

GEBZE
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ



6 Şubat 2023 Maraş Depremleri
(Pazarcık Mw7.7 ve Elbistan Mw7.6) Sonrasında
Kuvvetli Yer Hareketi, Geoteknik, Üst Yapı ve Altyapılara
İlişkin Saha Gözlemleri

Ön İnceleme Raporu

7 Mart 2023

GTÜ/MARTEST 2023-01



MARTEST

Marmara Afetlerle Baş Edebilir Yapılar
için Uygulama ve Araştırma Merkezi

Marmara Afetlerle Baş Edebilir Yapılar İçin
Uygulama ve Araştırma Merkezi (MARTEST)

**6 Şubat 2023 Maraş Depremleri
(Pazarcık $M_w7.7$ ve Elbistan $M_w7.6$) Sonrasında
Kuvvetli Yer Hareketi, Geoteknik, Üst Yapı ve Altyapılara
İlişkin Saha Gözlemleri**

Ön İnceleme Raporu

Prof. Dr. Selçuk Toprak (GTÜ)
Doç.Dr. A. Can Zülfikar (GTÜ)
Doç.Dr. Savaş Karabulut (GTÜ)
Dr. Öğretim Üyesi Ahu Mutlu (GTÜ)
Dr. Öğretim Üyesi Ülgen Mert Tuğsal (GTÜ)
Dr. Öğretim Üyesi Engin Nacaroğlu (PAÜ)
Doktora Öğrencisi, Muhammet Ceylan, (GTÜ)
Yüksek Lisans Öğrencisi Kamer Ozdemir (GTÜ)
Yüksek Lisans Öğrencisi Sedat Parlak (GTÜ)

7 Mart 2023

GTÜ/MARTEST 2023-01

Önsöz

Son günlerde ülkemizin güneyinde ve doğusunda gerçekleşen depremler hepimizi derinden üzdü. 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli gerçekleşen yıkıcı depremler, 11 ilimizi etkiledi ve birçok vatandaşımızı kaybetmemize sebep oldu. Gebze Teknik Üniversitesi olarak bizler, afet yönetimi ve insani yardım faaliyetleri kapsamında hızlı bir şekilde harekete geçtik. Deprem bölgesine ulaştırılmak üzere yardımlar tüm personel ve öğrencilerimizin ortak çalışması ile hazırlanarak Hatay AFAD' a gönderildi. İlaveten, Kızılay Gebze Başkanlığı aracılığıyla Kızılay kan merkezlerine kan bağışları yapıldı. Deprem bölgesinde ikamet eden, depremden etkilenen ve zor durumda kalan öğrencilerimizin her türlü ihtiyaçlarının giderilmesi amacıyla yardım kampanyası düzenlendi.

Depremden hemen sonra bölgeye görevlendirilen farklı konularda uzman akademisyenlerimize ek olarak diğer akademisyenlerimiz de farklı şekillerde halkı deprem konusunda bilgilendirmeye devam etmekte ve bilimsel değerlendirmelerini sunmaktadırlar. Deprem bölgesindeki incelemelerini ve ilk tespit çalışmalarını tamamlayan akademisyenlerimiz bir ön tespit raporu hazırladılar. Bu raporda fay ve yer hareketi, zemin davranışı, alt ve üst yapıların davranışlarının ön değerlendirmesiyle bölgedeki depremin analizi gerçekleştirilmiştir.

Bundan sonraki süreçte de GTÜ olarak multi disiplinler yaklaşımlarla her türlü bilimsel ve teknik desteği vermeye devam ederek, afet ve acil durum yönetimi sürecimizi sürekli iyileştirme ve geliştirme vizyonuyla devam edeceğiz. Daha dirençli kentler kurmak ve afet bilinçli toplumlar yetiştirmek için çabalarımızın artarak devam edeceğini belirterek, depremde vefat edenlere Allah'tan rahmet, yakınlarına başsağlığı ve yaralı vatandaşlarımıza da acil şifalar diliyorum.

Prof. Dr. Hacı Ali MANTAR
Rektör

İçindekiler

1.	Giriş	10
1.1.	Jeoloji ve Tektonik.....	12
2.	Kuvvetli Yer Hareketi Karakteristikleri	20
3.	Geoteknik Saha Gözlemleri	35
3.1.	Yerel Zemin Etkileri	35
3.2.	Zemin Sıvılaşması ve Yanal Yayılma	37
3.3.	Bina Temelleri	39
3.4.	Şev Duraysızlığı ve Kaya Düşmeleri	40
4.	Üst Yapı Hasarlarının Değerlendirilmesi	43
4.1.	Betonarme Yapı Hasarları	44
4.2.	Geleneksel Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar.....	55
4.3.	Endüstri Tesislerinde Meydana Gelen Hasarlar	57
5.	Altyapı Sistemlerinin Değerlendirilmesi.....	60
5.1.	Su, Atıksu, Petrol ve Doğal Gaz Altyapı Sistemleri	60
5.2.	Kara, demir ve hava yolları.....	66
6.	Genel Değerlendirme ve Saha Çalışmasına Bağlı Olarak Öneriler	74
7.	Kaynaklar.....	77

Tablolar

Tablo 2-1: Pazarcık Depremi $M_w7.7$ ivme kayıtçıları ve kuvvetli yer hareketi kayıtları özellikleri.....	21
Tablo 2-2: Elbistan Depremi $M_w7.6$ ivme kayıtçıları ve kuvvetli yer hareketi kayıtları özellikleri	29
Tablo 4-1: Bina hasar dağılımları [T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verileri, 16 Şubat 2023].....	43
Tablo 4-2: Bina yapım yıllarının illere göre yüzdelerle dağılımı [TÜİK verileri, 16 Şubat 2023]	44
Tablo 5-1: Depremden etkilenen şehirler ve gaz dağıtımını gerçekleştiren kuruluşlar	66

Şekiller

Şekil 1.1 : DAFZ üzerinde 19 ve 20. yüzyılda meydana gelen depremlerin oluşturduğu yüzey kırıkları haritası [Duman ve Emre, 2013]	13
Şekil 1.2 : 06 Şubat 2023 Maraş Depremlerinin merkezüssü ve bölgedeki tarihsel depremler	13
Şekil 1.3 : 06 Şubat 2023 $M_w7.7$ Pazarcık (Kahramanmaraş) depremi ardından, 26 Şubat 2023 UTC :00 a kadar meydana gelmiş depremlerin derinlik kesiti dağılımı	14
Şekil 1.4 : 06 Şubat 2023 $M_w7.7$ Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi ardından, 21 Şubat 2023'e kadar meydana gelmiş depremlerin büyüklük dağılımı	15
Şekil 1.5 : 06 Şubat 2023 $M_w7.7$ Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi ardından, 21 Şubat 2023'e kadar meydana gelmiş depremlerin büyüklük-deprem sayısı dağılımı.....	15
Şekil 1.6 : 06 Şubat 2023 $M_w7.7$ Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi ardından, 21 Şubat 2023'e kadar meydana gelmiş depremlerin derinlik-deprem sayısı dağılımı	16
Şekil 1.7 : 06 Şubat 2023 $M_w7.7$ Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi ardından, 21 Şubat 2023'e kadar meydana gelmiş depremlerin büyüklük-deprem sayısı dağılımı.....	16
Şekil 1.8 : $M_w7.7$ ve $M_w7.6$ depremleri yüzey kırığı haritası [USGS] (Mapping was performed on WorldView 1, 2, and 3 and GeoEye 1 ((C) 2023 Maxar) images from the International Disaster Charter Activation for the 2023 Turkey Earthquakes).....	17
Şekil 1.9 : Şekeroba bölgesi drone görüntüsü ile fay yüzey kırığı modellenmesi	18
Şekil 1.10 : Farklı ulusal/uluslararası ağlar tarafından yapılan $M_w7.7$ Pazarcık depremi kaynak mekanizması çözümü (sol); $M_w7.7$ Pazarcık depreminin en büyük artçısı olan $M_w6.7$ depremi kaynak mekanizması çözümü (sağ).....	18
Şekil 1.11 : Farklı ulusal/uluslararası ağlar tarafından yapılan $M_w7.6$ Ekinözü depremi kaynak mekanizması çözümü	19
Şekil 1.12 : Farklı ulusal/uluslararası ağlar tarafından yapılan $M_w6.3$ Defne-Hatay depremi kaynak mekanizması çözümü.....	19
Şekil 2.1 : Çalışmada kullanılan kayıtçı istasyonlarının dağılım haritası	20
Şekil 2.2 : TK2712 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler	22
Şekil 2.3 : TK2715 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	22
Şekil 2.4 : TK2718 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	23
Şekil 2.5 : TK3124 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	23
Şekil 2.6 : TK3126 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	23
Şekil 2.7 : TK3136 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	24

Şekil 2.8 : TK3139 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	24
Şekil 2.9 : TK3141 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	25
Şekil 2.10 : TK4625 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	25
Şekil 2.11 : TKNAR istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler	25
Şekil 2.12 : Türkiye Deprem Tehlike Haritası, 2018 (AFAD).....	26
Şekil 2.13 : 06 Şubat 2023 Pazarcık M_w 7.7 Depremindeki kuvvetli yer hareketi kayıtlarının davranış spektrumları ile TBDY-2018 tasarım spektrumlarının karşılaştırması	27
Şekil 2.14 : 06 Şubat 2023 Pazarcık M_w 7.7 Depreminde 10 istasyonda kaydedilen kuvvetli yer hareketi kayıtlarının davranış spektrumları ile TBDY-2018 tasarım spektrumlarının karşılaştırması.....	28
Şekil 2.15 : TK0129 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	29
Şekil 2.16 : TK0131 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	30
Şekil 2.17 : TK3802 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	30
Şekil 2.18 : TK4405 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	30
Şekil 2.19 : TK4406 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	31
Şekil 2.20 : TK4409 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	31
Şekil 2.21 : TK4412 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	31
Şekil 2.22 : TK4611 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	32
Şekil 2.23 : TK4612 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	32
Şekil 2.24 : TK4614 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler.....	32
Şekil 2.25 : 06 Şubat 2023 Elbistan M_w 7.6 depremindeki kuvvetli yer hareketi kayıtlarının davranış spektrumları ile TBDY-2018 tasarım spektrumlarının karşılaştırması	33
Şekil 2.26 : 06 Şubat 2023 Elbistan M_w 7.6 Depreminde 10 istasyonda kaydedilen kuvvetli yer hareketi kayıtlarının davranış spektrumları ile TBDY-2018 tasarım spektrumlarının karşılaştırması.....	34
Şekil 3.1 : a) Kahramanmaraş zemin özellikleri b) Kahramanmaraş şehir merkezi kayma dalgası hızı haritası [Sandal ve Karademir, 2013, Naji vd., 2020].....	36
Şekil 3.2 : Hatay/Antakya a) Sondaj konumları, b) A-A' kesiti c)C-C' kesiti d)B-B' kesiti zemin profili [Över vd., 2010] ((1) Dolgu, (2) Siltli kumlu kil, (3) Kumlu killi silt (4) Siltli kum, (5) Çakıllı killi siltli kum, (6) Killi kumlu çakıl).....	36
Şekil 3.3 : İskenderun Konarlı Mahallesi tipik zemin profili [Toktanış ve Över, 2021]	37
Şekil 3.4 : USGS sıvılaşma tahmin haritası [USGS, 2023]	38
Şekil 3.5 : Kahramanmaraş sıvılaşma potansiyeli haritası [Cabalar vd., 2019].....	38
Şekil 3.6 : Hatay/İskenderun sıvılaşma kaynaklı yer deformasyonları	39

Şekil 3.7 : Gölbaşı, Adıyaman’da temellerde gözlemlenen problemler	40
Şekil 3.8 : USGS heyelan tahmin haritası [USGS, 2023]	41
Şekil 3.9 : Şev duraysızlığı ve kaya düşmeleri gözlemleri	42
Şekil 4.1 : Mevcut beton kalitesinde gözlemlenen problemler ve düz yüzeyli beton çeliği mevcudiyeti	45
Şekil 4.2 : Yetersiz birleşim detaylarında gözlemlenen problemler	46
Şekil 4.3 : Güçlü kiriş-zayıf kolon olarak gözlenen tasarım problemi.....	47
Şekil 4.4 : Yumuşak/zayıf kat olarak gözlemlenen tasarım problemi.....	48
Şekil 4.5 : Kısmen yıkılmış olan binalar	49
Şekil 4.6 : Kısmen yıkılmış olan binalar-devamı	50
Şekil 4.7 : Tamamen yıkılmış olan binalar	51
Şekil 4.8 : Dolgu duvar hasarlarından örnekler.....	52
Şekil 4.9 : Dolgu duvar hasarlarından örnekler-devamı	53
Şekil 4.10 : Bitişik nizamda teşkil edilen yapılarda gözlenen ‘Çekiçleme Etkisi’	54
Şekil 4.11 : Hasarsız binalardan örnekler.....	55
Şekil 4.12 : Geleneksel yığma yapılarda oluşan hasarlar	56
Şekil 4.13 : Kahramanmaraş’ta bir tekstil işletmesinde yeni yapılan bir inşaatta görülen yapısal hasarlar (<i>kolon donatılarında burkulma</i>)	58
Şekil 4.14 : Kahramanmaraş’ta bir tekstil işletmesinde görülen yapısal olmayan elemanlara ait hasarlar (<i>dış cephe kaplaması hasarı ve makine-teçhisat hasarı</i>).....	58
Şekil 4.15 : Gaziantep Nurdağı’da mısır ve buğday siloları hasar gören bir gıda işletmesi	59
Şekil 4.16 : İskenderun Limanı deprem sonrasında çıkan yangın.....	59
Şekil 5.1 : Su sistemlerinde faylanma kaynaklı hasarlar	61
Şekil 5.2 : İskenderun’da kanalizasyon ve yağmur suyu yükseltme istasyonunda sıvılaşma sonucu oluşan hasarlar	62
Şekil 5.3 : Düzbağ içme suyu isale hattı ve tüneline gözlemler.....	63
Şekil 5.4 : a) Botaş Petrol ve Doğalgaz Hatları b) Karayolları c) Demiryolları	65
Şekil 5.5 : TAG Otoyolunda tabliye, ayak ve mesnetlerinde hasar gözlemlenmeyen bir Viyadük	66
Şekil 5.6 : Deprem bölgesinde görülen yol hasarları	67
Şekil 5.7 : TAG Otoyolu viyadükte hasar gözlemleri.....	68
Şekil 5.8 : Nurdağı-Demiryolu Köprüsü Hasarları	69
Şekil 5.9 : Hatay’da yol hasarları	70
Şekil 5.10 : Pazarcık – Tevekkeli köy yolu ve fay kesişim noktasında hasar gözlemleri.....	71

Şekil 5.11 : Bölge demiryolu ağı haritası.....	71
Şekil 5.12 : Deprem bölgesinde demiryolu, demiryolu köprüsü ve tünel giriş/çıkışında çeşitli hasarlar	72
Şekil 5.13 : Kahramanmaraş Havalimanı yapısal olmayan hasarlar	73

1. Giriş

06.02.2023 tarihinde yerel saatle 04:17'de Kahramanmaraş ili Pazarcık ilçesi merkezli $M_w7.7$ büyüklüğünde ve yaklaşık 8.6km derinliğinde bir deprem meydana gelmiştir [AFAD]. İksel çözümlemelere göre en az 300-350 km uzunluğunda ve en az üç farklı segment bir arada kırılmıştır [USGS NEIC 2023; Garini ve Gazetas Report, 2023]. Deprem bu karakteriyle kompleks bir deprem niteliğinde olup depremin süresinin 100-120 sn arasında olduğu ilgili sismik kayıtlardan görülmektedir. Bu depremden 11 dakika sonra 04:28'de ise ilk depremin merkez üstüne yakın bir bölgede $M_w6.6$ büyüklüğünde bir artçı deprem meydana gelmiştir. Bu artçı deprem raporun hazırlandığı 22.02.2023 tarihi itibariyle bölgede kayıt edilen en büyük artçı depremdir. Bölgedeki deprem aktivitesi sürerken, anaşoktan yaklaşık 100km kuzeyde, yerel saat ile 13:24'de Ekinözü-Kahramanmaraş ili merkezli $M_w7.6$ büyüklüğünde yaklaşık 7km derinliğinde bir deprem meydana gelmiş [AFAD] ve yaklaşık 170 km uzunluğunda fay kırığı oluşturmuştur [Garini ve Gazetas Report, 2023]. Ülkemizdeki en aktif fay zonlarından biri olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde meydana gelen her iki deprem de yalnızca merkezüstü olan illerde değil Şanlıurfa, Diyarbakır, Adana, Adıyaman, Osmaniye, Hatay, Kilis, Malatya ve Elazığ illerinde can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Toplam 11 ilde 44.000'den fazla can kaybı meydana gelmiştir. Bölgede son olarak 20.02.2023 tarihinde, yerel saat ile 20:04'te $M_w6.4$ büyüklük ve 21.7km derinlikte merkezüstü Hatay ilinin Defne ilçesi olan bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem sırasında altı vatandaşımız daha can vermiştir.

MARTEST (*Afetlere Karşı Dirençli Toplumlar Oluşturmak İçin Araştırma ve Eğitim Merkezi*) Projesi kapsamında 6 Şubat 2023'te meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremlerin sahada yarattığı etkileri araştırmak, bilgi edinmek ve gözlem yapmak üzere öğretim üyeleri ve lisansüstü öğrencilerden oluşan çalışma grubu 11 Şubat-18 Şubat tarihleri arasında depremden etkilenen bölgelerde incelemelerde bulunmuşlardır. Göksun, Elbistan, Kahramanmaraş, Pazarcık, Gölbaşı (Adıyaman), Gaziantep, Nurdağı, İslahiye, Antakya, İskenderun ve Adana il/ilçe ve mahallerinde, $M_w7.7$ ve $M_w7.6$ depremlerinin merkezüstü başta olmak üzere, fay eğim, doğrultu ve yüzey kırığı gözlemleri, alt ve üst yapılarda hasar gözlemleri başta olmak üzere sıvılaşma, kaya düşmesi, boru hatlarında meydana gelen hasarlar, karayolu hasarları yerinde incelenerek değerlendirme yapılmıştır.

Göksun ilçesinde tarihi yapılarda ve konutların birçoğunda ciddi yapısal hasarlar görülmüş, bazı yapıların yıkıldığı ve şehir kriz merkezinde afetin yaraları sarılması için çalışmalar

yürütüldüğü görülmüştür. Göksun'un güneyinde Aslanbeyçiftliği, Temürağa, Hacıömer, Yağmurlu, Karaömer mahallerinde incelemelerde bulunularak yapısal hasarların nedenleri incelenmiş ve Çardak Fayının yüzeyde yaratmış olduğu kırık düzlemi fay kar örtüsüne rağmen görüntülenmiştir.

Kahramanmaraş ilçesi olan Elbistan'ın merkez mahallerinde gözlemler sürdürülmüş, uydu ve drone görünlerinden elde edilen veriler ışığında kent merkezinde meydana gelen yıkımın nedenleri araştırılmış ve 06.02.2023 tarih 04:17'de meydana gelen depremde kent merkezinde 4-5 binanın tamamen yıkıldığı ve birçok binada çok ağır, ağır ve orta hasar aldığı, ancak bu binalarında, yerel saat ile 13:24'de meydana gelen ikinci deprem etkisi ile yıkıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Tüm uyarılara rağmen binalarına girip eşyalarını almak ve ihtiyaçlarını karşılamak isteyen kent/kır sakinleri, ikinci deprem nedeniyle orta ve üstü hasar alan binaların enkazı altında kalmışlardır.

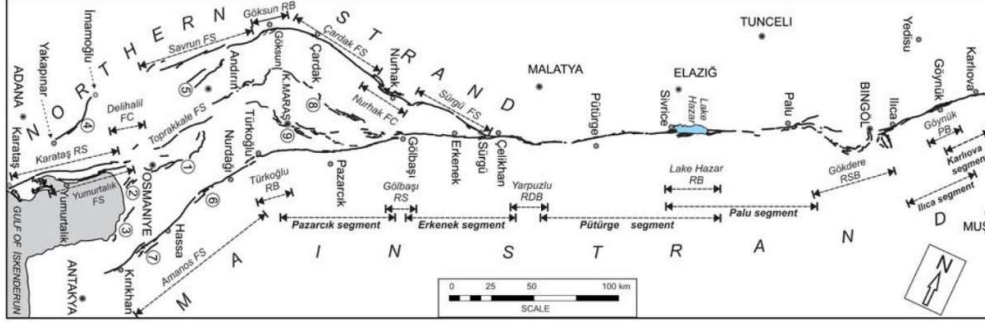
Kahramanmaraş il merkezinde yapılan saha gözlemlerinde yoğun yapısal hasarlara rastlanmıştır. Eski Kahramanmaraş'ın kurulduğu alanın alüvyonal genç ve yumuşak zemine sahip olduğu, anakayanın derinde bulunduğu ve deprem sırasında açığa çıkan ivme nedeniyle geniş bir periyot aralığında görülen yüksek ivme değerlerinin özellikle bu zemin koşullarında rezonans etkisiyle yıkıma neden olduğu düşünülmektedir. Yüksek rakımlardaki Eosen yaşlı görece olarak daha yaşlı ve sağlam kayalarda bulunan yapılar hasar almazken, bu iki birim arasındaki geçiş zonunda görece az yıkımlar ve ağır hasar almış yapılar görülmüştür.

