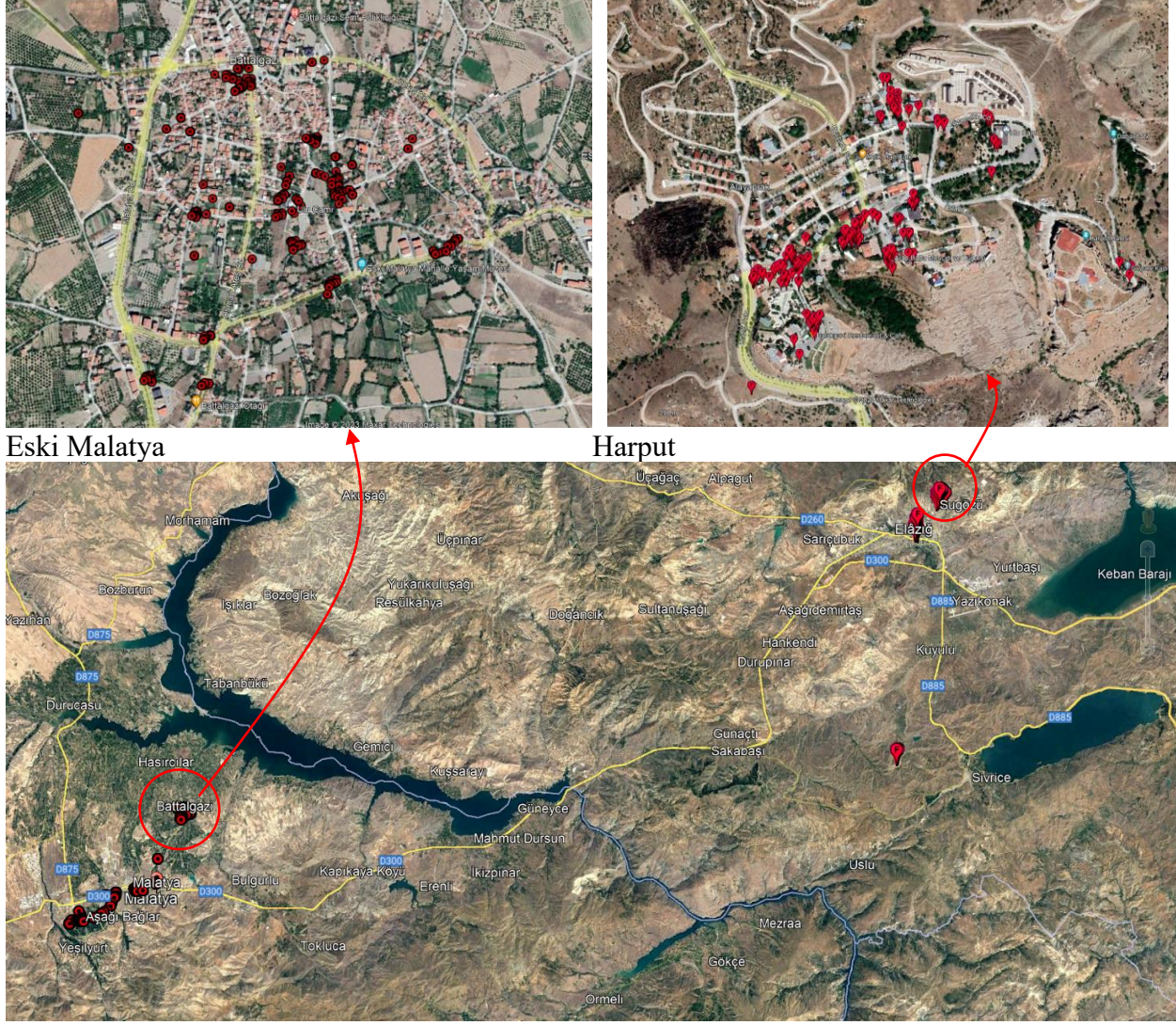
Bahsedilen bu tahribat mekanizmalarına ek olarak, bazı duvarlarda diyagonal çatlaklar olduğu fark edilmiş ve yerinden oynamış taşlarla sıkışma kırılması ve harç seviyesinde çatlamlar gözlenmiştir. Bununla birlikte, yalnızca bir cami tamamen yıkılmıştır (nispeten daha büyük, daha yeni, taş yığma), ancak daha eski ve göreceli olarak daha ufak boyutta tarihi yapıların ayakta kaldığı ve hafif ya da orta hasarlı, genel olarak iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Elazığ bölgesindeki tarihi yapılar, son depremlerden daha az yapısal hasar görmüştür. Tarihi yığma camiler, türbe ve hamam gibi yığma yapılardaki (varsa) küçük çatlaklar, binaların lineer elastik aralıkta kaldığını göstermektedir. Düzgün bir şekilde bakımı yapılırsa ve su hasarları önlenirse, tarihi yapılar önemli bir deprem hasarı olmadan yüzyıllarca ayakta kalabildiklerini kanıtlamışlardır. Depremin yapıya olan mesafesi, yapının duvar kalınlığı ile genel büyüklüğünün oranı, duvarların kendilerine dik duvarlara olan mesafeleri, hatıl kullanılması, malzeme ve işçilik