Gölbaşı (Adıyaman) ve İskenderun (Hatay) ilçelerinde zemin sıvılaşması problemi, özellikle kum fışkırımları ve kum konileri şeklinde gözlenmiştir. Her iki ilçede de hasarın en temel nedeni sıvılaşma gibi zemin problemleri olarak gösterilebilir.

Deprem sonrasında hızlı bir şekilde afet bölgesine giden ve bu raporu hazırlayan çalışma grubu incelemeleri; depremden kısa bir süre sonra kaybolma ihtimali olan, araştırmalar için çok önemli verileri içermektedir. Detaylı fotoğraflarla kayıt altına alınan bu veriler, deprem sonrasında gerçekleştirilecek çalışmalarda çekirdek rol oynayacak ve araştırmalara yön verecektir.

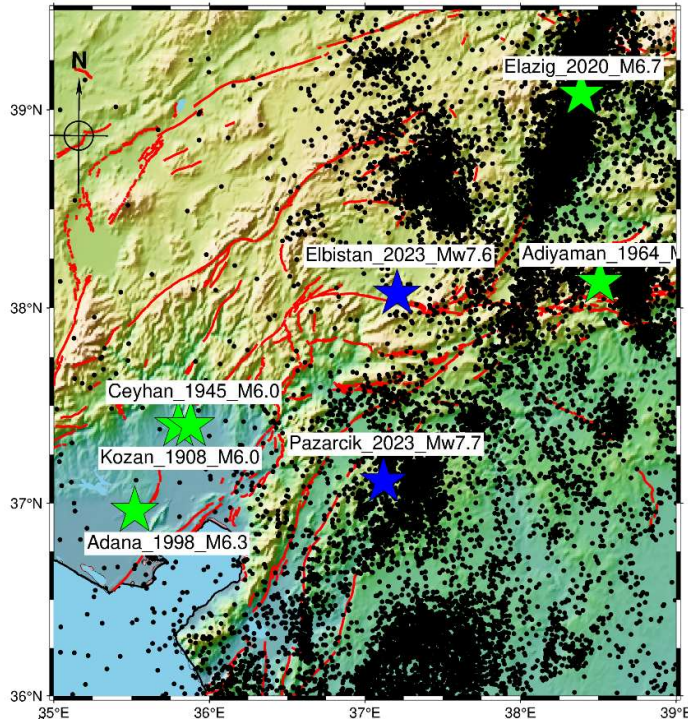
1.1. Jeoloji ve Tektonik

Merak uyandıran tektonik süreçleri barındıran bir coğrafyaya sahip Anadolu levhası gerek Kuzey Anadolu Fay Zonu gerek ise DAFZ arasında şekillenen bir topografyaya sahiptir. Anadolu levhası özelinde yapılan çalışmalar bölgenin batıya hareketinin ve meydana gelen çek-ayır havzaların varlığını ortaya koymaktadır [Reilinger vd., 2006; Şengör vd., 1985; Koçyiğit vd., 1998]. Anadolu bloğu miyosen dönemden bu yana Arap ve Afrika levhalarının sıkıştırma etkisi altında B-GB yönlü hareket etmektedir. Anadolu levhası iki ana fay zonu tarafından sınırlanmaktadır. Bu zonlardan güneyde yer alan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) yaklaşık 500 km uzunluğunda olup 20. yüzyılda haritalanmıştır [Arpat ve Şaroğlu, 1972; 1975; Ambraseys, 1970] (Şekil 1.1). DAF, sıkışma nedeniyle Batıya doğru hareket eden Anadolu levhasının doğu-güneydoğu sınırını oluşturur ve Karlıova (Bingöl)'da KAF ile birleşir [Arpat ve Şaroğlu, 1971; 1972; 1975]. DAF'ın güney sınırı ise Samandağ (Hatay)'da Ölü Deniz Fayı ile birleşir [Allen, 1969; 1975; Arpat ve Şaroğlu, 1975; Rotstein, 1984]. DAF'ın ayrıca Çelikhhan (Adıyaman)'ın batısından DAF'a paralel iki kola ayrılır [Westaway, 2004; Duman ve Emre, 2013; Seyrek vd., 2014]. DAF'ın Kuzeydoğudan, Güneybatıya doğru; Karlıova-Bingöl (65 km uzunluğundadır), Palu-Hazar (50 km uzunluğundadır), Hazar-Sincik (85 km uzunluğundadır), Çelikhhan-Gölbaşı (50 km uzunluğundadır), Gölbaşı-Türkoğlu (küçük bir eğim atım bileşeni olup, 90 km uzunluğundadır) ve Türkoğlu-Antakya (doğuya doğru eğim atım bileşeni olup, 145 km uzunluğundadır) kolları bulunmaktadır [Italiano vd., 2013]. Bazı araştırmacılar bunların bazı bölümlerinin çek-ayır havzalarıyla ayrıldığını [Çetin vd., 2003], bazı bölümlerinin genç sedimanlarla dolduğunu [Duman ve Emre, 2013] ve bazı araştırmacılar ise belirli bölümlerinde oblik bir karakter kazanmasına neden olan eğim atım bileşeni kazandığını [Kop vd., 2014] belirlemiştir. Bu fay zonu aynı zamanda Anadolu levhasının, Arap levhası tarafından kuzeybatı yönlü sıkıştırıldığı Bitlis-Zagros bindirme kuşağını barındıran bir levha sınırır [Çetin vd., 2003; Reilinger vd., 2006]. Bölgede yapılan Küresel Konum Belirleme çalışmalarıyla Kahramanmaraş'ın kuzeydoğusunda 6 mm /yıl ve güneybatısında ise 10 mm/yıl'lık kayma hızları ile batıya hareket eden [McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 2006; Aktuğ vd., 2016] ve toplam ofset miktarı 20-30 km'yi bulan DAFZ son olarak 20. yüzyılda M_w 6.8 24 Ocak 2020 Sivrice-Elazığ depremi ile kırılmıştır. 19 ve 20. yüzyılda meydana gelen depremler büyük yüzey kırıklarına neden olmuştur [Duman ve Emre, 2013]. Tarihsel verilere dayanarak, bu deprem dizisi sırasında kırılan fay segmentleri, en az 500 yıldır biriken tektonik strese sahip sismik boşluklardır [Ambraseys, 1989; Duman and Emre, 2013].



Şekil 1.1 : DAFZ üzerinde 19 ve 20. yüzyılda meydana gelen depremlerin oluşturduğu yüzey kırıkları haritası [Duman ve Emre, 2013]

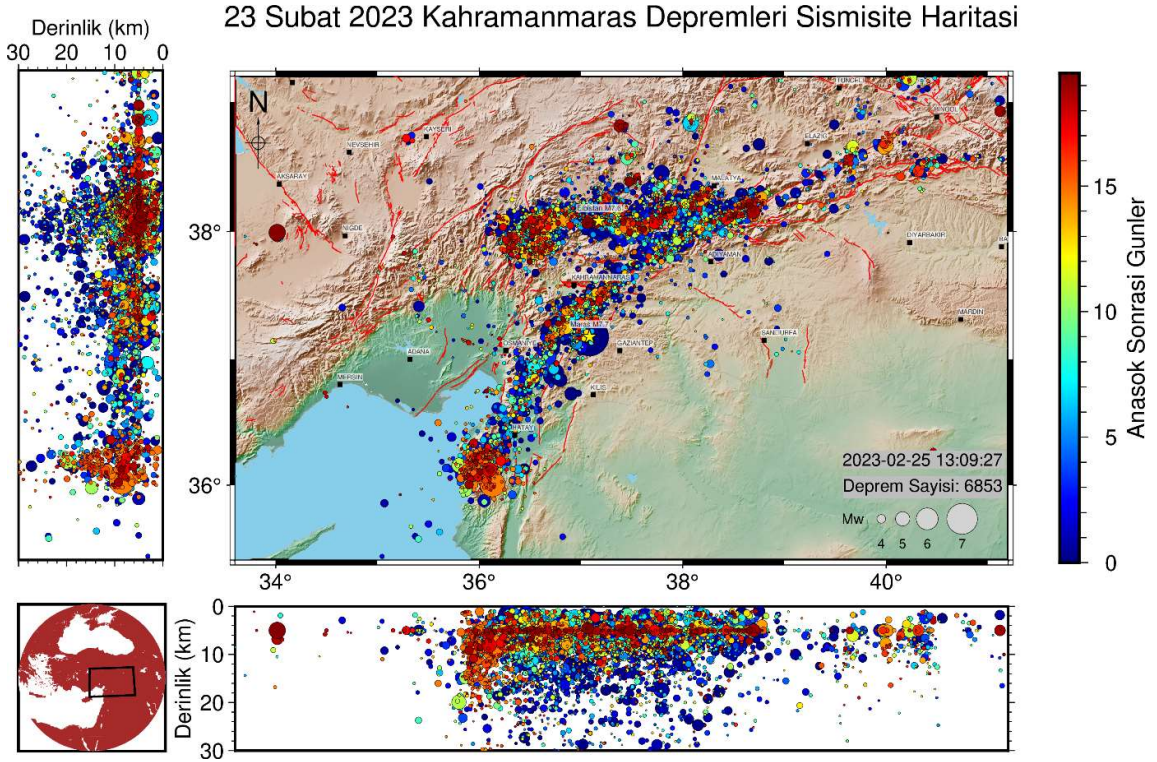
Özellikle 1999 depremleri sonrası sağ yönlü doğrultu atım karakteri taşıyan KAF'ın Marmara Denizi içinde deprem üretmesi beklenirken, 1971 Bingöl ($M_w6.8$) ve 2020 Sivrice-Doğanyol ($M_w6.8$) depremleri meydana gelmiş ve DAF üzerinde 500-1000 yıllık suskunluk döneminin bozulduğu bilgisi birçok bilimsel toplantıda gündeme gelmiştir. Bölgedeki tarihsel depremler incelendiğinde (Şekil 1.2) Pazarcık segmentinin 1114 ve 1513 yıllarında deprem ürettiği ve Kuzeydoğu ve Güney Batısından bulunan segmentlerin ise 1800'lü yıllarda yoğun deprem üretme potansiyeli gösterdiği belirtilmiştir [Ambraseys, 1989; 2009].



Şekil 1.2 : 06 Şubat 2023 Maraş Depremlerinin merkezüssü ve bölgedeki tarihsel depremler

DAFZ üzerinde 6 Şubat 2023 tarihinde yerel saat ile 01:47'de $M_w7.7$ Pazarcık-Kahramanmaraş merkezli ve yaklaşık 9 saat sonra $M_w7.6$ büyüklüğünde Elbistan-Kahramanmaraş merkezli iki

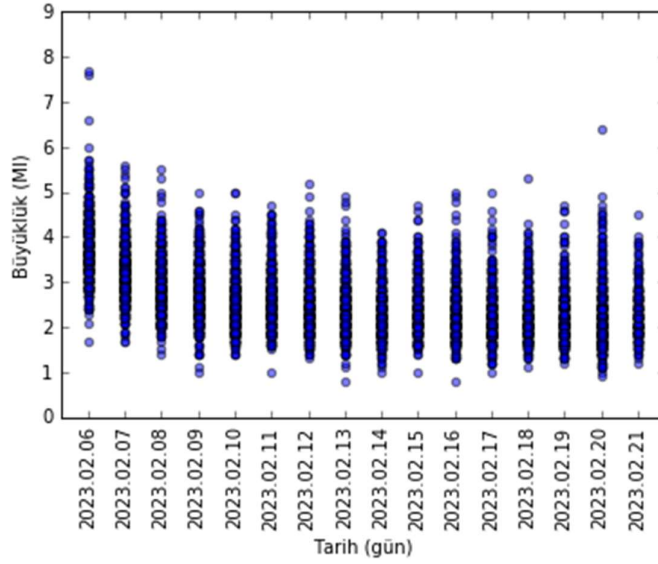
ayrı sarsıntı meydana gelmiştir [AFAD]. Bu iki deprem toplamda 11 (Kahramanmaraş, Gaziantep, Malatya, Adıyaman, Hatay and Osmaniye) şehirde yıkıcı hasara, 13 milyondan fazla insanın etkilenmesine ve 44 binden fazla can kaybına neden olmuştur. Depremlerin ardından ilk 13 gün içerisinde büyüklükleri 3'ün üzerinde olan 9000'den fazla artçı sarsıntılar meydana gelmiştir [KRDAE-BDTIM] (Şekil 1.3).



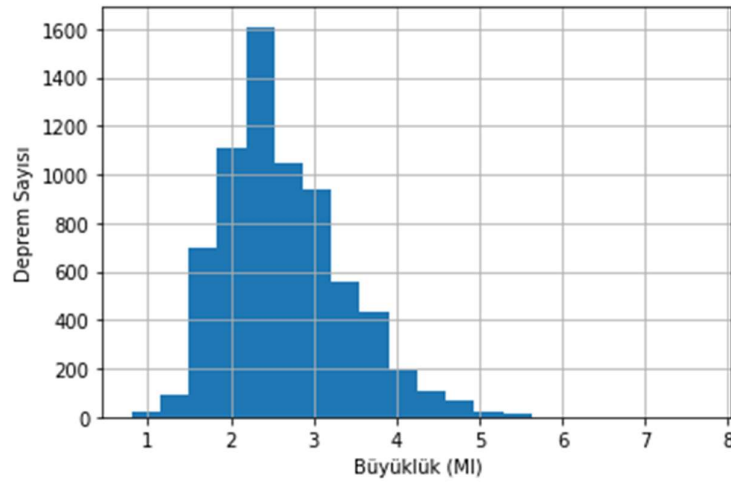
Şekil 1.3 : 06 Şubat 2023 M_w 7.7 Pazarcık (Kahramanmaraş) depremi ardından, 26 Şubat 2023 UTC :00 a kadar meydana gelmiş depremlerin derinlik kesiti dağılımı

Meydana gelen artçı deprem büyüklükleri incelendiğinde zaman içinde lineer azalım, artçı deprem sayılarında da benzer şekilde lineer bir azalım gözlenmektedir (Şekil 1.4). Toplam 4869 adet büyüklüğü 2.9'a eşit ve küçük, 2035 adet büyüklüğü 3.0-3.9 arasında, 409 adet büyüklüğü 4.0-4.9 arasında ve 50 adet büyüklüğü 5.0'ın üzerinde deprem kaydedilmiştir (Son erişim tarihi 21 Şubat 2023). Artçı deprem büyüklükleri 2.5-3.0 arasında en yüksek değerine ulaşırken, $M_I > 4.0$ büyüklüğündeki deprem sayılarında da lineer azalım ilişkisi gözlendiğini söylemek mümkündür (Şekil 1.5). 06 Şubat 2023 M_w 7.7 Pazarcık-Kahramanmaraş Depremi ardından, 21 Şubat 2023'e kadar meydana gelmiş depremlerin büyüklük-deprem sayısı (Şekil 1.6) ve derinlik-deprem sayısı (Şekil 1.7) grafikleri verilmiştir. Hatay ili Samandağ ilçesinde, 20.02.2023 yerel saat ile 20:04'te M_w 6.4 [AFAD] büyüklüğünde tetiklenmiş bir deprem

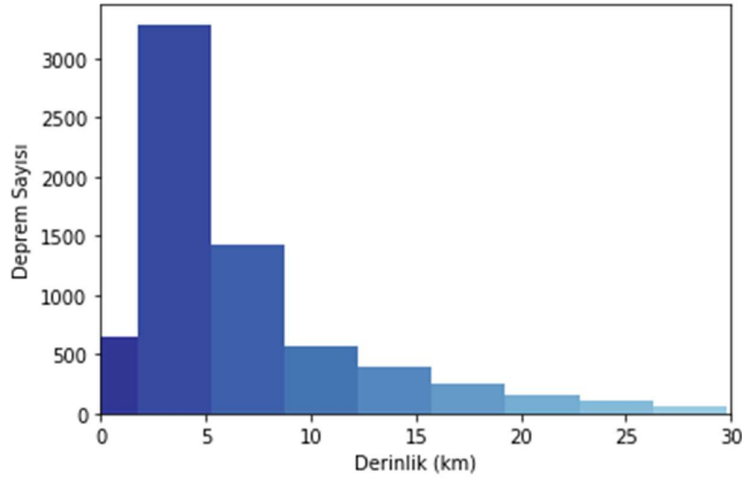
meydana gelmiştir. Bu deprem etkisi ile artan artçı sarsıntı dağılımının etkisi Şekil 1.8’de görülmektedir.



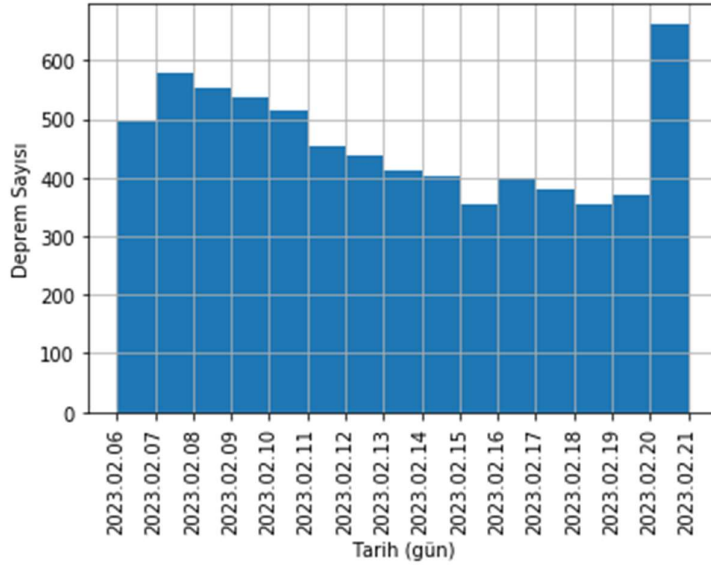
Şekil 1.4 : 06 Şubat 2023 $M_w7.7$ Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi ardından, 21 Şubat 2023’e kadar meydana gelmiş depremlerin büyüklük dağılımı



Şekil 1.5 : 06 Şubat 2023 $M_w7.7$ Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi ardından, 21 Şubat 2023’e kadar meydana gelmiş depremlerin büyüklük-deprem sayısı dağılımı

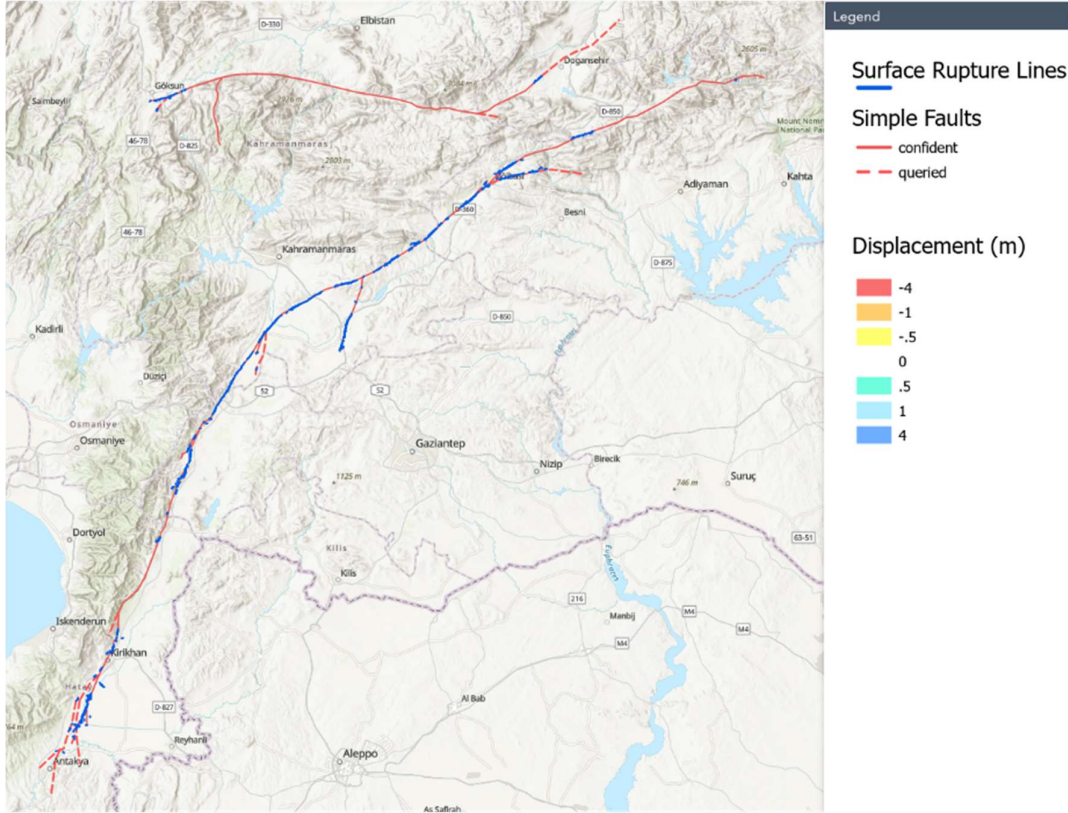


Şekil 1.6 : 06 Şubat 2023 $M_w7.7$ Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi ardından, 21 Şubat 2023'e kadar meydana gelmiş depremlerin derinlik-deprem sayısı dağılımı



Şekil 1.7 : 06 Şubat 2023 $M_w7.7$ Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi ardından, 21 Şubat 2023'e kadar meydana gelmiş depremlerin büyüklük-deprem sayısı dağılımı

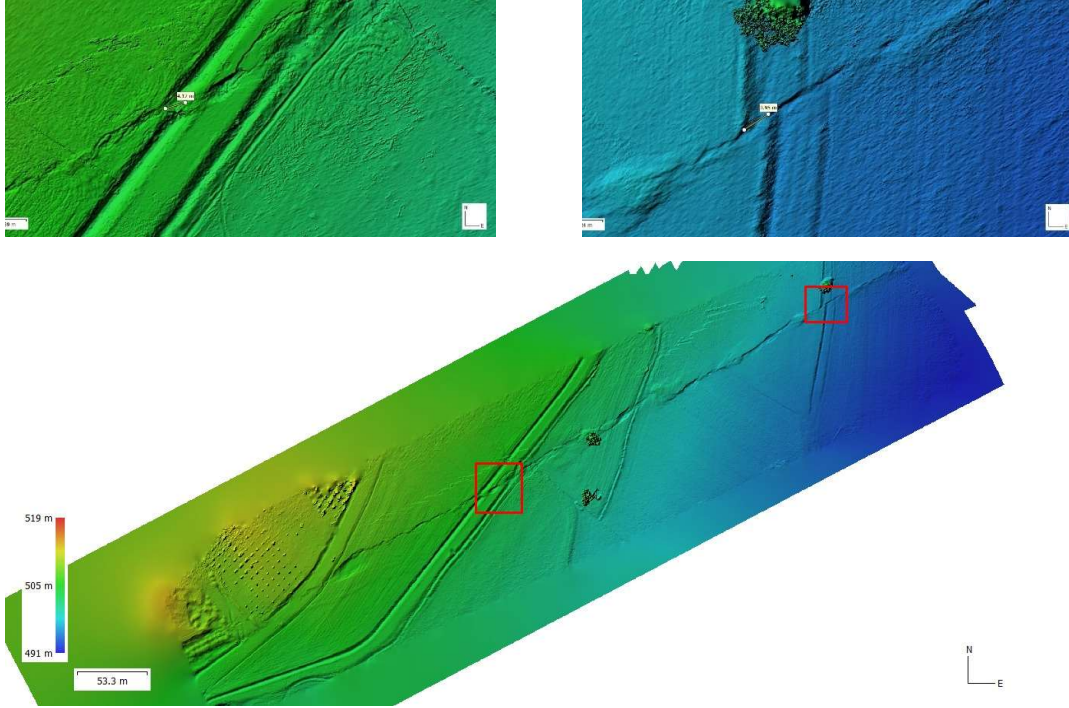
Meydana gelen ilk deprem DAFZ'nun kuzeyden güneye doğru Erkenek, Pazarcı ve Amanos fay segmentlerini kırarak yaklaşık 330km'lik bir hat boyunca yer yer yüzeye çıkarak kırılmaya neden olmuştur (Şekil 1.8) [USGS].



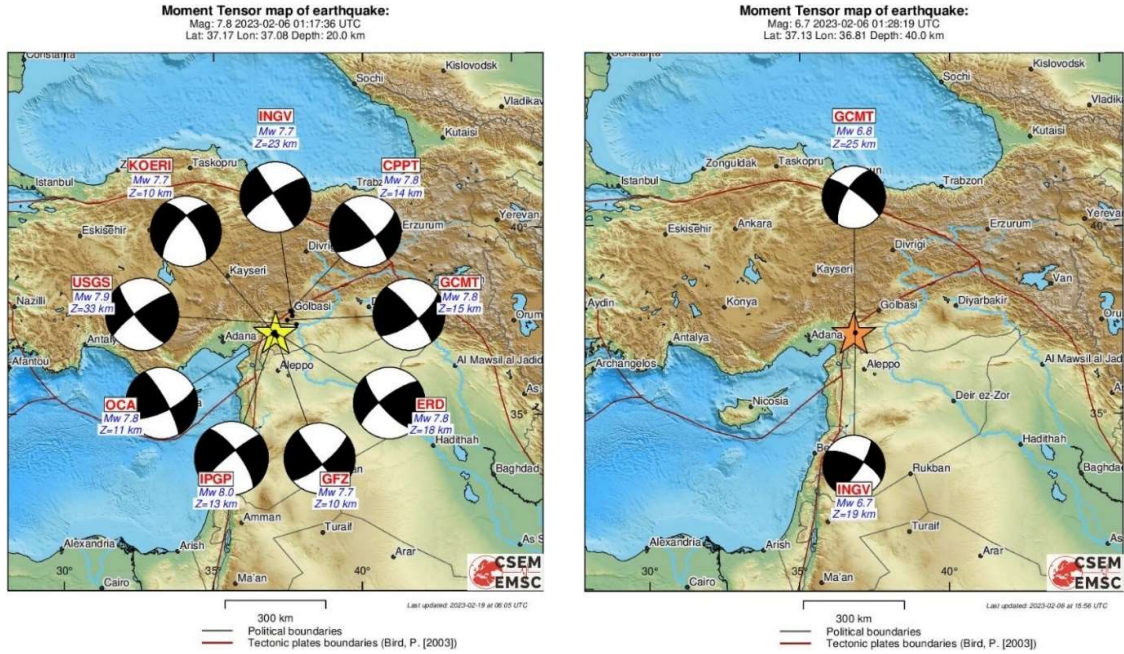
Şekil 1.8 : $M_w7.7$ ve $M_w7.6$ depremleri yüzey kırığı haritası [USGS] (Mapping was performed on WorldView 1, 2, and 3 and GeoEye 1 ((C) 2023 Maxar) images from the International Disaster Charter Activation for the 2023 Turkey Earthquakes).

Yerinde yapılan saha gözlemlerinde, Göksun, Gölbaşı, Türkoğlu, Şekeroba, Nurdağı ve İslahiye’de yüzey kırıkları gözlenmiş, drone ile hava fotoğrafı çekilerek, yüzey modellemesi yapılarak atım miktarı ölçülmüştür. Buna göre Şekeroba’da yapılan drone modelleme çalışmasında en yüksek atım 4.13 m olarak ölçülmüştür (Şekil 1.9).

Büyüklüğü $M_w7.7$ olan deprem DAFZ’nun karakteristiğine uygun şekilde faylanma mekanizmasına sahip olacak şekilde sol yanal doğrultu atımlıdır. Faylanma eksenini yaklaşık KD-GB yönelimli olup farklı kaynaklar tarafından yapılan mekanizma çözümleri Şekil 1.10’da verilmiştir. Farklı ulusal ve uluslararası merkezlerin çözümlerine bakıldığında hakim sol yanal atım yanısıra bu depremde normal faylanma bileşeninin de olduğu görülmektedir. Saha gözlemleri de bu bilgiyi teyid eder niteliktedir. Bu deprem ile aynı kırılma zonu üzerinde meydana gelen $M_w6.7$ büyüklüğündeki artçı deprem de benzer kaynak mekanizmasına sahiptir (Şekil 1.10).

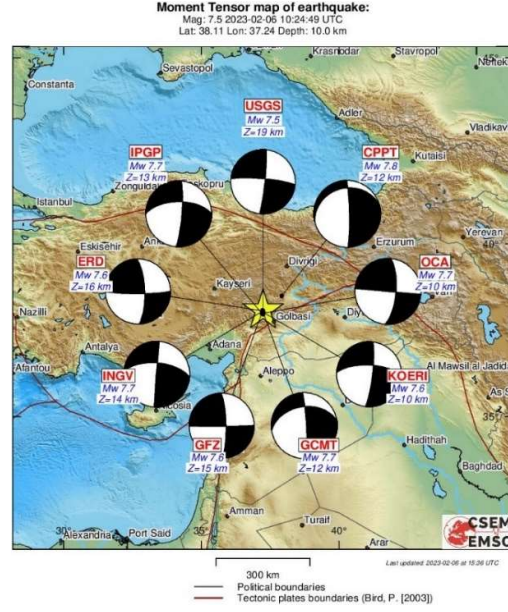


Şekil 1.9 : Şekeroba bölgesi drone görüntüsü ile fay yüzey kırığı modellenmesi

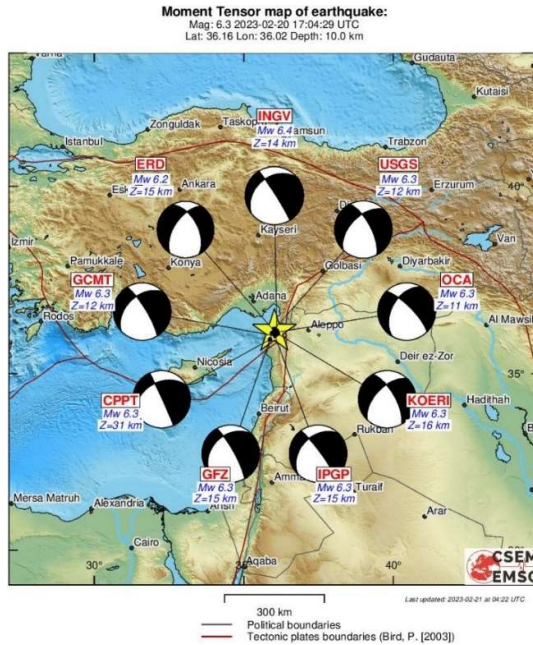


Şekil 1.10 : Farklı ulusal/uluslararası ağlar tarafından yapılan $M_w 7.7$ Pazarcık depremi kaynak mekanizması çözümü (sol); $M_w 7.7$ Pazarcık depreminin en büyük artçısı olan $M_w 6.7$ depremi kaynak mekanizması çözümü (sağ)

Elbistan merkezli depremin, kaynak mekanizması çözümleri DKD-BGB yönelimli sol yanal atımlı bir faylanmaya işaret etmektedir. Saha gözlemleri ve ölçümleri ile uyumludur (Şekil 1.11). Elbistan depremi, $M_w7.7$ büyüklüğündeki Pazarcık depremi ile farklı fay segmentinde meydana gelmiş ve bu deprem tarafından tetiklenmiş bir depremdir. Bölgede son olarak $M_w6.3$ büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 1.12).



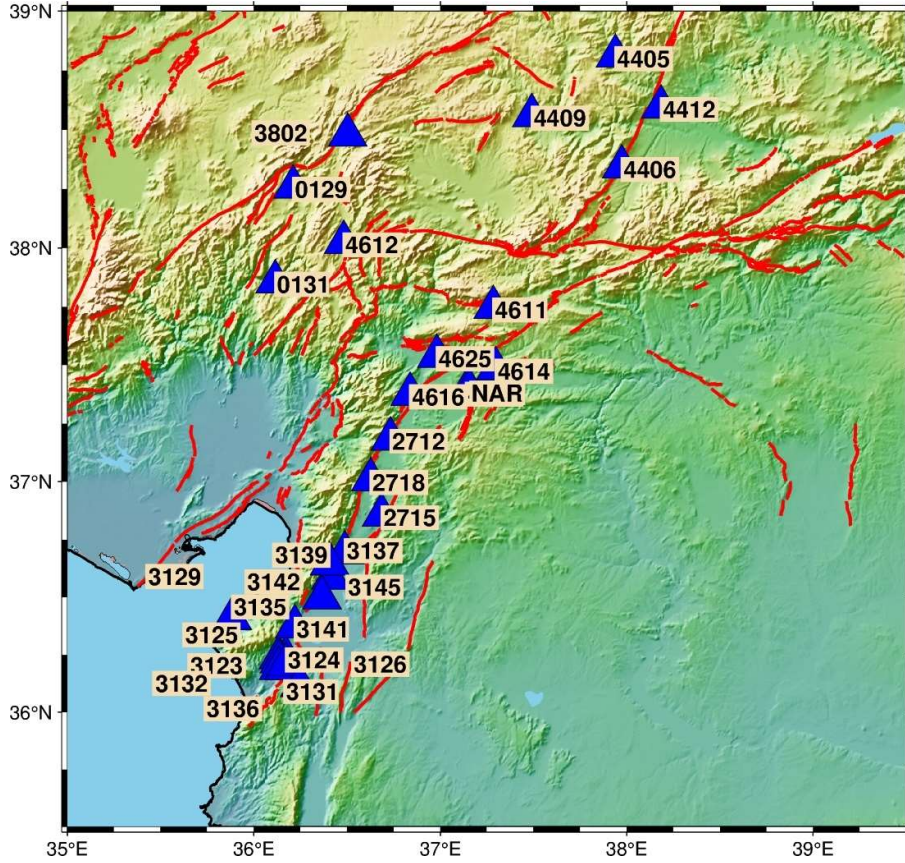
Şekil 1.11 : Farklı ulusal/uluslararası ağlar tarafından yapılan $M_w7.6$ Ekinözü depremi kaynak mekanizması çözümü



Şekil 1.12 : Farklı ulusal/uluslararası ağlar tarafından yapılan $M_w6.3$ Defne-Hatay depremi kaynak mekanizması çözümü

2. Kuvvetli Yer Hareketi Karakteristikleri

6 Şubat 2023 tarihinde yerel saat ile 04:17'de meydana gelen Pazarcık $M_w7.7$ (<https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/15499>) ve 13:24'te meydana gelen Elbistan $M_w7.6$ (<https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/15512>) depremleri bölgede konumlanmış olan AFAD ve KOERI istasyonları tarafından kaydedilmiştir. Depremlerin ardından, AFAD-TADAS tarafından sağlanan ivme kayıtlarına ulaşılarak her iki deprem için belirli sismik kayıtçılara ait sayısal veriler ASCII (*.asc) formatında web sayfası üzerinden temin edilmiştir (Son erişim 16.02.2022). Şekil 2.1'de bu çalışma kapsamında kullanılan kayıtçıların konumları gösterilmiştir. $M_w7.7$ Pazarcık Depremi için maksimum yer ivmesinin 350 gal ve üzeri olarak kaydedildiği 21 adet sismik kayıtçıya ait özellikler Tablo 2.1'de kaydedilen kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ait özellikler ile birlikte göstermektedir.



Şekil 2.1 : Çalışmada kullanılan kayıtçı istasyonlarının dağılım haritası

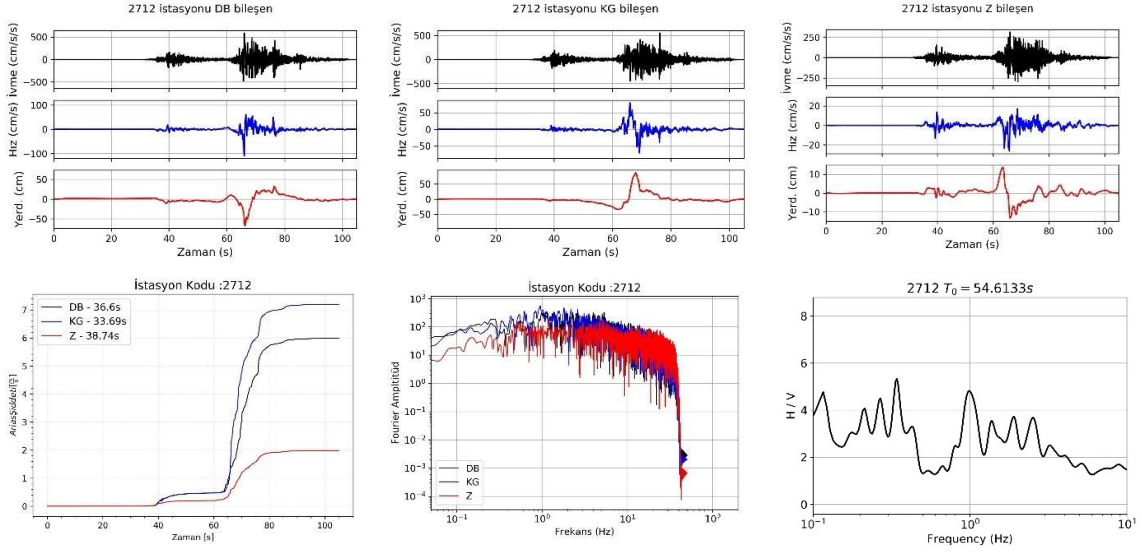
Tablo 2-1: Pazarcık Depremi $M_w7.7$ ivme kayıtları ve kuvvetli yer hareketi kayıtları özellikleri

İstasyon Bilgisi										AFAD Tablo			DARLA Data Analizi (AKM&ÜMT)			
İstasyon Kodu	Boylam	Enlem	İl	İlçe	R_b (km)	R_{rup} (km)	R_{epi} (km)	R_{hyp} (km)	V_{s30} (m/s)	Zemin Sınıfı	PGA_NS (cm/s ²)	PGA_EW (cm/s ²)	PGA_UD (cm/s ²)	PGA_NS (cm/s ²)	PGA_EW (cm/s ²)	PGA_UD (cm/s ²)
3129	36.1343	36.1912	Hatay	Defne	214.65	214.65	146.39	146.64	447.0	ZC	1350.49	1207.62	707.55	1350.50	1207.60	707.60
3126	36.1375	36.2202	Hatay	Antakya	211.96	211.96	143.54	143.80	350.0	ZD	1211.04	1030.18	1071.45	1186.60	999.10	945.70
3141	36.2197	36.3726	Hatay	Antakya	194.26	194.26	125.42	125.71	338.0	ZD	961.12	868.82	722.66	991.80	835.80	668.30
3125	36.1326	36.2381	Hatay	Antakya	210.71	210.71	142.15	142.41	448.0	ZC	822.62	1121.95	1151.56	772.70	1072.00	1055.50
3135	35.8831	36.4089	Hatay	Arsuz	212.40	212.40	142.15	142.41	460.0	ZC	740.97	1372.07	588.97	741.10	1314.70	574.90
2718	36.6266	37.0078	Gaziantep	İslahiye	22.76	22.76	48.30	49.06	-	-	702.42	644.97	585.79	650.60	624.80	584.20
3123	36.1597	36.2142	Hatay	Antakya	211.22	211.22	143.00	143.26	470.0	ZC	655.57	593.94	867.58	651.90	581.40	840.50
4616	36.8384	37.3755	Kahramanmaraş	Türkoğlu	81.78	81.78	20.54	22.27	390.0	ZC	652.76	502.87	397.27	664.30	488.30	382.70
3142	36.3661	36.4980	Hatay	Kırıkhan	175.15	175.15	106.49	106.84	539.0	ZC	646.63	749.51	505.89	635.60	735.80	470.10
NAR	37.1574	37.3919	Kahramanmaraş	Pazarcık	55.60	55.60	15.35	17.60	-	-	646.50	578.80	398.66	646.50	578.80	398.70
3145	36.4064	36.6454	Hatay	Kırıkhan	160.58	160.58	91.13	91.54	533.0	ZC	600.04	696.39	663.18	589.90	693.10	609.30
4615	37.1380	37.3868	Kahramanmaraş	Pazarcık	57.36	57.36	13.83	16.28	484.0	ZC	587.74	556.46	664.58	587.70	556.50	664.60
3139	36.4144	36.5838	Hatay	Kırıkhan	165.13	165.13	96.19	96.57	272.0	ZD	577.13	504.82	378.62	572.90	504.10	353.30
3124	36.1722	36.2387	Hatay	Antakya	208.40	208.40	140.11	140.37	283.0	ZD	572.63	638.32	578.08	568.80	618.70	579.10
2712	36.7328	37.1840	Gaziantep	Nurdagi	99.71	99.71	29.79	31.01	-	-	554.85	602.66	346.12	551.50	588.50	315.30
3136	36.2472	36.1159	Hatay	Altınözü	215.21	215.21	148.38	148.63	344.0	ZD	534.22	401.97	220.46	518.00	382.60	218.40
3132	36.1716	36.2067	Hatay	Antakya	211.21	211.21	143.12	143.38	377.0	ZC	515.31	514.63	354.18	500.90	507.70	356.20
2715	36.6856	36.8554	Gaziantep	İslahiye	27.39	27.39	57.62	58.25	-	-	456.12	340.76	263.92	373.90	298.10	166.50
3137	36.4885	36.6929	Hatay	Hassa	151.71	151.71	82.48	82.93	688.0	ZC	453.09	848.01	501.98	425.60	747.30	446.20
4625	36.9819	37.5387	Kahramanmaraş	Dulkadiroğlu	64.43	64.43	28.40	29.67	346.0	ZD	448.15	483.65	367.37	447.00	469.50	352.10
3131	36.1633	36.1912	Hatay	Antakya	213.03	213.03	144.98	145.23	567.0	ZC	363.03	366.05	153.96	355.50	354.80	146.40