kalitesi, geçmişte geçirdikleri deprem ve restorasyonlar, zemin koşulları gibi daha birçok belirsiz parametrenin etkili olduğu da söylenmelidir. Bazı küçük camilerde kemer hizasında gergi çubukları eklendiği ve nispeten küçük odaları ve kalın duvarları ile genel olarak daha sağlam duvarlı yığma binaların genel deprem performansına daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Elazığ kentindeki iki betonarme camide, 2020 Elazığ Depreminde küçük çatlaklar oluştuğu, mevcut çatlakların bu depremde de çalıştığı fakat ilerlemediği, büyük bir hasar oluşmadığı görülmüştür. Çatıdan nem alan camilerin köşelerinde de zeminde bazı döküntüler oluştuğu, depremden bağımsız olarak nem kaynaklı döküntülerin zaman zaman oluştuğu temizlik görevlisinden öğrenildi.

Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan ve önemli bir tarihi mirasımız Gaziantep Kalesi'dir. Ne yazık ki ilk depremin merkez üssü Gaziantep'e sadece 32 km, ikinci depremin ise yaklaşık 115 km uzaklıkta olup depremlerde kalenin güney ve güneydoğu kale duvarlarının ve burçların ağır hasar aldığı yönünde görsel ve yazılı bilgiye ulaşılmıştır (Şekil 9.5). Kale duvarlarının deprem merkez üssüne göre konumu incelendiğinde, kuzey ve kuzeybatı yönündeki duvarların içe doğru fakat güney ve güneydoğu yöndeki duvarların dışa yönde yıkılarak şehre doğru yokuş aşağı dağıldığı ulaşılan fotoğraflardan görülmektedir. Kale sur duvarlarından kopan taşların, kale eteklerindeki insanlara, evlere, işyerlerine büyük zarar vermediği umulmaktadır. Kalenin bir tepenin üzerinde yer alması, maksimum yer ivmesi (MYİ) değerini büyüten ve depremlerin zarar verici etkilerini artıran bir etki göstermiş olabileceği değerlendirilmektedir.



Şekil 9.3. Malatya ve Elazığ'da değerlendirilen tarihi yapıların coğrafi konumu.





Şekil 9.4. Yeni Cami, öncesi ve sonrası fotoğrafları ve yıkılan bir payandanın görüntüsü.





Önce

Sonra



Şekil 9.5. Gaziantep Kalesi deprem öncesi ve sonrası.



Tarihi yapılara iki örnek de Hatay bölgesinden seçilmiştir. Antakya Rum Ortodoks Kilisesi ve Antakya Protestan Kilisesi, 150 metrelik mesafe içinde birbirine oldukça yakın konumlanmış iki tarihi yapıdır. Kiliseler ile birinci ve ikinci depremler arasındaki mesafeler sırasıyla yaklaşık 135 km ve 225 km'dir. Deprem öncesi ve sonrası uydu görüntüleri (Şekil 9.6)<sup>4</sup> incelendiğinde, her iki yapıda da büyük hasar olduğu görülmektedir. Antakya Rum Ortodoks Kilisesi'nin deprem sonrası resmi (Şekil 9.7), sadece batı duvarı ve kısmi güney silindirik duvarları ayakta iken çatısının tamamen çöktüğünü göstermektedir. Antakya Rum Protestan Kilisesi'nin çökmüş fotoğrafı da (Şekil 9.8) ileri seviyede büyük hasar göstermektedir. Depremlerin merkez üssü ile Malatya ve Hatay arasında benzer mesafeler olmasına karşın her iki şehirdeki tarihi yapılarında görülen hasarların farklı olduğu; Hatay'daki tarihi yapı hasarlarının daha fazla olduğu görülmektedir. Malatya'daki camilerin çoğu (Yeni Cami hariç) kabul edilebilir performans gösterirken, fotoğraflar üzerinden incelenen her iki kilise de ve sahadan alınan haberlere göre Hatay'da tarihi yapılar daha büyük hasar görmüştür.