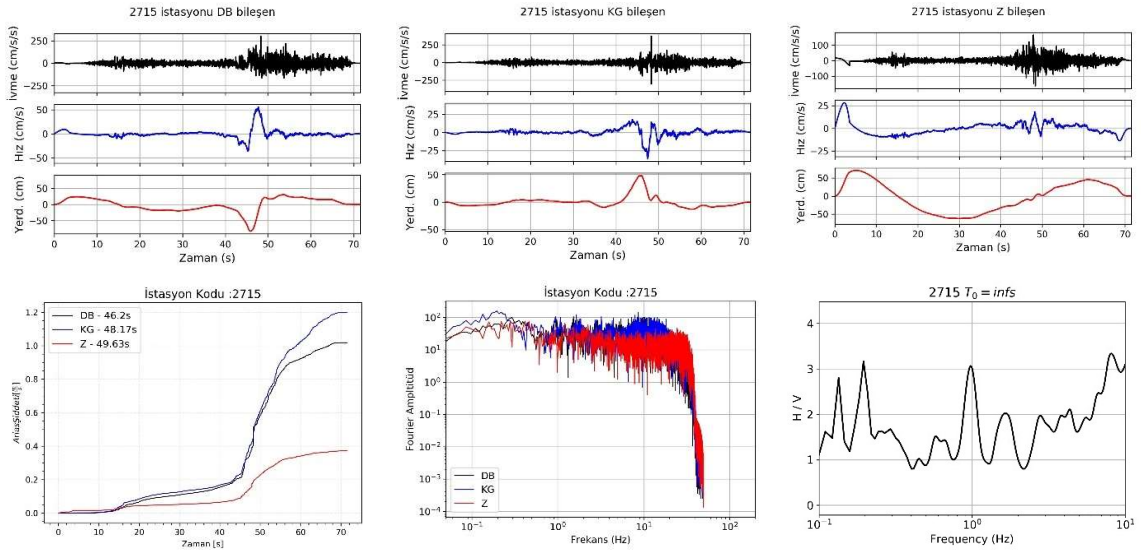
İlgili depremlere ait, mühendislik şiddet parametreleri hesabı için literatürde tanımlı ve geçerli olan ampirik bağıntı ve formüller kullanılmıştır. Her bir depreme ait ivme-hız-yerdeğiştirme zaman serileri üretilmiş (Şekil 2.2-2.11) ve zaman serilerinin Arias şiddetleri [Arias, 1970] ile frekans içerikleri (Fourier Amplitude – Frequency grafikleri) hesaplanmıştır. Fourier dönüşümü yöntemi, lineer sistemlerin karakterize edilmesinde ve sinyalin frekans içeriğini tanımlamada uzun yıllardır kullanılan bir yöntemdir. Kayıtlardan elde edilen sinyallere Fourier dönüşümü uygulanmış ve sinyal frekans içerikleri değerlendirilmiştir.

Hâkim frekans hesabında yatay ve düşey bileşenlerin geometrik ortalamalarını kullanarak analizler yapılmıştır (Şekil 2.2-2.11). Zemin koşulları ve büyütme değerlerinin farklı alıcı, kaynak ve yazılımlarla hesaplanması ve sonuçların karşılaştırmalı olarak ele alınması üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla yatay düşey spektral oran yöntemi (HVSR) kullanılmış ve hesaplanan zemin hâkim frekans değerleri yorumlanmıştır. Ayrıca meydana gelen deprem sonrasında yapılar etkileyen deprem yükünün belirlenmesi ve bölgede oluşan hasarın değerlendirilmesi amacıyla farklı zeminlerde konumlanmış olan istasyonlardan alınan kayıtlar kullanılarak davranış spektrumları elde edilmiştir. HVSRpy yazılımı tercih edilmiştir [Vantassel, 2020].

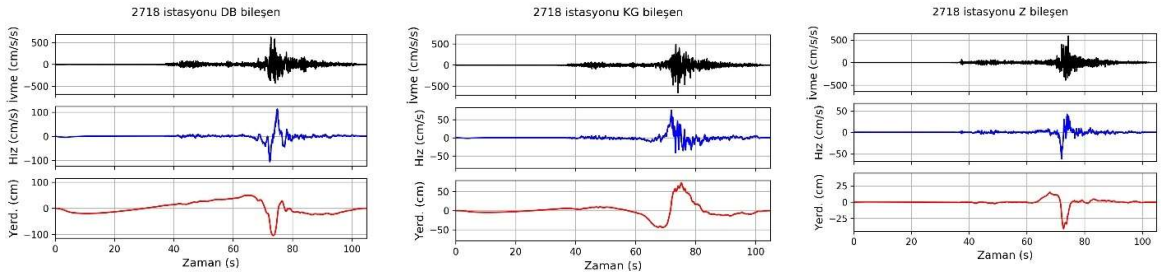
Şekil 2.2-2.11 Pazarcık $M_w7.7$ depreminde 10 farklı istasyonda kaydedilen kuvvetli yer hareketlerinin karakteristik özelliklerini gösterilmektedir.

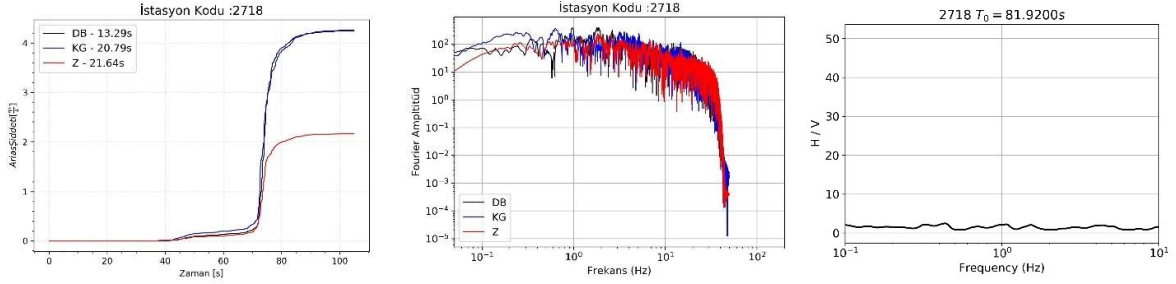


Şekil 2.2 : TK2712 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

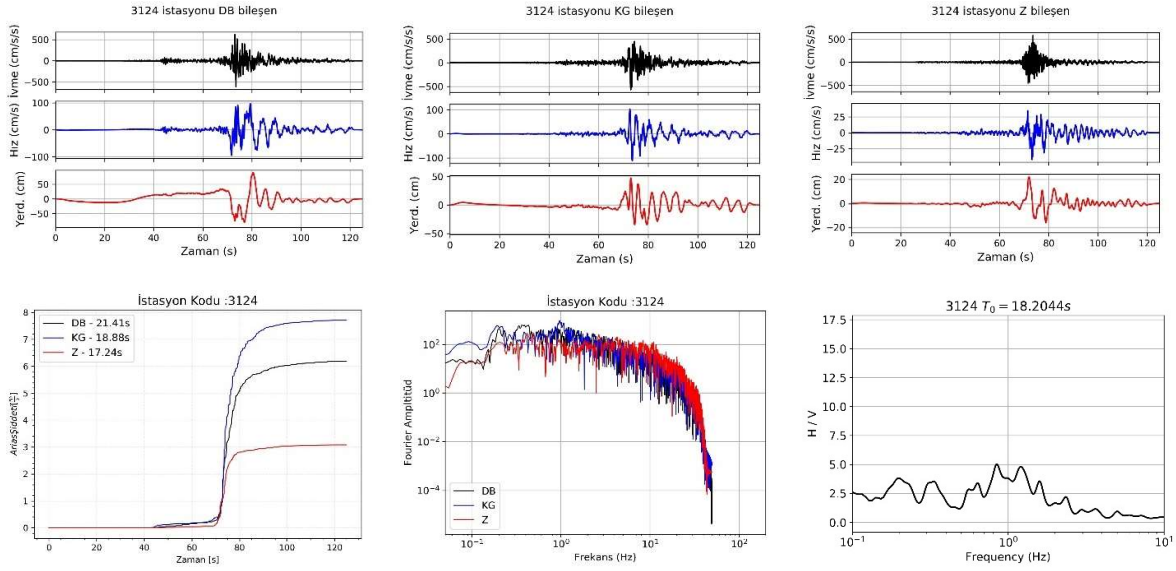


Şekil 2.3 : TK2715 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

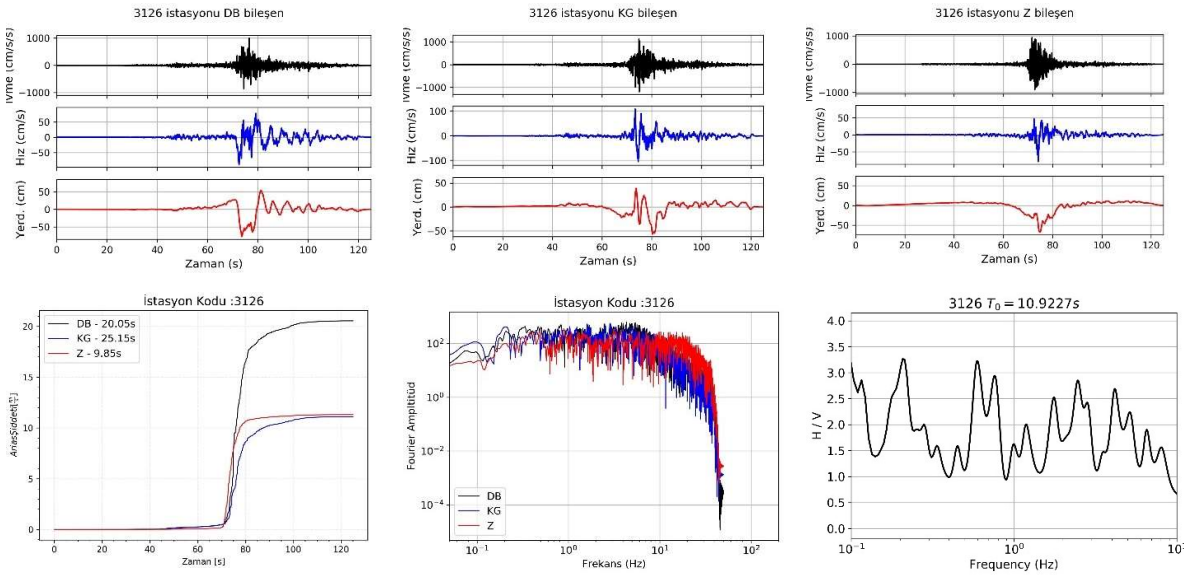




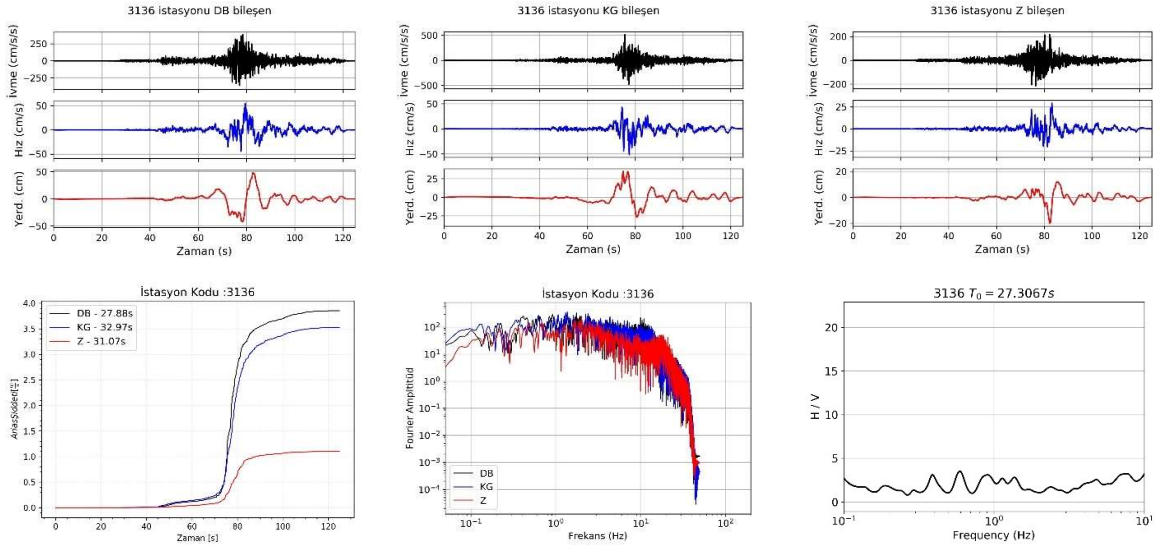
Şekil 2.4 : TK2718 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler



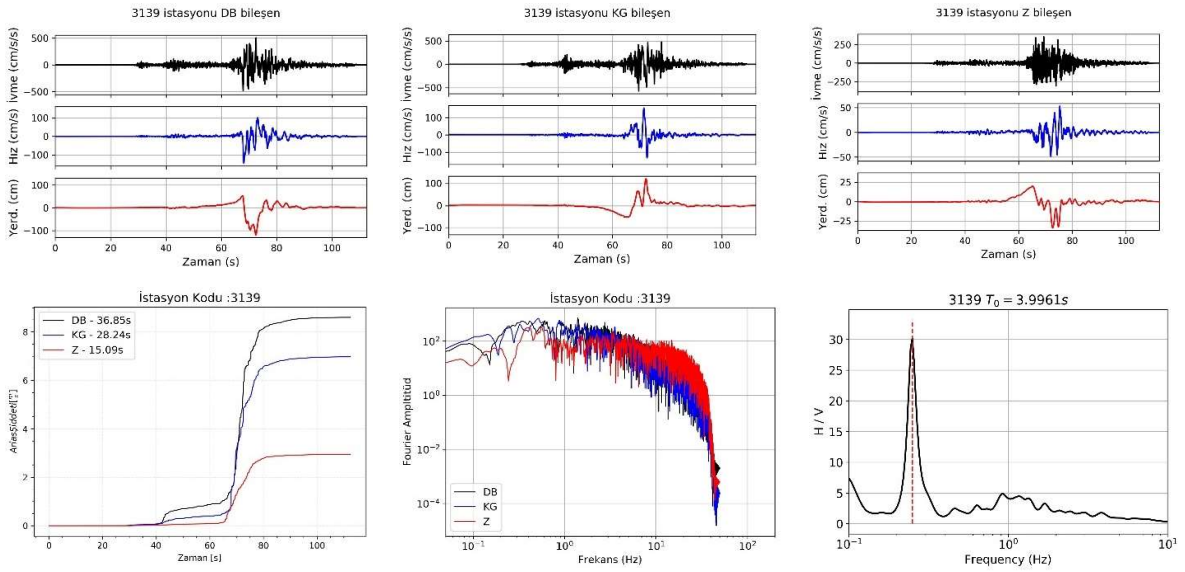
Şekil 2.5 : TK3124 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler



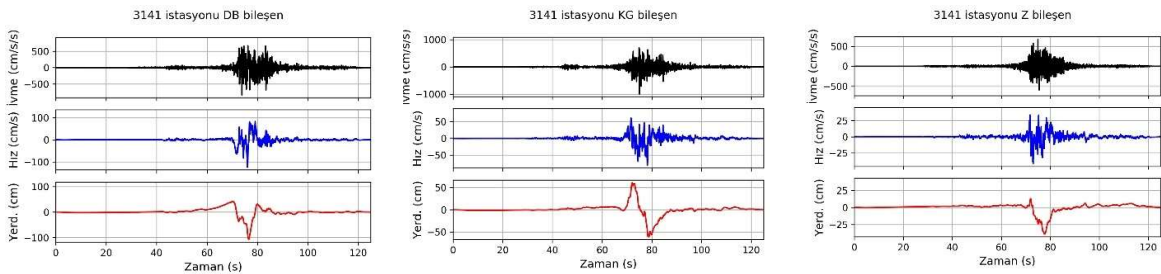
Şekil 2.6 : TK3126 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

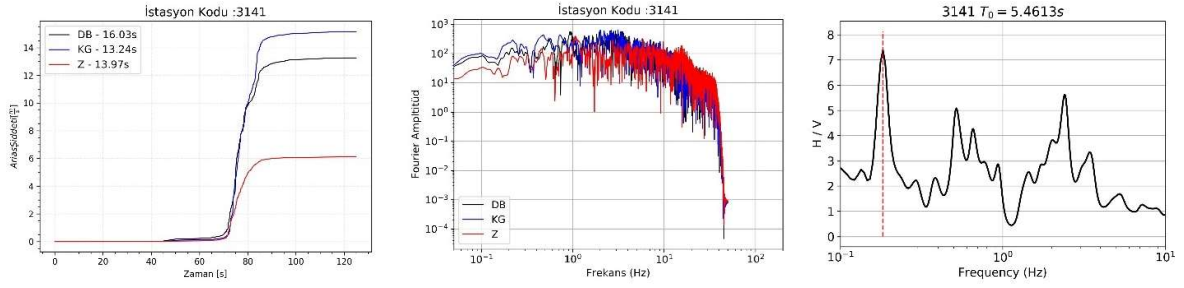


Şekil 2.7 : TK3136 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

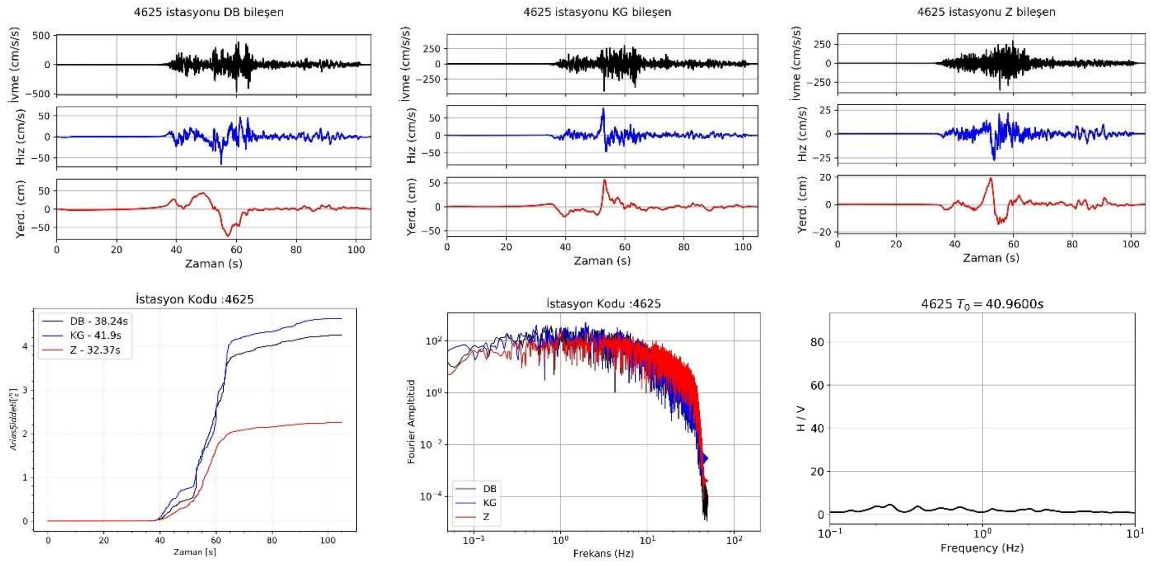


Şekil 2.8 : TK3139 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

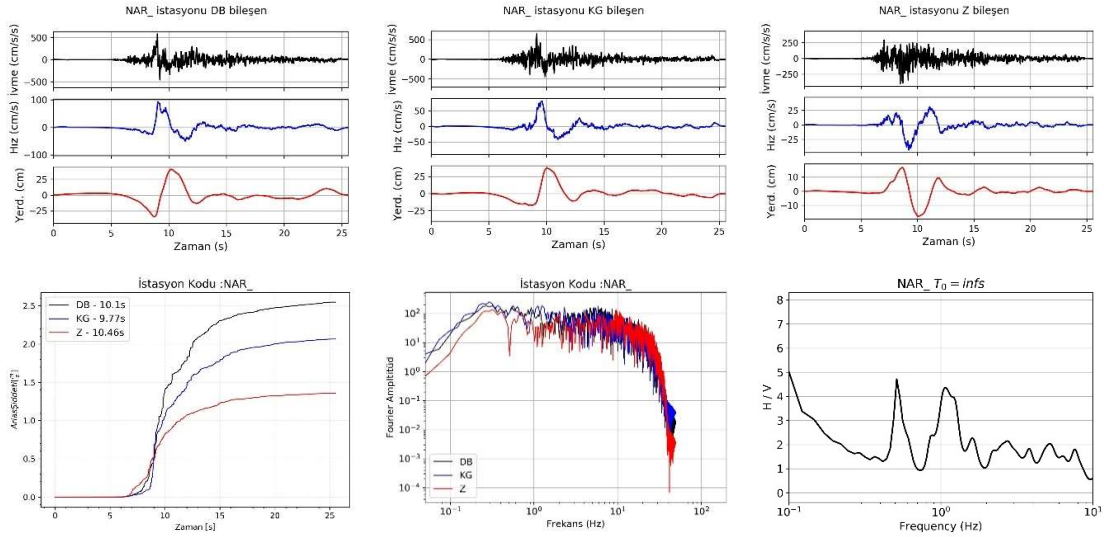




Şekil 2.9 : TK3141 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

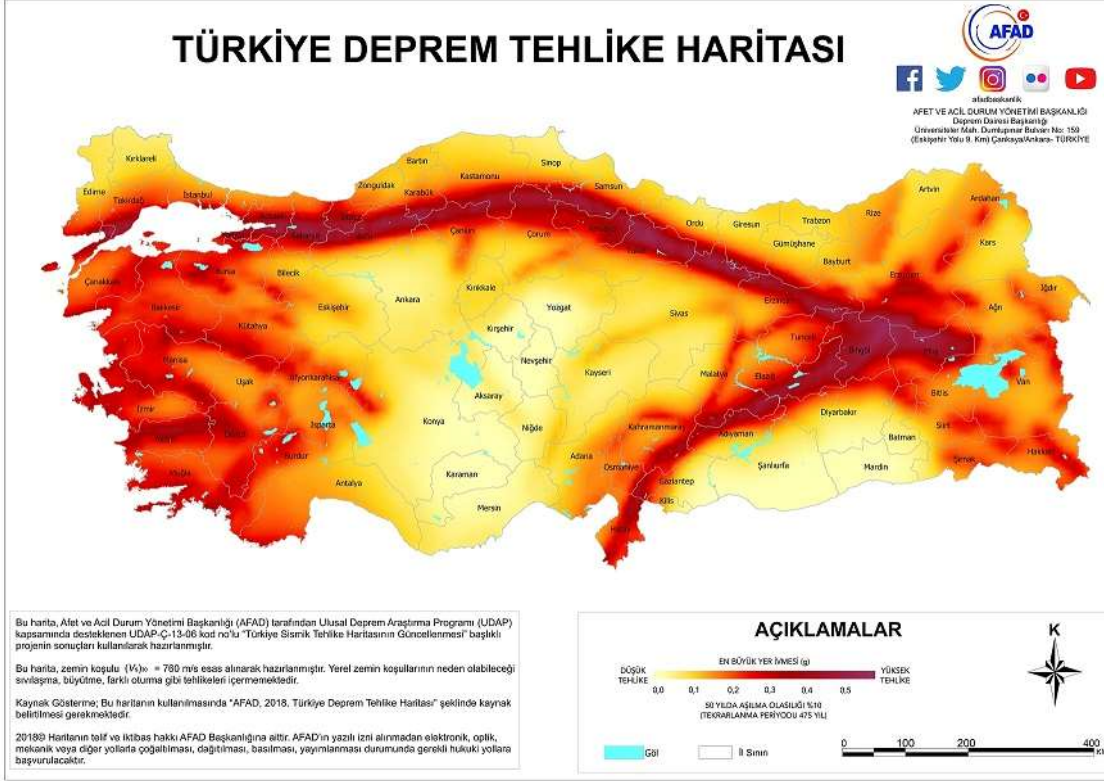


Şekil 2.10 : TK4625 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler



Şekil 2.11 : TKNAR istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

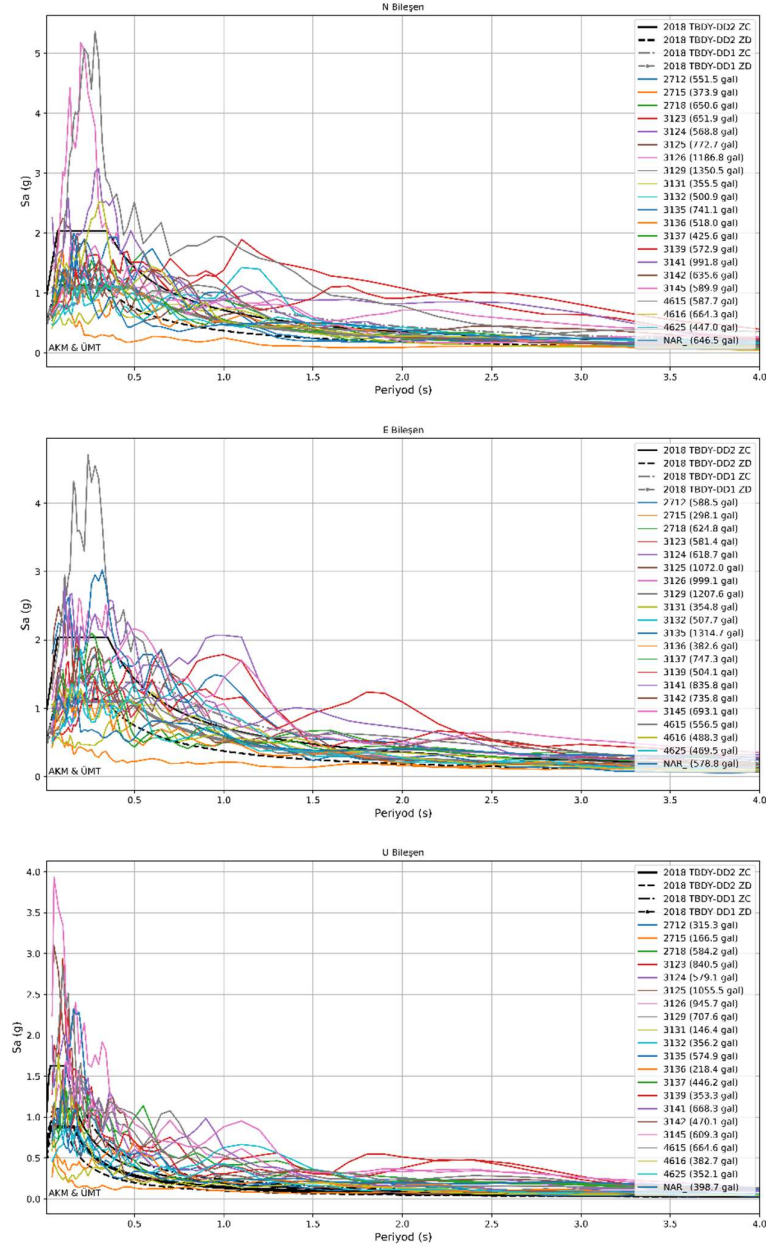
Binaların deprem etkisi altında tasarımında/değerlendirilmesinde esas alınacak deprem yer hareketlerine ilişkin veriler, dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Tehlike Haritası (Şekil 2.12) ile tanımlanmıştır (<https://tdth.afad.gov.tr/>).



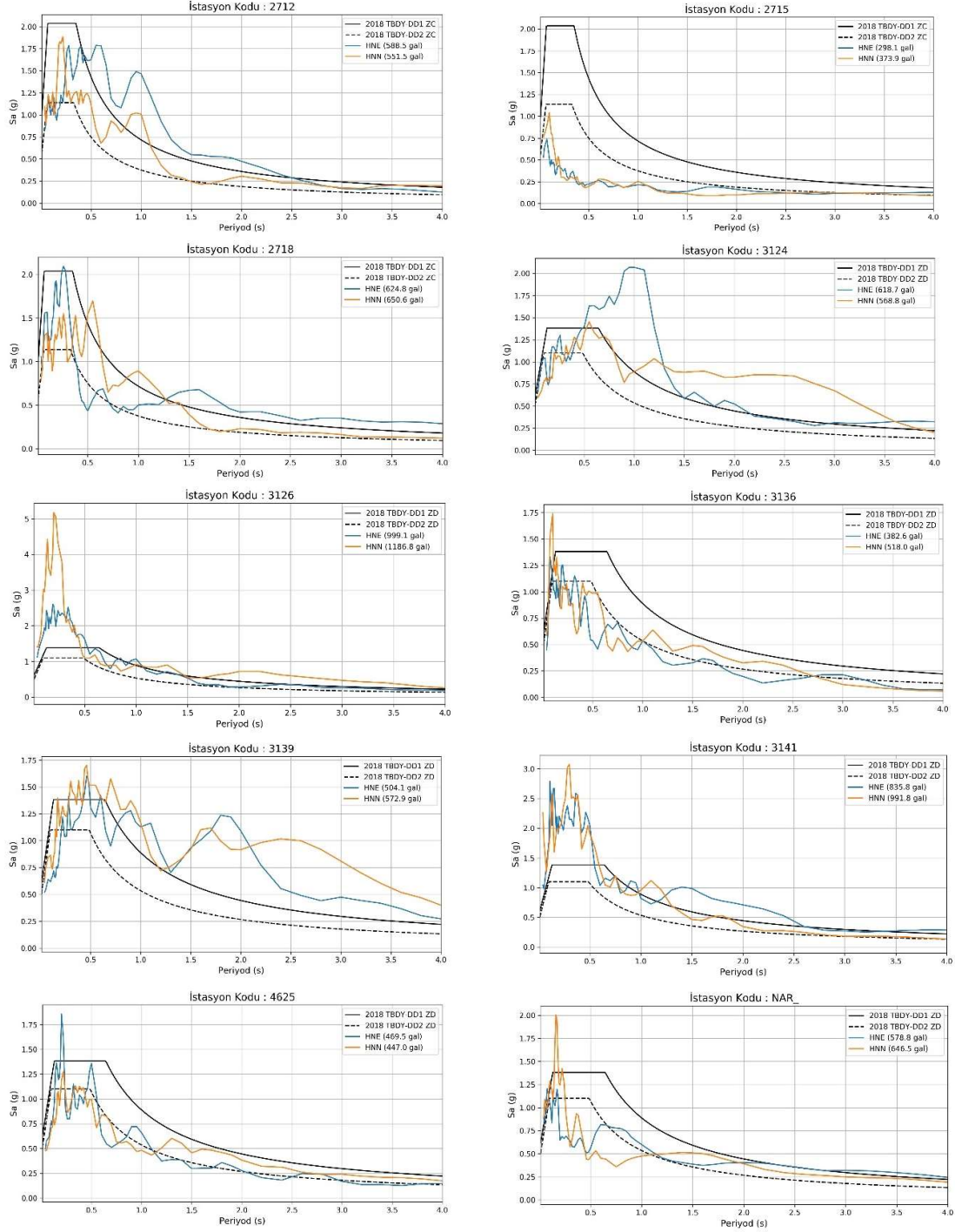
Şekil 2.12 : Türkiye Deprem Tehlike Haritası, 2018 (AFAD)

Meydana gelen depremlerin merkez üssü ve kayıtçıların koordinatları göz önüne alınarak Türkiye Deprem Tehlike Haritasından kısa periyot spektral ivme katsayısı (S_s) ve 1.0 saniye periyot için spektral ivme katsayısı (S_1) değerleri elde edilmiştir. Deprem yer hareketi spektrumları, DD1 ve DD2 deprem yer hareketi düzeyleri esas alınarak %5 sönüm oranı için, seçilen bu spektral ivme katsayılarına ve istasyonların bulunduğu bölgeye ait yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak tanımlanmıştır. DD1, 50 yılda aşılması olasılığı %2 olan ve geri dönüş periyodu 2475 yıl olan büyük depremi, DD2 ise 50 yılda aşılması olasılığı %10 olan ve geri dönüş periyodu 475 yıl olan tasarım depremini ifade etmektedir. Her bir istasyonda kaydedilen ivme kaydına ait davranış spektrumu hesabında literatürde sıklıkla kullanılan bir sayısal hesaplama yöntemi olan Newmark metodu [Newmark, 1959] kullanılmıştır.

Her bir istasyondan alınan kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ait davranış spektrumları ve istasyonların koordinatlarına bağlı olarak iki ayrı yerel zemin sınıfı için TBDY-2018'de tanımlanmakta olan yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 2.13'te gösterilmiştir.



Şekil 2.13 : 06 Şubat 2023 Pazarcık $M_w7.7$ Depremindeki kuvvetli yer hareketi kayıtlarının davranış spektrumları ile TBDY-2018 tasarım spektrumlarının karşılaştırması



Şekil 2.14 : 06 Şubat 2023 Pazarcık M_w 7.7 Depreminde 10 istasyonda kaydedilen kuvvetli yer hareketi kayıtlarının davranış spektrumları ile TBDY-2018 tasarım spektrumlarının karşılaştırması

Şekil 2.14’te her bir istasyonda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait elde edilen sonuçlar incelendiğinde; 4625, NAR ve 3136 istasyonlarında meydana gelen spektral ivmeler, 50 yılda aşılması olasılığı 475 yıl olan tasarım depremine yakın sonuçlar işaret etmektedir. 2712, 3124

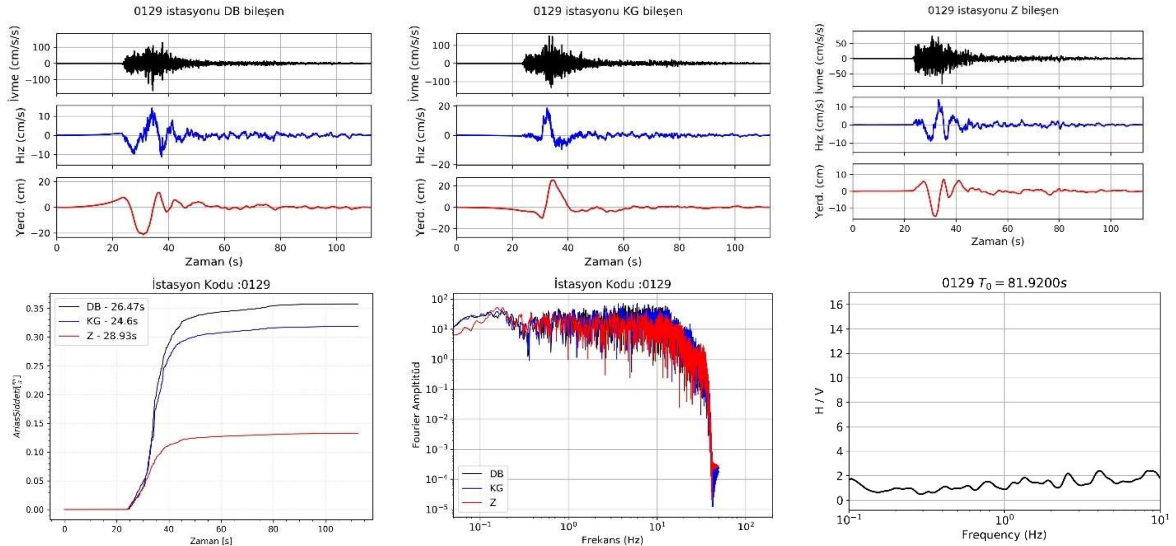
ve 3139 istasyonlarında ise özellikle orta-yüksek yapıların periyot bölgesinde büyütme etkisi olduğu gözlenmektedir. Diğer istasyonlarda kaydedilen kayıtların davranış spektrumları ise özellikle kısa periyot bölgesinde dikkat çekici yüksek spectral ivme değerlerini işaret etmektedir.

M_w 7.6 Elbistan Depremi için maksimum yer ivmesinin 150 gal ve üzeri olarak kaydedildiği 10 adet sismik kayıtçıya ait özellikler Tablo 2.2’de kaydedilen kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ait özellikler ile birlikte göstermektedir.

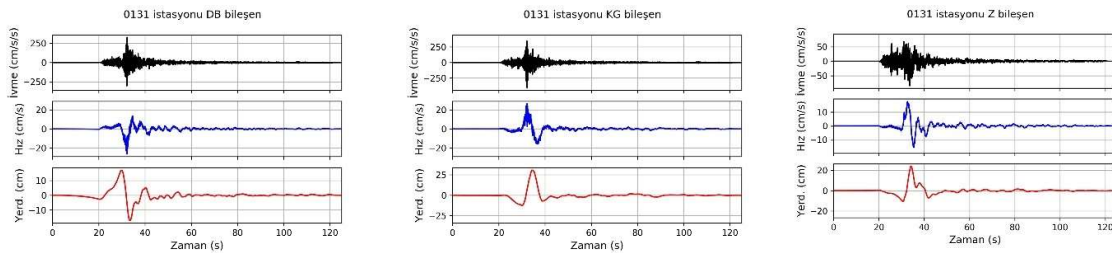
Tablo 2-2: Elbistan Depremi M_w 7.6 ivme kayıtçıları ve kuvvetli yer hareketi kayıtları özellikleri

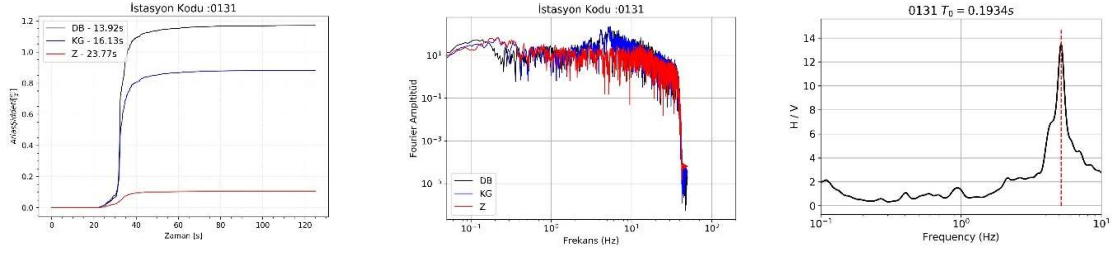
İstasyon Bilgisi										AFAD Tablo			DARLA Data Analizi (AKM&ÜMT)			
İstasyon Kodu	Boylam	Enlem	İl	İlçe	R_{β} (km)	R_{rup} (km)	R_{epi} (km)	R_{syp} (km)	V_{s30} (m/s)	Zemin Sınıfı	PGA_NS (cm/s ²)	PGA_EW (cm/s ²)	PGA_UD (cm/s ²)	PGA_NS (cm/s ²)	PGA_EW (cm/s ²)	PGA_UD (cm/s ²)
4612	36.4819	38.0240	Kahramanmaraş	Göksun	94.52	94.52	66.68	67.05	246.0	ZD	635.45	523.21	494.91	627.20	520.70	430.20
4406	37.9738	38.3439	Malatya	Akçadağ	109.15	109.15	70.17	70.52	815.0	ZB	467.20	409.31	318.75	444.70	382.50	284.90
0131	36.1153	37.8566	Adana	Saimbeyli	130.83	130.83	101.83	102.07	-	-	402.32	331.69	85.29	404.20	325.00	84.50
4409	37.4908	38.5606	Malatya	Darand	114.09	114.09	56.86	57.28	-	-	287.04	218.04	124.28	252.10	193.80	85.90
3802	36.5036	38.4781	Kayseri	Sarız	66.94	66.94	77.41	77.73	305.0	ZD	195.79	220.88	122.81	193.10	217.70	119.80
4611	37.2843	37.7472	Kahramanmaraş	Çağayancerit	97.41	97.41	38.21	38.85	731.0	ZC	194.40	139.04	72.57	192.30	133.50	71.30
4614	37.2978	37.4851	Kahramanmaraş	Pazarckık	126.57	126.57	67.35	67.71	671.0	ZC	160.82	206.05	89.21	160.60	197.60	80.20
4412	38.1839	38.5969	Malatya	Yazihan	142.61	142.61	99.89	100.14	-	-	159.03	126.38	79.90	157.80	126.00	79.00
4405	37.9396	38.8107	Malatya	Hekimhan	152.67	152.67	100.81	101.05	579.0	ZC	155.41	158.05	121.88	147.60	151.60	125.30
0129	36.2109	38.2592	Adana	Tufanbeyli	99.27	99.27	91.84	92.11	965.0	ZB	154.46	172.18	83.75	150.40	168.70	82.80

Şekil 2.15-2.24 Elbistan M_w 7.6 depreminde 10 farklı istasyonda kaydedilen kuvvetli yer hareketlerinin karakteristik özelliklerini gösterilmektedir.