Tarihi yapılarda oluşan hasarın düzeyi, merkez üssüne olan uzaklık dışında önceden de dile getirildiği üzere birçok parametreye bağlıdır. Tarihi yapılara verilen hasarı kontrol eden diğer önemli parametrelerden bazıları a) zayıf zemin koşulları, yeraltı su tablası, zemin-yapı etkileşimi, temel tipi ve özellikleri, önceden yapı temelinde göreceli oturma, kolon ve duvarlarda düşeyde bozulma bir yöne eğilme, b) duvar içinde ve duvar dönüşlerinde ahşap lentolar ve kubbe etrafındaki gergi halkaları gibi çekme-kesme elemanlarının varlığı, c) süreksiz (son duvar öncesi) kemer ve tonozlar, d) duvar ile bütünleşik olmayan payandalar, e) kötü ya da zayıflamış malzeme ve işçilik kalitesi, yapının bakım sıklığı ve su hasarı – aşırı nemden korunması, f) birbirine dik duvarların birleşimdeki örgüsü ve serbest (desteksiz) aralıkları, g) yapının geçmişte geçirdikleri savaş, depremler; güçlendirme ve restorasyonların kalitesi; duvarlar bölümler ekleme ve çıkarılması, h) yapının simetrisi, i) minarenin duvar içinde ya da binadan bağımsız olması, j) çan kulelerinin minarelerin fazla narin olması ve çan-şerefe için kırbaçlama etkisi, k) kubbe ve tonozlarda gergilerin bulunup bulunmaması ve gergilerin duvar-kolonlara bağlantı özellikleri, l) kolonların duvarların narinliği, m) duvarlarda, minare ve kubbede pencere ve kapı boşluklarının dağılım ve boyutları, n) duvar kalınlığı ile yükseklik ve düzleme dik yönde desteksiz boyunun oranı, o) kesme taş boyutları, moloz dolgu kalitesi, p) deprem tepki spektrumu ve yapının doğal

<sup>4</sup> Google Earth görüntüleri.





salınım frekanslarının uyumu, q) deprem büyüklüğü, deprem üssüne olan mesafe, fayın hareket tipi, yapının etrafında yansıma yapacak dağların varlığı, r) metal kenet ve zıvana varlığı ve özellikleri (paslanma ve genleşme), s) minarede merdiven bindirme oranları ve bindirme sayısı, t) taş duvarda düşey derzlerin yakın olması (şaşırtmalı olmaması), u) vandalizm define avcılığı yapılması gibi daha birçok parametreye bağlı olduğu da söylenmelidir. Mevcut tarihi yapı performansı ve hasar gözlemleri hızlı ön değerlendirme şeklinde yapılmış olup, detaylı inceleme gerektiren yapıların tekrar çalışılması planlanmaktadır.

### **Teşekkür:**

Yazar, T.C. Vakıflar Genel Müdürlüğü - Türkiye Cumhuriyeti Kültür ve Turizm Bakanlığı'ndan aldığı saha ulaşım konaklama vb destek, bilimsel ve teknik konulara hakimiyeti ve motivasyonu, özverili yaklaşım, etkili takım çalışması için teşekkürü borç bilir.



**Şekil 9.6.** Deprem öncesi ve sonrası Antakya Rum Ortodoks ve Protestan kiliseleri





Şekil 9.7. Deprem sonrası Antakya Rum Ortodoks kilisesi <sup>5</sup>



Şekil 9.8. Deprem sonrası Antakya Rum Protestan kilisesi <sup>6</sup>

<sup>5</sup>[https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/deprem-antakyadaki-tarihi-kiliseleri-yikti,MFWsAij73UqDkzS2avW3\\_A/XTLZYWkAQkKjGWjO0SLVCw](https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/deprem-antakyadaki-tarihi-kiliseleri-yikti,MFWsAij73UqDkzS2avW3_A/XTLZYWkAQkKjGWjO0SLVCw)