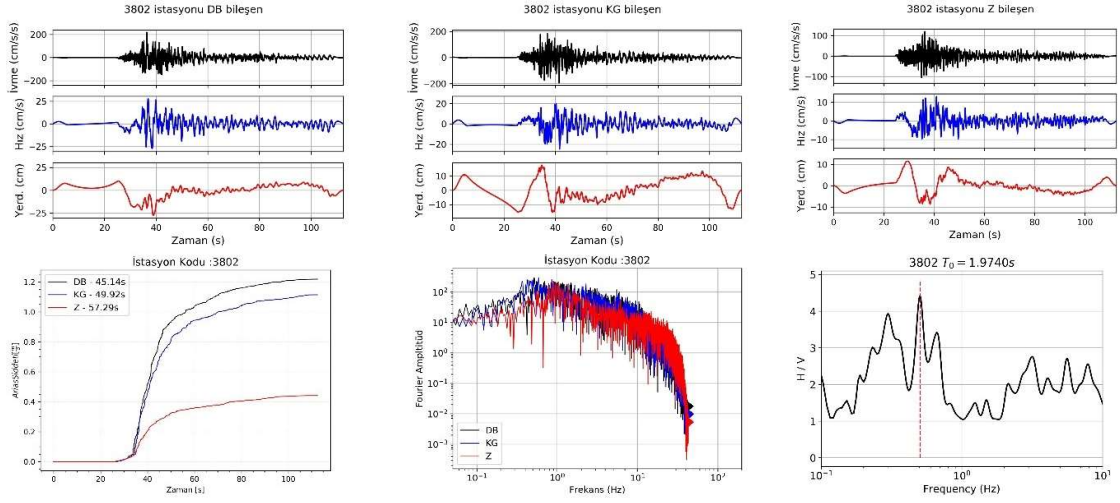


Şekil 2.15 : TK0129 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

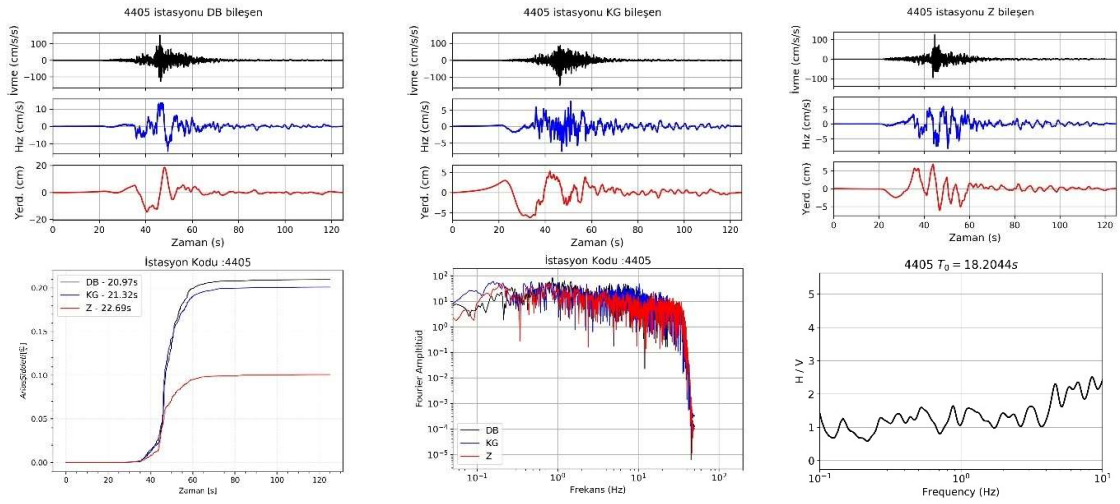




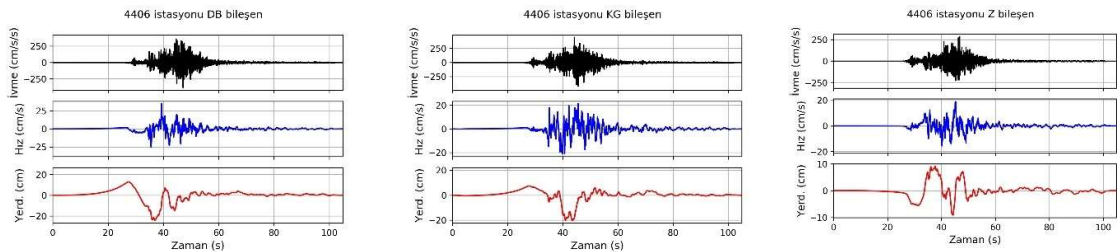
Şekil 2.16 : TK0131 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

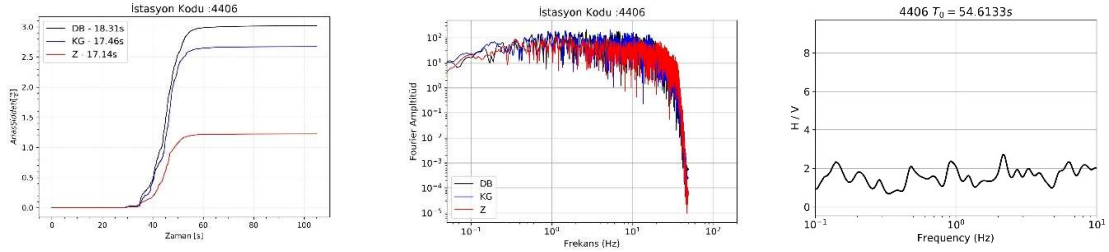


Şekil 2.17 : TK3802 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

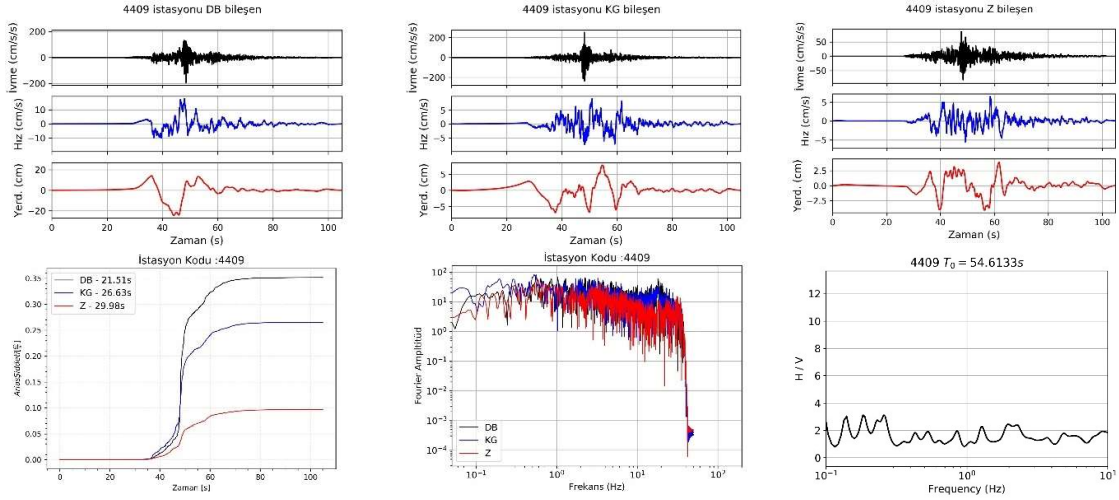


Şekil 2.18 : TK4405 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

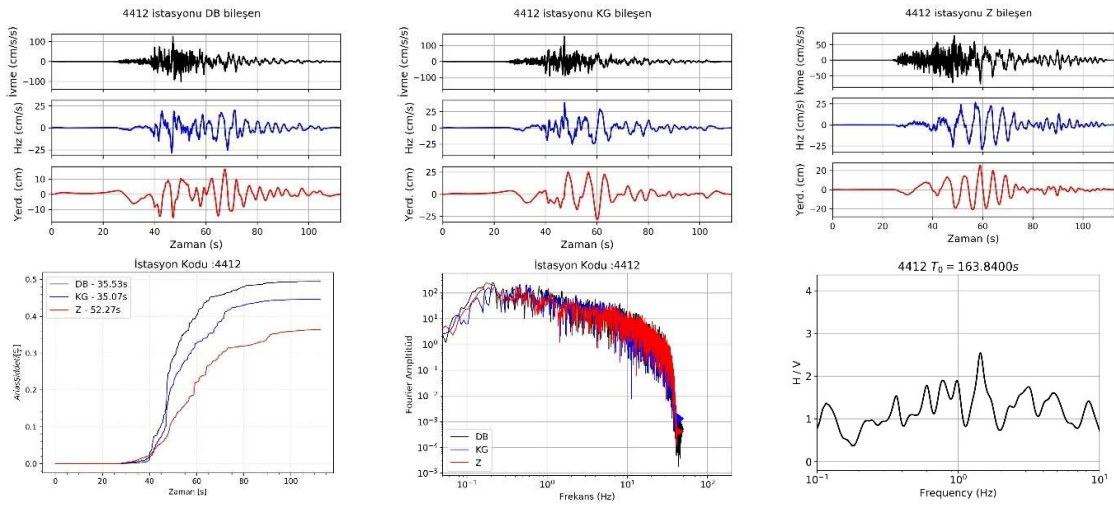




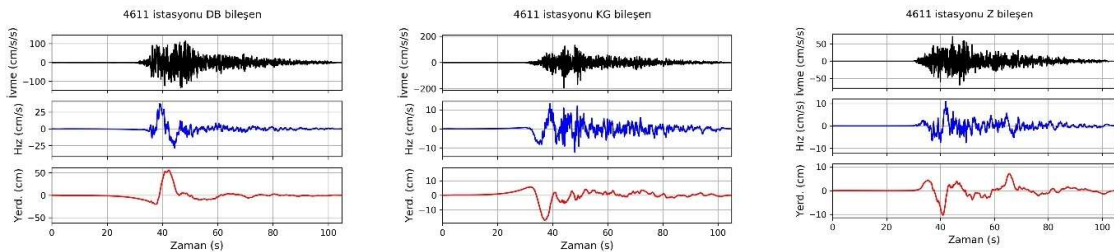
Şekil 2.19 : TK4406 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

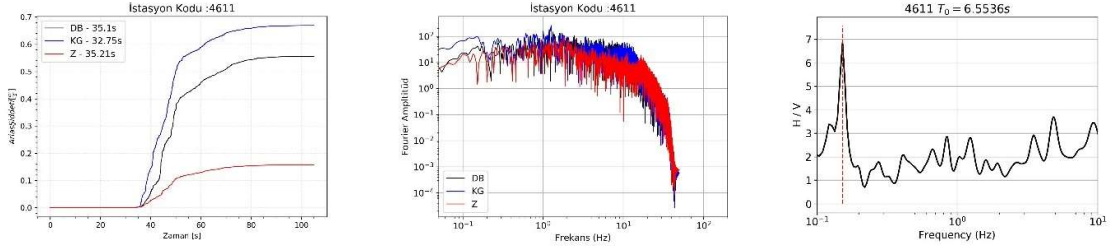


Şekil 2.20 : TK4409 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

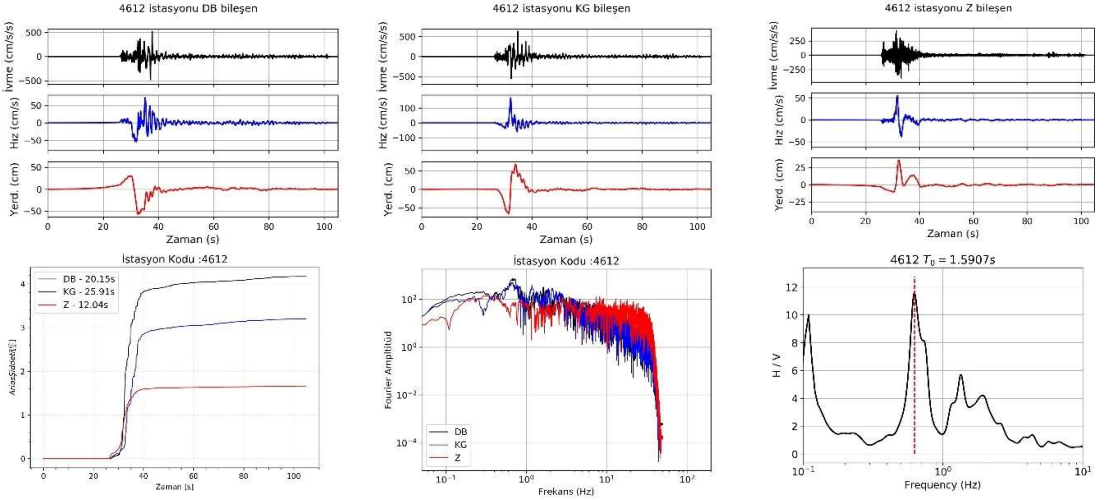


Şekil 2.21 : TK4412 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

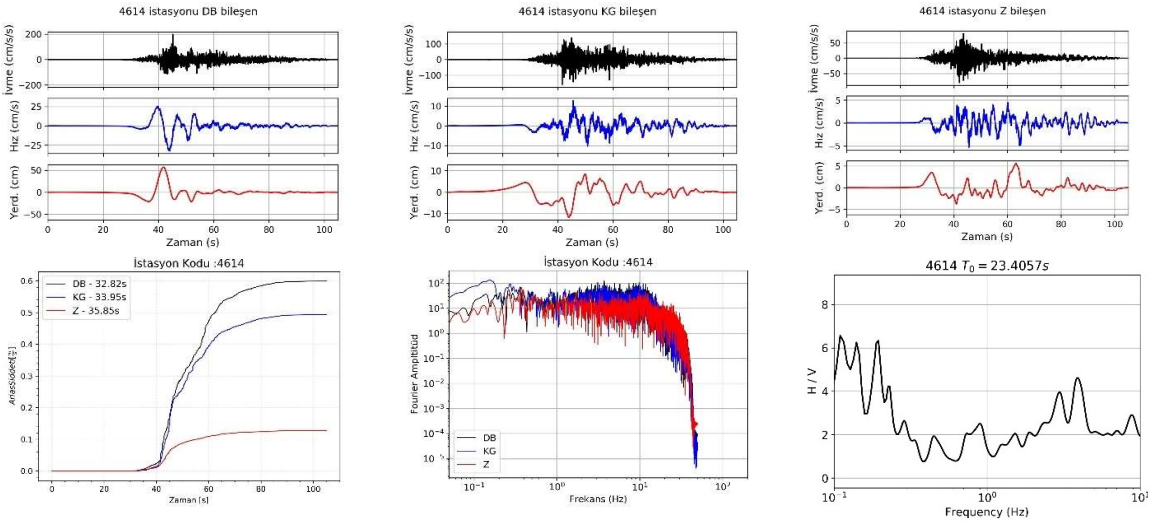




Şekil 2.22 : TK4611 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler



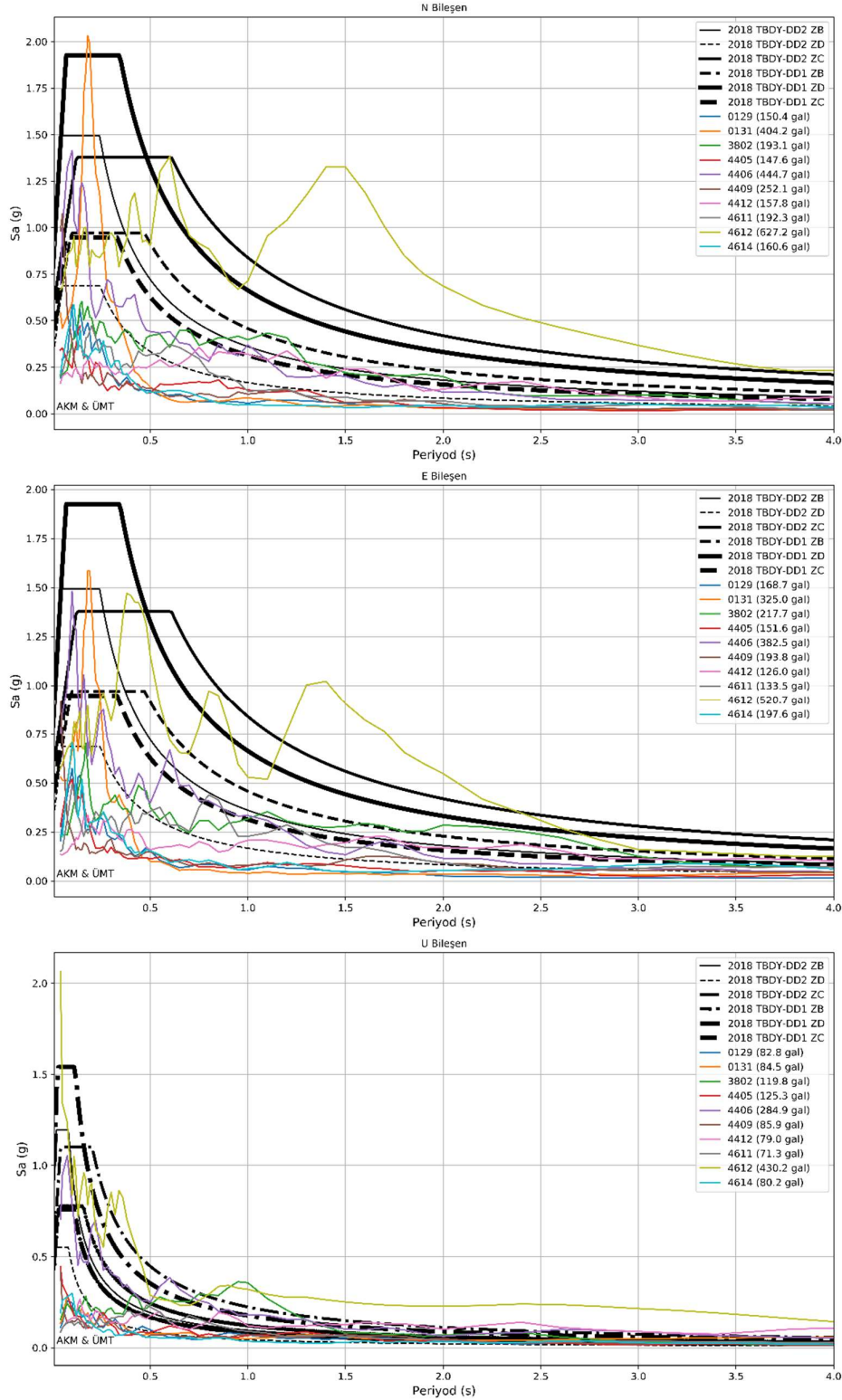
Şekil 2.23 : TK4612 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler



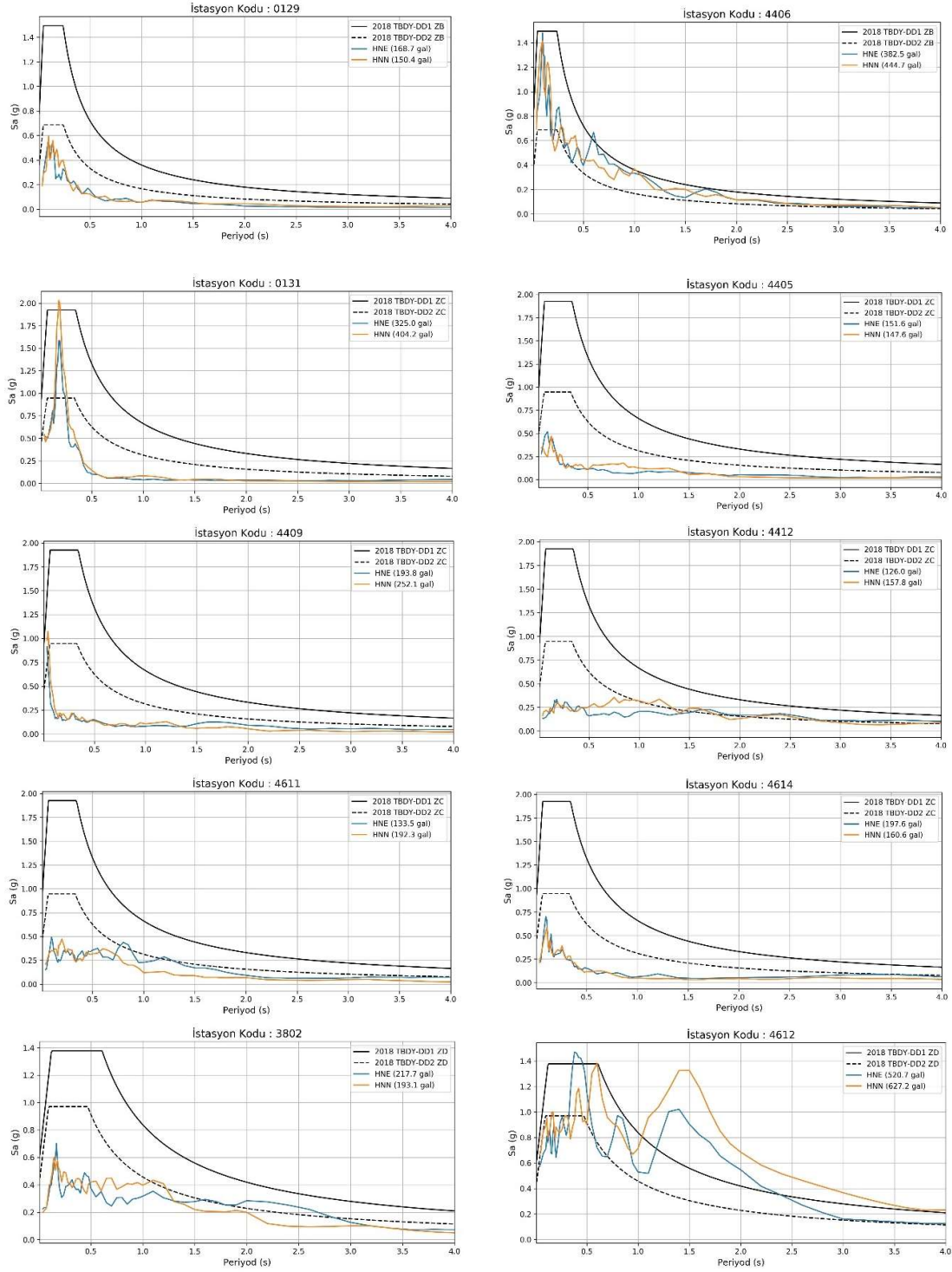
Şekil 2.24 : TK4614 istasyonunda kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait karakteristikler

Her bir istasyondan alınan kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ait davranış spektrumları ve istasyonların koordinatlarına bağlı olarak her üç yerel zemin sınıfı için TBDY-2018'de tanımlanmakta olan yatay ve düşey elastic tasarım spektrumları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 2.25'te gösterilmiştir. DD1, 50 yılda aşılması olasılığı %2 olan ve geri dönüş periyodu 2475 yıl

olan büyük depremi, DD2 ise 50 yılda aşılması olasılığı %10 olan ve geri dönüş periyodu 475 yıl olan tasarım depremini ifade etmektedir.