<sup>6</sup><https://haberortakoy.com/deprem-antakyadaki-tarihi-kiliseleri-yikti/>



# Bölüm 10 Acil Durum Müdahalesi ve Toplum Etkisi: Bir Özet

## Yazarlar

Meltem Şenol Balaban<sup>(a)</sup>, Ali Fırat Çabalar<sup>(b)</sup>, A. Nuray Karancı<sup>(c)</sup>, Canay Doğulu<sup>(d)</sup>, Gözde İkizer<sup>(e)</sup>, Haldun Akoğlu<sup>(f)</sup>, Müge Akın<sup>(g)</sup>, Nil Akdede<sup>(h)</sup>, Onur Karakayalı<sup>(i)</sup>, Özlem Özdemir<sup>(j)</sup>, Sarper Yılmaz<sup>(k)</sup>, Selin Güzel<sup>(l)</sup>, Serkan Yılmaz<sup>(m)</sup>, Sıdıka Tekeli Yeşil<sup>(n)</sup>, Tolulose Ajobiewe<sup>(o)</sup>, Yeşim Ünal<sup>(p)</sup> (alfabetik sıra ile)

- (a) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara, Türkiye
- (b) Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mh. Geoteknik Anabilim Dalı, Gaziantep, Türkiye
- (c) TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Psikoloji Bölümü, Ankara, Türkiye
- (d) TED Üniversitesi, Psikoloji Bölümü, Ankara, Türkiye
- (e) TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Psikoloji Bölümü Ankara, Türkiye
- (f) Marmara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Acil Tıp Anabilimdalı, İstanbul, Türkiye
- (g) Abdullah Gül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye
- (h) Atılım Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye
- (i) Sakarya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Acil Tıp Anabilimdalı, Sakarya, Türkiye
- (j) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye
- (k) Sağlık Bilimleri Üniversitesi Dr Lutfi Kırdar Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Acil Tıp Anabilimdalı, İstanbul, Türkiye
- (l) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri, Ankara, Türkiye
- (m) Kocaeli Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Acil Tıp Anabilimdalı, Kocaeli, Türkiye
- (n) Fraunarzt Praxis Rheinfelden, Rheinfelden, Switzerland
- (o) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kentsel Politika Planlaması ve Yerel Yönetimler Anabilimdalı, Ankara, Türkiye
- (p) Haliç Üniversitesi, Psikoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye



## 10. 1. Giriş

Keşif raporunun "Acil Durum Müdahalesi ve Toplum Etkisi" temalı bu bölümü, 6 Şubat'taki ilk depremlerden 14 Şubat'a kadar geçen sürenin günlük hatta saatlik toplanan ön verilere göre bölge genelinde değerlendirilmesi ile hazırlanmıştır. Bu rapor yayınlandığında depremden sonraki gün ve saatlerde burada işaret edilen birçok sorunun bölgenin pek çok yerinde çözülmüş olacağını umuyoruz. Raporun bu bölümünün temel amacı, büyük yıkıcı depremlerin ardından geçen 9 günlük süre zarfında devam eden dönemde acil durum müdahalesindeki durumu ile bu durumun toplum üzerinde yarattığı etkileri ortaya koymaktır. Bu bölümün genişletilmiş bir versiyonu ODTÜ-DMAM'ın web sitesine yüklenecektir.

## 10. 2. Acil Durum Müdahalesi

Olası etkilerin ön değerlendirmeleri, etkilenen bölgedeki hasarların 10 şehri kapsadığını ve yaklaşık 14 milyon insanı etkilediğini göstermektedir. Harap olmuş bölgede yaşayan Suriyeli nüfusla birlikte etkilenen toplam nüfus 15,8 milyona ulaşmıştır (TÜİK, 2022. Genişletilmiş raporda Tablo 9.1'e bakınız). Türk makamları tarafından merkez ve il düzeyinde aktif hale getirilen Türkiye Afet Müdahale Planı'na (TAMP) göre, bölgeye arama kurtarma ekipleri konuşlandırılmıştır. Türkiye Cumhuriyeti, 7 Şubat'ta depremden etkilenen 10 il için 3 aylık olağanüstü hal ilan edildiğini duyurmuştur. Ek olarak, ülkede bir Seviye-4 acil durumu ilan edilmiştir ki bu da başlangıçta arama ve kurtarma desteğine odaklanan uluslararası yardım çağrısını gerektirmiştir.

### 10. 2. 1. Eşgüdüm

Karayolları, havalimanı ve limanlar, demiryollarındaki erişilebilirlik sıkıntılarına yol açan büyük hasarlar, Türkiye'nin diğer bölgelerinden ve yabancı ülkelere gelen destek arama kurtarma gruplarının transferinde zorluklar yaratmıştır. Depremlerden 7 gün sonra, 13 Şubat'ta İçişleri Bakanı, "AFAD'ın toplam personel sayısı 7 bin 300'dür. Takdir edilir ki 7 bin 300 personelle Türkiye'deki bu büyük afeti veya herhangi bir afeti yönetebilmek mümkün değildir." açıklamasını yapmıştır. Bakan; acil kurtarma ve müdahale faaliyetleri için ise çalışan toplam kişi sayısının 300 bin olduğunu vurgulamıştır.



### 10. 3. Acil Kurtarma ve Müdahale

Acil kurtarma ve müdahale ekipleri afetin vurduğu bölgeye ulaşmaya çalışmıştır. Ancak, erişilebilirlikte yaşanan sıkıntılardan dolayı gecikmeler meydana gelmiştir. Yıkılan binaların bulunduğu bölgelerde bir diğer konu da kurtarma operasyonları, vinçler ve kamyonlar gibi gerekli ekipmanın az olmasıdır. Gece saatlerinde ise elektrik kesintileri arama-kurtarma faaliyetlerini yavaşlatmıştır. Afetin vurduğu bölgeye ilk 24 saat içinde arama kurtarma ekipleri, iaşe ve acil tıbbi yardım gibi hizmetlerin verildiği, ancak tüm şehir ve köylere eş zamanlı erişimin sağlanamadığı gözlemlenmiştir. Öte yandan, depremzedelerin deprem bölgesi dışına tahliyesi ilk 72 saat geçtikten sonra başlamıştır.

#### 10. 3. 1. Kritik Altyapı Sistemleri

6 Şubat saat 10:00'da yetkililerden alınan ilk bilgilere göre Hatay/Hassa ve Kırıkhan bölgelerine doğal gaz temin edilememiştir. BOTAS deprem bölgesine ham petrol iletimini tedbir amaçlı durdurmuştur ifadesine rastlanmıştır. Bir diğer tedbir de Gaziantep Nurdağı ve İslahiye ilçelerinin girişindeki doğalgaz kesintisidir. 27 merkeze elektrik verilemediği belirtilmiştir. Etkilenen bölgedeki dondurucu kış koşullarında, yaklaşık 3 ila 4 gün boyunca ısıtma seçenekleri oldukça sınırlıdır. Bir diğer kritik altyapı ise içme suyu sistemidir. Afetin vurduğu bölgeye, içme suyu altyapı hatlarındaki hasarlar nedeniyle içme ve temizlik amaçlı su temini edilememektedir. Bu durum ileriki günlerde salgın riskini artırmaktadır.

#### 10. 3. 2. Sağlık Hizmetleri

Gönüllü ve görevlendirilmiş sağlık personeli ancak ikinci günün sonunda bölgeye destek vermeye başlayabilmiştir. Üçüncü gün itibarıyla afet bölgesinde toplam 2.101 ambulans, 296 UMKE aracı, 5 hava ambulansı, 7 helikopter ambulansı ve aralarında yerel ve sevk ekiplerinin de bulunduğu 14.429 acil sağlık personeli görev yapmaktadır. 12 Şubat 2023 tarihi itibarıyla enkazdan kurtarılan toplam 21.631 hasta, 1.174'ü hava araçları, 20.130'u kara ambulansları, 327'si deniz araçları ile bölge dışındaki şehirlere nakledilmiştir. 14 Şubat 2023 itibarıyla 105.505 depremzede yaralı olarak enkazdan kurtarılmış, ölü sayısı ise 35.418 olarak açıklanmıştır. Bölgede görev yapan kamu ve özel arama kurtarma personeli sayısının 35 bin 249, 9 bin 456'sının ise uluslararası yardım ekiplerinin personeli olduğu bildirilmiştir.