Şekil 2.25 : 06 Şubat 2023 Elbistan M_w 7.6 depremindeki kuvvetli yer hareketi kayıtlarının davranış spektrumları ile TBDY-2018 tasarım spektrumlarının karşılaştırması



Şekil 2.26 : 06 Şubat 2023 Elbistan M_w 7.6 Depreminde 10 istasyonda kaydedilen kuvvetli yer hareketi kayıtlarının davranış spektrumları ile TBDY-2018 tasarım spektrumlarının karşılaştırması

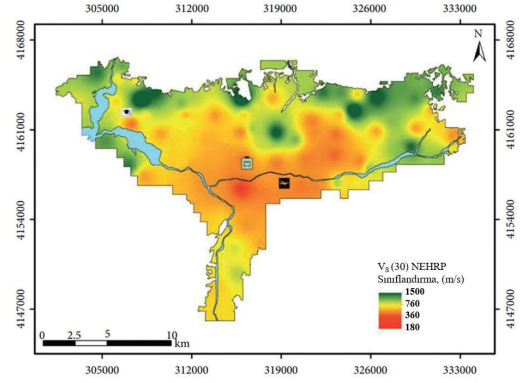
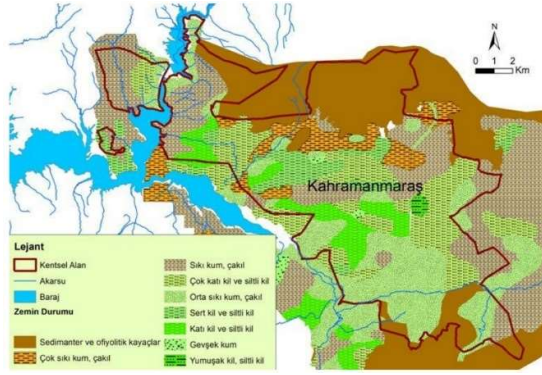
3. Geoteknik Saha Gözlemleri

Bölgede deprem kaynaklı geoteknik problemler olarak sıvılaşma, sıvılaşma kaynaklı yanal yayılmalar ve oturmalar, heyelanlar, şev stabilitesi sorunları ve kaya düşmeleri gözlemlenmiştir.

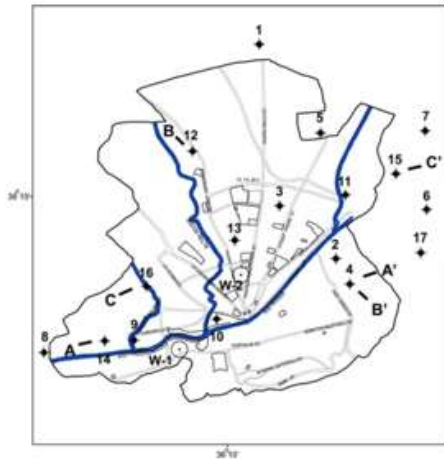
3.1. Yerel Zemin Etkileri

Geçmiş deprem gözlemlerinden yerel zemin koşullarının yapı davranışı ve hasarları üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Örneğin Mexico City (1985), Loma Prieta (1989), Kocaeli (1999) vb. depremler, yerel zemin koşullarının depremlerin genlik parametrelerini ve tepki spektrumlarını etkileyen önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. 6 Şubat 2023 tarihinde merkez üssü Pazarcık ve Elbistan olan depremler başta Kahramanmaraş olmak üzere geniş bir alanda etkili olmuştur. Öncelikle Antakya ve İskenderun olmak üzere Kahramanmaraş, Gölbaşı, Nurdağı gibi depremden etkilenen yerleşim birimlerinde zemin kaynaklı yapısal hasarlar gözlemlenmiştir.

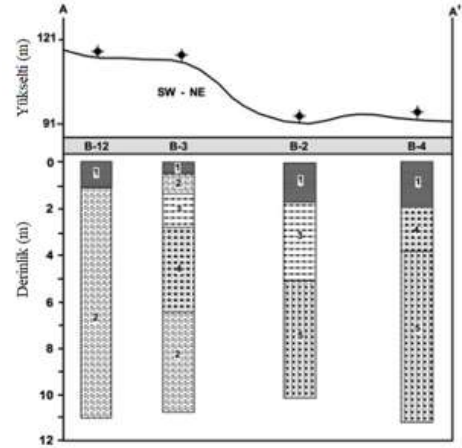
Şekil 3.1’de Kahramanmaraş genelinde zemin özellikleri ve şehir merkezi için oluşturulmuş kayma dalgası hızı haritası yer almaktadır [Sandal ve Karademir, 2013, Naji vd., 2020]. Bu haritalarda zemin koşullarının şehir genelinde çok değişken olduğu görülmektedir. $V_{s(30)}$ dağılımları yumuşak zeminlerden kaya zemine kadar farklı zeminlerin varlığını göstermektedir. Yapı özellikleri ile birlikte bu farklı zemin koşullarının hasar dağılımını etkilediği değerlendirilmektedir. Şekil 3.2’de Hatay/Antakya şehir merkezinde sondajlardan elde edilen farklı jeolojik kesitler ve yükselti yer almaktadır. Över vd., (2010) tarafından yapılan çalışmada Antakya şehir merkezinde 17 adet sığ sondaj verisi kullanılarak GB-KD, KB-GD ve GB-KD zemin kesitleri çıkarılmıştır. Elde edilen kesitlere göre Antakya zemini genel olarak kil, çakıl ve alüvyal kumları oluşturan kuarterner malzemelerden oluşmaktadır. Şekil 3.3’te İskenderun için tipik bir zemin profili yer almaktadır. İskenderun Konarlı Mahallesinde yapılan 2 adet sondaj kullanılarak örnek zemin profili tanımlanmıştır [Toktanış ve Över, 2021]. Yoğun olarak kum ve silt birimler gözlenmiştir.



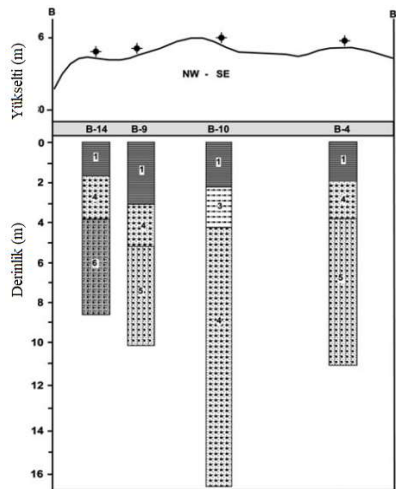
a) Şekil 3.1 : a) Kahramanmaraş zemin özellikleri b) Kahramanmaraş şehir merkezi kayma dalgası hızı haritası [Sandal ve Karademir, 2013, Najı vd., 2020]



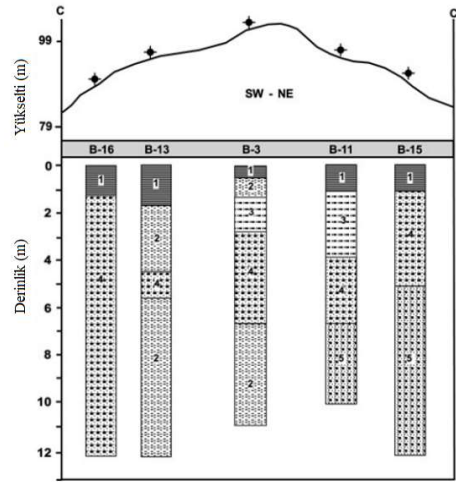
a)



b)

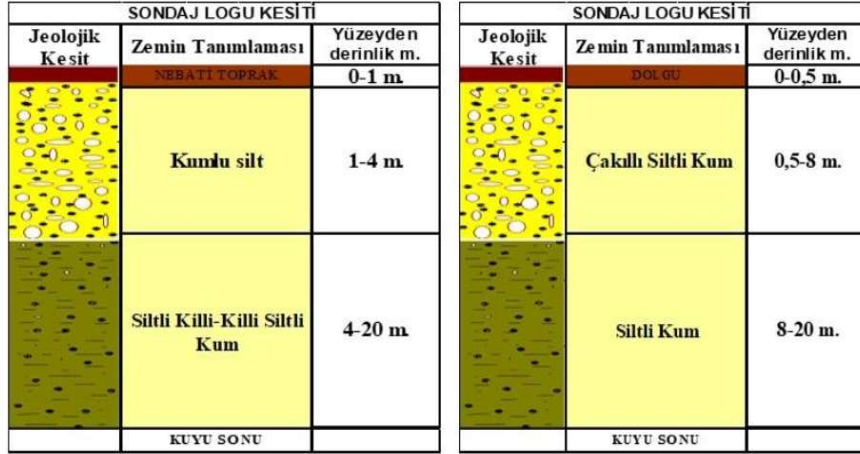


c)



d)

Şekil 3.2 : Hatay/Antakya a) Sondaj konumları, b) A-A' kesiti c)C-C' kesiti d)B-B' kesiti zemin profili [Över vd., 2010] ((1) Dolgu, (2) Siltli kumlu kıl, (3) Kumlu killi silt (4) Siltli kum, (5) Çakıllı killi siltli kum, (6) Killi kumlu çakıl)



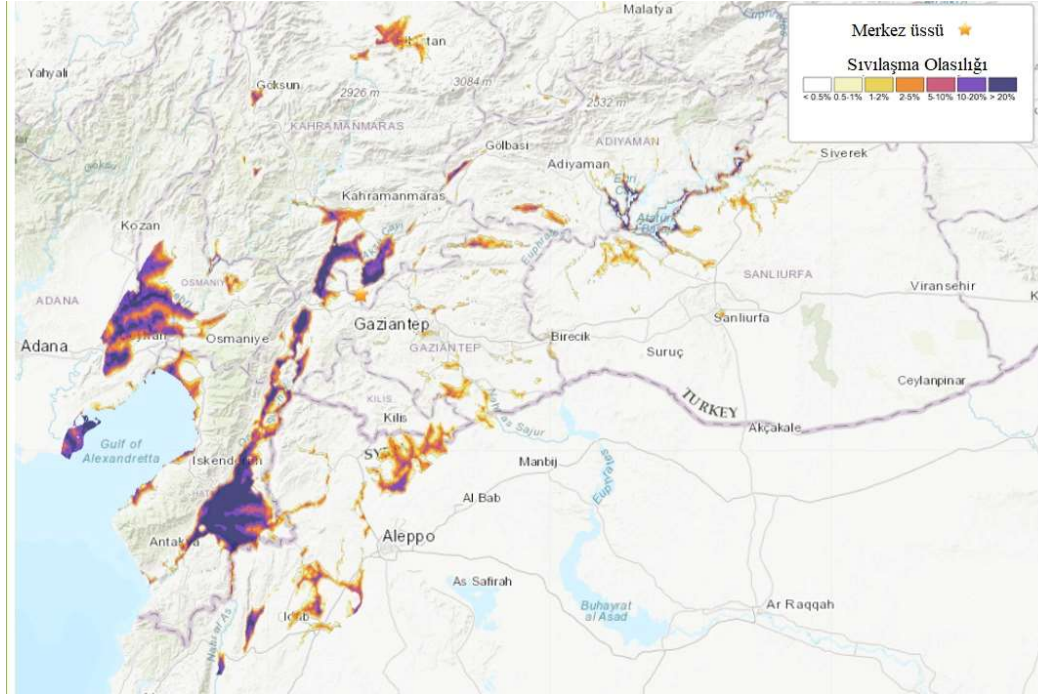
Şekil 3.3 : İskenderun Konarlı Mahallesi tipik zemin profili [Toktanış ve Över, 2021]

3.2.Zemin Sıvılaşması ve Yanal Yayılma

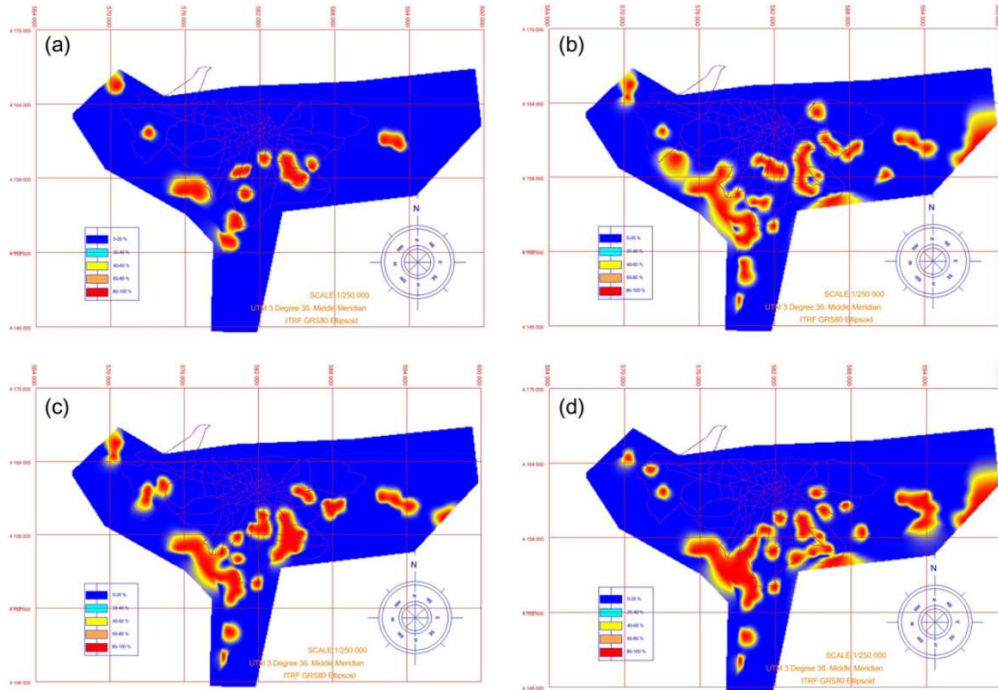
Zemin sıvılaşması, suya doymun kohezyonsuz veya düşük kohezyonlu zeminlerin deprem sarsıntısı altında, boşluk suyu basıncındaki artışa paralel kayma mukavemeti ve rijitliğindeki önemli oranda azalış olarak tanımlanmaktadır. Bölgede deprem sonrası beklenen sıvılaşma tehlike haritası Şekil 3.4'te verilmiştir. USGS tarafından sunulan bölgesel sıvılaşma tehlike haritası ShakeMap V13 yer hareketi tahminlerine dayanmaktadır. ShakeMap bir USGS deprem tehlike programı ürünüdür ve veri girişi arttıkça daha gerçekçi sonuçlar yansıtmaktadır. ShakeMap bu depremi bir nokta kaynağı olarak değerlendirerek bu tahminleri oluşturmuştur. Fay modeli eklendiğinde tahminlerde değişiklik olacaktır. Bu ve benzeri çalışmalar bölgesel sıvılaşma haritalarının geliştirilmesi açısından ayrı bir önem arz etmektedir. Depremden etkilenen bölgedeki şehirler için önceden hazırlanmış bazı sıvılaşma haritaları mevcuttur. Şekil 3.5 böyle bir örneği Kahramanmaraş için göstermektedir. Gerçekleşen bu depremlerdeki gözlemler mevcut sıvılaşma haritalarının gerçeği temsil etme potansiyelini değerlendirme açısından önemli olacaktır. Böylece deprem beklenen yerleşim alanlarında geleceğe yönelik sıvılaşma tahminlerinde iyileştirmeler yapılabilecektir.

Deprem bölgesinde sahada yapılan gözlemlerde sıvılaşma kaynaklı kum konileri yanal yayılma ve oturmalara rastlanmıştır. Ayrıca sıvılaşmadan dolayı yüzeye büyük miktarda sıvılaşmış zemin malzemesi çıkışı meydana gelmiştir. Şekil 3.6 İskenderun, Hatay'da meydana gelen sıvılaşmalar sonunda ortaya çıkan kum kaynaması ve sahil boyunca gerçekleşen yanal yayılmaları göstermektedir. Atatürk Bulvarı boyunca yüzeyde çok yoğun sıvılaşma özellikleri tespit edilmiştir. Bu gözlemler mühendislik uygulamalarında sıklıkla kullanılan sıvılaşma

potansiyeli indeksi (LPI) ve sıvılaşma şiddeti indeksi (LSN) gibi parametrelerin değerlendirilmesinde önem arz etmektedir [Toprak ve Holzer, 2003; Toprak vd., 2019].



Şekil 3.4 : USGS sıvılaşma tahmin haritası [USGS, 2023]



Şekil 3.5 : Kahramanmaraş sıvılaşma potansiyeli haritası [Cabalar vd., 2019]



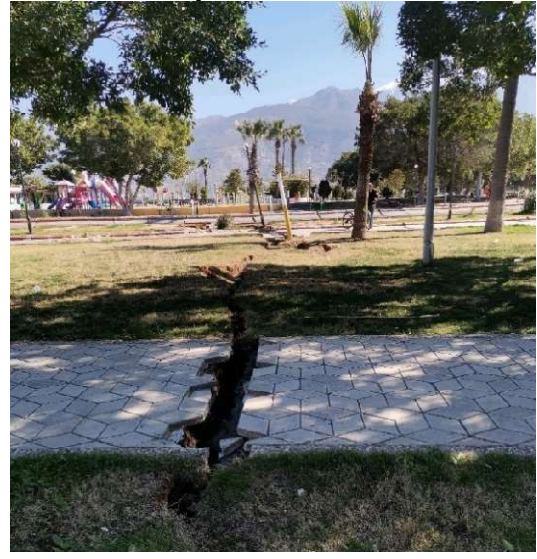
a) Kum kaynaması



b) Kum kaynaması



c) Yanal yayılma

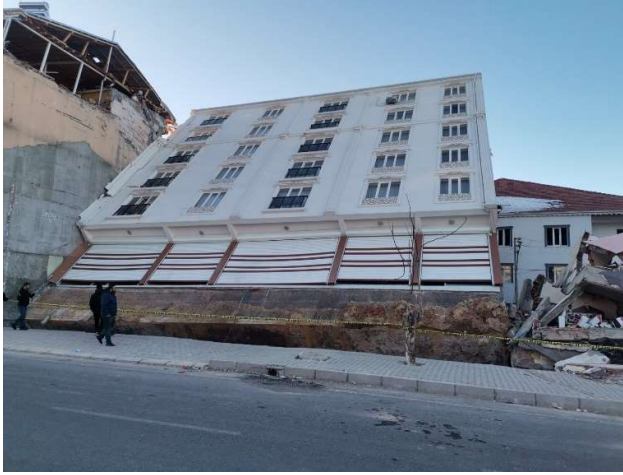


d) Yanal yayılma

Şekil 3.6 : Hatay/İskenderun sıvılaşma kaynaklı yer deformasyonları

3.3.Bina Temelleri

Depremden etkilenen yerleşim alanlarında problem gözlemlenmeyen temeller görüldüğü gibi sorunların tespit edildikleri de mevcuttur. Şekil 3.7 Gölbaşı, Adıyaman'da görülen bina dönmelerini ve farklı oturumları göstermektedir. Şekilde aynı zamanda kaldırımdaki oturumlar ve kabarmalar da göze çarpmaktadır.