### 10. 3. 3. Barınma Müdahalesi: Acil ve Geçici Barınma

13 Şubat 2023 itibarıyla bölgedeki 10 şehirde 41.791 bina yıkılmıştır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023c). Ertesi gün, 14 Şubat 2023 itibarıyla, yaklaşık 195.962 kişi ikametgahlarını terk etmek ve memleketlerini geçici veya kalıcı olarak terk etmek zorunda kalmıştır (AFAD, 2023a). Spor salonları, eğitim binaları ve diğer hükümet binalarının yanı sıra 81 ilde 850.000 yatak kapasiteli yurtlar da depremzedelere kapılarını açmıştır (AFAD, 2023b). AFAD (2023a) tarafından 13 Şubat 2023 tarihi itibarıyla yapılan son güncellemeler, kurulan aile çadırlarının sayısının 155.379'a ulaştığını göstermektedir. Bu tarih itibarıyla bazı bölgelerde hala çadır ihtiyacı bulunmaktadır.

### 10. 3. 4. Psikososyal Destek

Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, etkilenen illere psikososyal destek personeli göndermiştir. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB, 2023a) da 10 Şubat 2023 tarihinde Psikososyal Destek Eylem Planı'nı açıklamıştır. 13 Şubat 2023 tarihinde Türk Kızılayı (2023), aralarında psikolog, psikolojik danışman, sosyal hizmet uzmanı ve rehberlik uzmanlarının da bulunduğu 53 psikososyal destek ekibinin depremzedelere psikolojik ilk yardım sağlamaya başladığına dair bir açıklama yayımlanmıştır. 5.000'den fazla ruh sağlığı uzmanı, etkilenen illerde hayatta kalanlara psikolojik destek sağlamak için gönüllü olmuştur.

### 10. 4. Toplum Etkisi

Yıkıcı depremleri takip eden bir haftalık dönemde bu depremlerin topluma etkisi, eğitim, kurtarma ve yardım çabaları ve iletişim ile ilgili çeşitli kararlar ve faaliyetler özelinde öne çıkan acil müdahale odağıyla ele alınabilir. Genel olarak, Kahramanmaraş depremleri sonrası acil müdahale karar ve faaliyetlerinde bölgedeki etkilenen insanların psikososyal ihtiyaçlarının istenilen düzeyde dikkate alınmadığı ve bunun da depremlerin toplum üzerindeki olumsuz etkisini daha da kötüleştirdiği söylenebilir.

### 10. 5. Uluslararası Medyanın Acil Müdahaleye Genel Bakışı

Deprem ardından Türk makamlarının acil müdahale faaliyetlerine ve çabalarına karşı birtakım eleştiriler yapılmıştır. Eleştirilerin bazıları, BBC, CNN, Aljazeera ve Financial Times gibi uluslararası haber ajansları tarafından yayınlanan haber raporlarından ve makalelerinden özetlenmiştir. Örneğin, Avusturya Kuvvetleri Afet Yardım Birimi, depremden sonraki ilk günlerde, Avusturya Ordusu'nun “giderek zorlaşan güvenlik durumu” nedeniyle kurtarma operasyonlarını

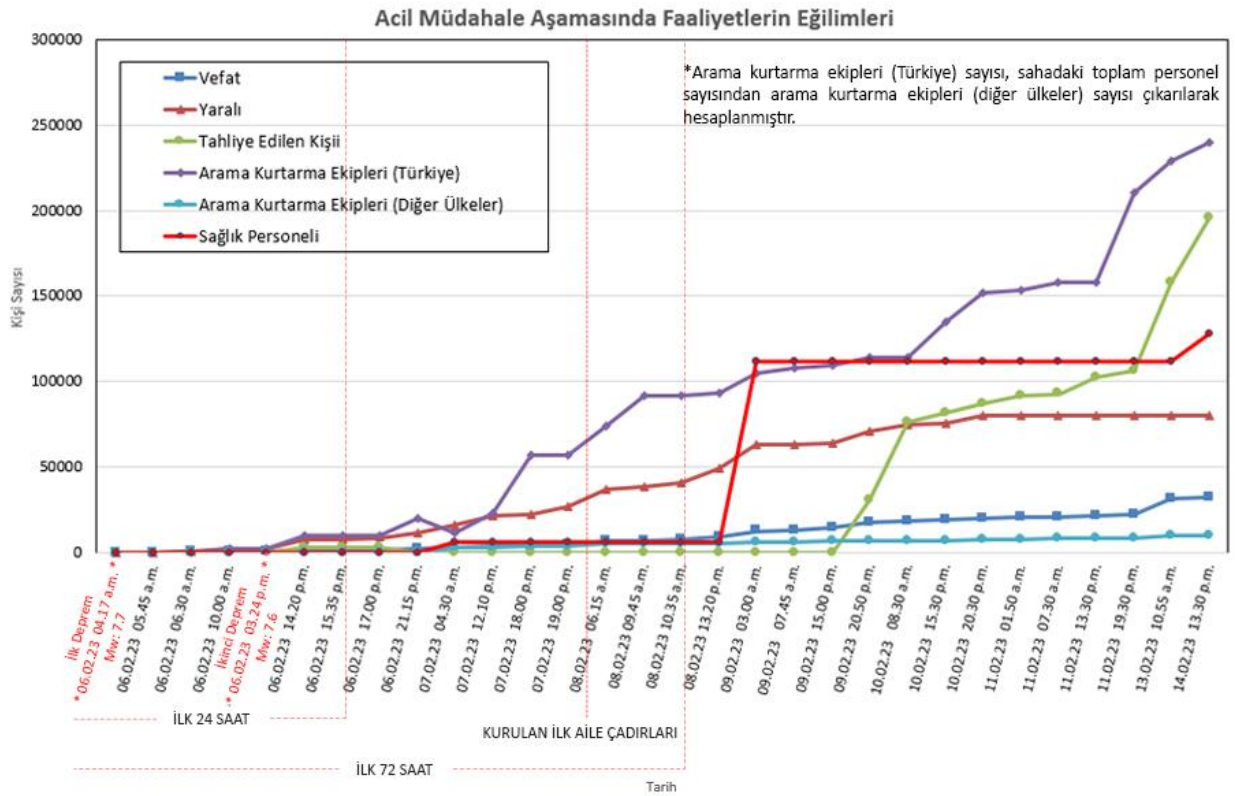


bir noktada askıya aldığını, ancak yetkililerin durumu güvenli bulduğu anda çalışmalarına devam edeceğini bildirdi.

## 10. 6. Sonuç

Yardım faaliyetlerinin bir parçası olarak acil müdahale faaliyetleri ve ilk kurtarma hizmetleri, eldeki mevcut verilerle bu bölümde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Önümüzdeki günlerde, haftalarda ve aylarda, depremin acil makroekonomik etkisini gözlemlemek ve raporlamak için yeterli zamanın olacağını belirtmekte fayda görülmektedir.

Depremler sonrası bölgeye intikal eden acil yardım ekipleri ve hizmetlerinin can kaybı ve yaralı sayıları ile birlikte zamansal grafiği Şekil 9.1'deki gibi üretilmiştir.



Şekil 10.1. Acil durum hizmetleri ve can kaybı/yaralı sayıları değişimi 6-14.02.2023 Kaynak: AFAD ve SAKOM (Sağlık Afet ve Koordinasyon Merkezi Birimi) 14.02.2023 13:30 (GMT+3) itibariyle (yazarlar tarafından hazırlanmıştır)



## Kaynakça:

- AFAD. (2023a). *Duyurular*. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://www.afad.gov.tr/duyurular>
- AFAD. (2023b, Şubat 6-14). AFAD. <https://twitter.com/AFADBaskanlik>
- AFAD. (2023c, Şubat 11). *Kahramanmaraş'ta Meydana Gelen Depremler Hk. – 28*, <https://afad.gov.tr/kahramanmarasta-meydana-gelen-depremler-hk-28>
- Anadolu Ajansı. (2023a, Şubat 6). *Geçici Barınma Merkezleri*. Erişim 14.02.2023, <https://www.aa.com.tr/tr/info/infografik/32142>
- Anadolu Ajansı. (2023b, Şubat 12). *Malatya'da 10 bin 500 kişilik konteyner kent kurulması için çalışmalar başladı*. Erişim 14.02.2023, <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/malatyada-10-bin-500-kisilik-konteyner-kent-kurulmasi-icin-calismalar-basladi/2816807>
- Railly News. (2023, Şubat 7). *Psychosocial support personnel were dispatched to 10 provinces affected by the earthquake*. [https://www.raillynews.com/2023/02/Psychosocial-support-personnel-were-dispatched-to-10-provinces-affected-by-the-earthquake./](https://www.raillynews.com/2023/02/Psychosocial-support-personnel-were-dispatched-to-10-provinces-affected-by-the-earthquake/)
- Reuters. (2023, Şubat 8). *Twitter restricted in Turkey two days after quake, says NetBlocks*. <https://www.reuters.com/business/media-telecom/twitter-restricted-turkey-netblocks-2023-02-08/>
- Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP). (2022). Erişim 14.02.2023, [https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e\\_Kutuphane/Planlar/TAMP.pdf#page=18&zoom=100,80,876](https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Planlar/TAMP.pdf#page=18&zoom=100,80,876)
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023a, Şubat 10). *Bakan Kurum:"10 ilimizde Cumhuriyet tarihinin en büyük afet konut seferberliğini başlatmış olacağız"*. Erişim 14.02.2023, <https://csb.gov.tr/bakan-kurum-10-ilimizde-cumhuriyet-tarihinin-en-buyuk-afet-konut-seferberligini-baslatmis-olacagiz-bakanlik-faaliyetleri-38419>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023b, Şubat 11). *Gaziantep'te 532 köyün tamamındaki depremzedelere yardım malzemesi gönderildi*. Erişim 14.02.2023, <https://www.csb.gov.tr/gaziantep-te-532-koyun-tamamindaki-depremzedelere-yardim-malzemesi-gonderildi-bakanlik-faaliyetleri-38421>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023c, Şubat 13). *Bakan Kurum: "10 ilde 41 bin 791 binanın yıkık, acil yıkılacak ve ağır hasarlı olduğunu tespit ettik"*. Erişim 14.02.2023, <https://www.csb.gov.tr/bakan-kurum-10-ilde-41-bin-791-binanin-yikik-acil-yikilacak-ve-agir-hasarli-oldugunu-tespit-ettik-bakanlik-faaliyetleri-38426>
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2023, Şubat 10). *Psikososyal destek eylem planı ve psikososyal destek programları yayımlandı*. <https://www.meb.gov.tr/psikososyal-destek-eylem-planı-ve-psikososyal-destek-programlari-yayimlandi/haber/29014/tr>
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2023b, February 6). *Education is suspended until 13 February in Türkiye*. <https://www.meb.gov.tr/education-is-suspended-until-13-february-in-turkiye/haber/28950/en>



Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2023c, Şubat 14). *Depremden etkilenen 10 ilde eğitim öğretime 1 Mart'a kadar ara verildi.* <https://www.meb.gov.tr/depremden-etkilenen-10-ilde-egitim-ogretime-1-marta-kadar-ara-verildi/haber/29029/tr>

Türk Kızılayı (2023, Şubat 13). *Kızılay'ın psikososyal destek ekipleri deprem bölgesinde psikolojik ilk yardım veriyor.* <https://www.kizilay.org.tr/Haber/KurumsalHaberDetay/7202>

TÜİK. (2022). <https://www.tuik.gov.tr/>

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği [TMMOB]. (2023a, Şubat 9). *TMMOB ön değerlendirme raporu yayımlandı.* <https://www.tmmob.org.tr/icerik/tmmob-degerlendirme-raporu-yayimlandi>

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği [TMMOB]. (2023b, Şubat 14). *TMMOB Kahramanmaraş Depremi Güncel Durum Tespiti -2- (14 Şubat 2023).* <http://www.tmmob.org.tr/icerik/tmmob-kahramanmaras-depremi-guncel-durum-tespiti-2-14-subat-2023>

Türk Tabipleri Birliği. (2023, Şubat 11). *6 şubat 2023 Depremi Bilgi Notu - 9: Geçici Barınma Yerlerinin şematik Yerleşim Biçimi.* Erişim 14.02.2023, [https://www.tb.org.tr/haber\\_goster.php?Guid=706d3bfa-aa11-11ed-b4b5-486b41055497](https://www.tb.org.tr/haber_goster.php?Guid=706d3bfa-aa11-11ed-b4b5-486b41055497)

World Health Organization [WHO]. (2023, February 10). *WHO flash appeal: Earthquake response in Türkiye and whole of Syria.* [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/emergencies/2023/who\\_flashappeal\\_earthquakeresponse\\_11-feb-2023.pdf?sfvrsn=94d4de2a\\_1](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/emergencies/2023/who_flashappeal_earthquakeresponse_11-feb-2023.pdf?sfvrsn=94d4de2a_1)