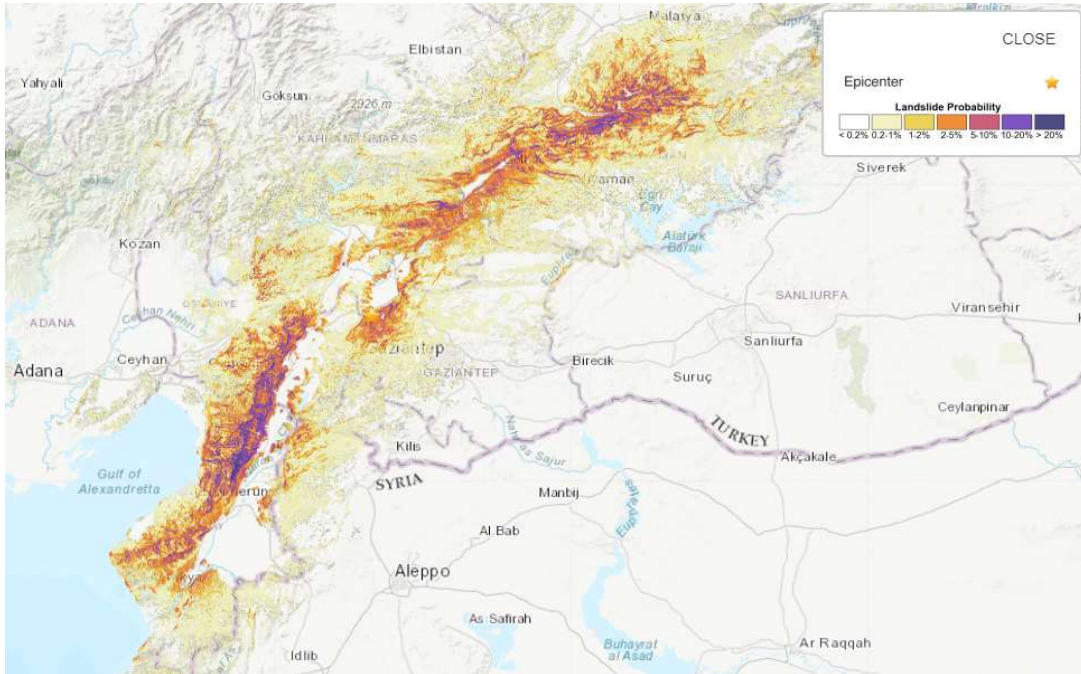
Şekil 3.7 : Gölbaşı, Adıyaman’da temellerde gözlemlenen problemler

3.4.Şev Duraysızlığı ve Kaya Düşmeleri

Deprem nedeniyle statik denge konumunda bulunan şev alanlarında yenilmelerin ve kaya düşmelerinin birçok noktada meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca meydana gelen heyelanlar yapısal hasarlar oluşmasına sebep olmuştur. Şekil 3.8’de USGS tarafından ShakeMap programı

ile hazırlanan heyelan tehlike haritası yer almaktadır. ShakeMap büyük depremlerden sonra yerel yönetimler tarafından kullanılmak üzere yer hareketlerini sarsıntı şiddeti haritalarını gerçek zamanlı oluşturmayı amaçlamaktadır. Böylelikle hasar tespit çalışmalarının hızlı koordinasyonu sağlanarak yapıların kesintisiz hizmetinin sürdürülmesi amaçlanmaktadır.

Şekil 3.9 depremden etkilenen bölgelerde gözlemlenen heyelanlardan örnekler göstermektedir. Şekil 3.9a da gösterilen Gaziantep/Şahinbey'deki heyelan etrafında yapıları da riske sokmaktadır. Alt bölgede bulunan pek çok işyeri heyelan kendileri için acil risk teşkil ettiğinden o bölgede tahliye işlemleri gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Şekil 3.9b gibi örnekler inceleme çalışması güzergahı boyunca farklı bölgelerde karşılaşılmıştır. Bu yerlerde depremden hemen sonra yol kapanmaları gerçekleşmiş ancak kayaların temizlenmesi ve bazı onarımlarla yollar kullanıma açılmıştır. Ancak bazı noktalarda ilave sarsıntılarla ya da daha sonra gerçekleşebilecek yağışlar esnasında ilave hareketler olabileceği için ilk tedbirler sonrasında takibin devam etmesi ve yeni önlemlerin alınması gerekecektir.



Şekil 3.8 : USGS heyelan tahmin haritası [USGS, 2023]



a) Gaziantep/Şahinbey heyelan



b) Elbistan/Ekinözü heyelan ve kaya düşmesi

Şekil 3.9 : Şev duraysızlığı ve kaya düşmeleri gözlemleri

4. Üst Yapı Hasarlarının Değerlendirilmesi

Pazarcık $M_w7.7$ ve Elbistan $M_w7.6$ depremleri sonrasında bölgedeki üst yapılarda meydana gelen hasarların da yerinde incelenmesi amacıyla İnşaat Mühendisliği öğretim üyeleri ile yüksek lisans ve doktora öğrencimizden oluşan 9 kişilik ekibimiz 11 Şubat 2023 tarihinde bölgeye hareket etmiştir. 17 Şubat 2023 tarihinde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yayınladığı güncel verilere göre; 84.726 bina yıkık, acil yıkılacak ve ağır hasarlı olarak tespit edilmiştir (<https://www.csb.gov.tr/bakan-kurum-84-bin-726-bina-yikik-acil-yikilacak-ve-agir-hasarli-olarak-tespit-edilmistir-bakanlik-faaliyetleri-38433>). Oldukça geniş bir alanda hasar meydana getiren bu depremlerin 11 ilde belirlenen hasar dağılımları 16 Şubat 2023 tarihinde yayınlanan veriye istinaden aşağıdaki Tablo 4.1'de verilmiştir. Ağır hasar durumunun özellikle faya yakın olan bölgeler olan illerimizde yoğunlaştığı belirlenmiş olup, Osmaniye, Adana, Diyarbakır, Şanlıurfa, Kilis ve Elazığ'da da ciddi hasara sebep olmuştur.

Tablo 4-1: Bina hasar dağılımları [T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verileri, 16 Şubat 2023]

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

26 Şubat 2023 tarihi itibarıyla deprem bölgelerinde, 830 bin 783 binadaki 3 milyon 273 bin 605 bağımsız birimde hasar tespit çalışması yapılmıştır. Hasar tespit çalışması tamamlanan 105 bin 794 binadaki 384 bin 545 bağımsız birimin acil yıkılması gereken, ağır hasarlı ve yıkık olduğu tespit edilmiştir. 24 bin 464 binadaki 133 bin 575 bağımsız birimin orta hasarlı olduğu tespit edilmiş olup; 205 bin 86 binadaki 1 milyon 91 bin 720 bağımsız birimin az hasarlı, 407 bin 786 binadaki 1 milyon 409 bin 654 bağımsız birimin ise hasarsız olduğu tespit edilmiştir [<https://www.csb.gov.tr/26022023>]. Depremlerin ardından 26 Şubat 2023 tarihi itibarıyla 9.000'den fazla artçı deprem meydana gelmiştir. Yine bu tarih itibarıyla Kahramanmaraş, Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır, Adana, Adıyaman, Osmaniye, Hatay, Kilis, Malatya ve Elazığ illerinde toplam 44.000'den fazla vatandaşımız hayatını kaybetmiştir.

4.1. Betonarme Yapı Hasarları

Yapısal hasarın nedeni olarak meydana gelen depremlerde kaydedilen yüksek ivme değerleri öncelikli olarak göz önüne alınsa da, bölgedeki betonarme binaların taşıyıcı sistem tasarımı, imalat kusurları, mühendislik hizmeti görmemiş olması gibi parametreler meydana gelen ağır hasar durumunun en önemli nedenlerinden olarak göze çarpmaktadır. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, 1 Ocak 1998 itibariyle yürürlüğe girmiş olan Türkiye Deprem Yönetmeliğinin bir milat olduğu düşünülerek, bölgede yer alan bina envanterinin 2000 yılı öncesi ve sonrası yapılar olarak değerlendirilmesinin uygun olacağı aşikardır. Ancak inceleme ekibi tarafından taranan bölgenin çok geniş olması, kısıtlı olan süre ve bölgesel riskin devam ediyor oluşu göz önüne alındığında, saha ziyaretinde bina imalat tarihlerine dayalı bir gruplama yapılmadan hasar durumları incelenmiş ve öndeğerlendirme yapılmıştır. TÜİK tarafından yayımlanan bina yapım yıllarının illere göre dağılımları aşağıdaki Tablo 4.2’de gösterilmektedir. Bölgede ilerleyen zamanlarda yapılacak yeni saha ziyaretlerinde bu veriler ışığında hasar değerlendirilmesinin güncellenmesi düşünülmektedir.

Tablo 4-2: Bina yapım yıllarının illere göre yüzdelik dağılımı [TÜİK verileri, 16 Şubat 2023]

<i>İmalat Yılı</i>	Adana	Adıyaman	Diyarbakır	Hatay	Gaziantep	Kahramanmaraş	Kilis	Malatya	Osmaniye	Şanlıurfa
1980 ve öncesi	13%	8.70%	6.50%	13.50%	6.60%	11.70%	11.20%	14.00%	10.50%	5.50%
1981-2000 arası	34.80%	23.60%	26.60%	32.60%	25.90%	26.90%	21.70%	28.10%	25.70%	18.50%
2001 ve sonrası	38.70%	52.30%	58.10%	50.00%	51.60%	58.10%	52.30%	48.40%	46.50%	61.00%
Bilinmeyen	13.50%	15.40%	8.80%	3.90%	15.90%	3.30%	14.90%	9.50%	17.30%	14.90%

Bölgedeki yapısal hasarlar değerlendirildiğinde 2000 yılı öncesinde imal edildiği düşünülen binalar için genel olarak göze çarpan eksiklikler/kusurlar aşağıda ifade edilmektedir (Şekil 4.1);

- Düşük beton dayanımı (Yerel yönetimle yapılan görüşmelerde bölgede 2000 yılı öncesi yapılan inşaatlarda genellikle dere kumu kullanıldığı bilgisi alınmış ve kırma taş yerine düz yüzeyli büyük daneli taş parçalarının betonun içinde boşluklar meydana getirdiği gözlenmiştir.)
- Düz yüzeyli betonarme çeliği kullanımı,



Şekil 4.1 : Mevcut beton kalitesinde gözlemlenen problemler ve düz yüzeyle beton çeliği mevcudiyeti

- Kolon kesitlerinde yetersiz boyuna donatı mevcudiyeti bölge genelindeki hasarlı yapıların hemen hepsinde göze çarpan bir husustur. Enine donatıların hem kesit boyunca hem de birleşim bölgelerinde yeterli miktarda yerleştirilmemiş olduğu gözlenmiştir. Bölge genelindeki hasarlı yapılarda gözlenen düşük beton kalitesi de göz önüne alındığında kesme etkisini karşılayacak olan enine donatının eksikliğinin hasarın en önemli nedenlerinden biri olduğu görüşü hasıl olmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 : Yetersiz birleşim detaylarında gözlemlenen problemler

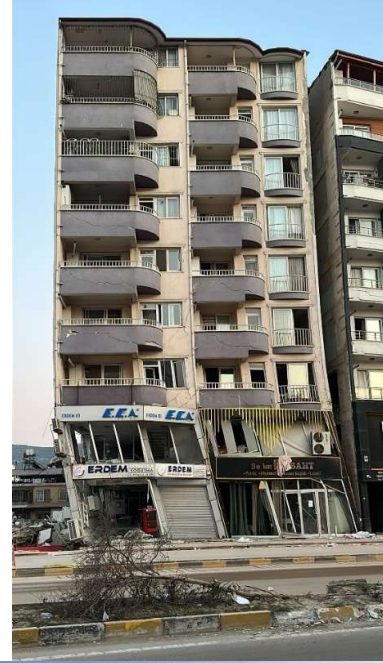
- Depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesinin en önemli hususlarından olan ‘güçlü kolon- zayıf kiriş’ uygulamasının tam aksine, özellikle 2000 yılı öncesi imal edildiği tahmin edilen binalarda kolon kesitleri minimum boyutta seçilirken yüksek kirişler ile bağlandıkları tespit edilmiştir. Bu yanlış uygulamanın bir sonucu olarak, kuvvetli yer hareketi etkisinde kirişlerden önce kolonların hasar almasına bağlı olarak oldukça ağır

teşkil edilmiş olan tabliyelerin üstüste göçmesi şeklinde yoğun hasar yaşayan binalarda oldukça fazla can kaybı meydana gelmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Güçlü kiriş-zayıf kolon olarak gözlenen tasarım problemi

- Yumuşak/zayıf kat düzensizliği (Giriş katlarının görece yüksek tasarlanması ve/veya projesinde mevcut olan dolgu duvarların ticarethane kullanım amacına bağlı olarak kaldırılması ve hatta ekipman yerleşimi için düşey taşıyıcılara yapılan müdahaleler sonucunda birçok yapının hasar almış olduğu belirlenmiştir) (Şekil 4.4).
- Deprem nedeniyle binanın taşıyıcı elemanlarının büyük oranda kalıcı yerdeğiştirerek, kısmen göçmelerin yaşandığı binalar ‘acil olarak yıkılacak’ statüsünde yer almaktadır. Bu binaların hiçbir şekilde kullanılması mümkün olmadığı gibi eşyaların tahliyesi de söz konusu değildir (Şekiller 4.5, 4.6 ve 4.7).



Şekil 4.4 : Yumuşak/zayıf kat olarak gözlemlenen tasarım problemi



Şekil 4.5 : Kısmen yıkılmış olan binalar



Şekil 4.6 : Kısmen yıkılmış olan binalar-devamı

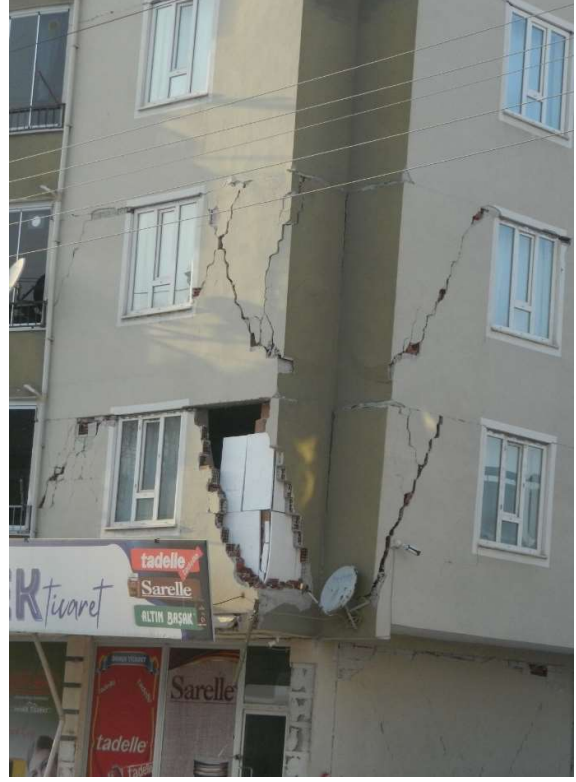


Şekil 4.7 : Tamamen yıkılmış olan binalar

- Bölgedeki binalardan bir kısmı bu yıkıcı depremi hasarsız ya da az hasarlı olarak atlattmış olsa da bu yapıların çok büyük bir kısmında duvar hasarlarını gözlemek mümkündür. Genelde diyagonal kesme çatlakları olarak tespit edilmiştir. Düzlem dışı hareket eden duvarlar ve çerçeve sistemden ayrılmış olan duvarlar da gözlenmiştir (Şekiller 4.8 ve 4.9).



Şekil 4.8 : Dolgu duvar hasarlarından örnekler



Şekil 4.9 : Dolgu duvar hasarlarından örnekler-devamı

- Yetersiz dilatasyon derzi ile bitişik nizamda teşkil edilmiş olan binaların kuvvetli yer hareketi etkisinde çarpışmaları sonucunda hasar aldıkları gözlenmiştir. Kat seviyeleri farklı olan bitişik nizamlı yapılarda gözlenen ve ‘Çekiçleme Etkisi’ olarak adlandırılan bu yapısal düzensizlik, farklı dinamik karakteristikleri olan yapılarda ağır hasara hatta toptan göçmeye neden olabilmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 : Bitişik nizamda teşkil edilen yapılarda gözlenen ‘Çekiçleme Etkisi’

- Bölgede bu derece yıkıcı karaktere sahip depremleri hasarsız olarak atlattığı olan yapılara da rastlanmıştır.



Şekil 4.11 : Hasarsız binalardan örnekler

4.2. Geleneksel Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar

Bölgede yer alan yığma yapılar incelendiğinde, genellikle cami minarelerinde devrilme hasarı gözlenmiştir. Göksun’da bulunan Büyük Ulu Camii’ndeki kısmi duvar göçmesi dikkat çekicidir. Antep Kalesi’nin surlarında ciddi hasar olduğu gözlenmiş ama detaylı tespit olanağı bulunamamıştır. Yığma yapılarda duvarlarda düzlem dışı devrilmeler en çok gözlenen hasar durumlarından olmuştur.



Şekil 4.12 : Geleneksel yığma yapılarda oluşan hasarlar

4.3.Endüstri Tesislerinde Meydana Gelen Hasarlar

Deprem bölgesinde Endüstri tesislerinde ağır hasarlar meydana gelmiştir. Kahramanmaraş ilinde 4 adet OSB olduğu ve OSB'ler içerisinde yer alan fabrika binalarında hasarlar olduğu bilgisi edinilmiştir. Deprem sonrasında OSB'ler içerisinde yer alan işletmeler gerek meydana gelen yapısal/yapısal olmayan hasarlar gerekse de işletmede çalışan personelin depremden etkilenmesi nedeni ile çalışmalarına ara vermek zorunda kalmıştır. Bölgede sanayinin ağırlığını tekstil, maden ve gıda sektörleri oluşturmaktadır. Maraş ve Adıyamanda tekstil sektörü durma noktasına gelmiştir. Bölge genelinde diğer bir etkili sektör maden işletmeleri ile ilgili herhangi bir hasar bilgisi elde edilememesine rağmen bölgeye enerji sağlayan termik santrallerin hizmet dışı kalması nedeni ile maden işletmelerinde de üretim durmuştur. Ayrıca bu işletmelerde çalışan personel ve ailelerinin depremden etkilenmesi, maden işletmelerinde çalışan araç ve ekipmanın deprem arama kurtarma çalışmalarına katılması da bu sektördeki çalışmaların durmasına sebep olmuştur. Deprem bölgesinde yer alan ve deprem bölgesine yakın olması nedeni ile önem arz eden yedi adet termik santral aşağıda verilmiştir:

- 1355 megawatt gücünde Afşin-Elbistan A Termik Santrali (Kahramanmaraş)
- 1440 megawatt gücünde Afşin Elbistan B Termik Santrali (Kahramanmaraş)
- 450 megawatt gücünde Tufanbeyli Termik Santrali (Adana)
- 1308 megawatt gücünde İskenderun Termik Santrali (Adana-Yumurtalık)
- 660 megawatt gücünde Hunutlu Termik Santrali (Adana-Yumurtalık)
- 1260 megawatt gücünde Atlas Termik Santrali (Hatay-İskenderun)
- 15 megawatt gücünde Kojen Termik Santrali (Kahramanmaraş- Dulkadiroğlu)

Afşin-Elbistan A ve B Termik Santralleri deprem sonrası hizmet dışı kalmış, B-santrali yapılan kontroller sonrası kısmen hizmete açılmıştır (1).

Bölge genelinde sanayi tesislerinde tespit edilen bazı hasar türleri aşağıda fotoğraflar ile gösterilmiştir (Şekil 4.13-Şekil 14).



Şekil 4.13 : Kahramanmaraş'ta bir tekstil işletmesinde yeni yapılan bir inşaatta görülen yapısal hasarlar (*kolon donatılarında burkulma*)



Şekil 4.14 : Kahramanmaraş'ta bir tekstil işletmesinde görülen yapısal olmayan elemanlara ait hasarlar (*dış cephe kaplaması hasarı ve makine-teçhisat hasarı*)



Şekil 4.15 : Gaziantep Nurdağı’da mısır ve buğday siloları hasar gören bir gıda işletmesi

Şekil 4.15 Gaziantep Nurdağı’da mısır ve buğday siloları hasar gören bir gıda işletmesinin fotoğrafları verilmiştir.

Ülkemizin önemli limanlarından olan Güney ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerine ve Ortadoğu ülkelerine aktarma trafiği hizmeti veren İskenderun Limanı deprem sonrasında çıkan yangın nedeni ile hizmete ara vermek zorunda kalmıştır. Liman yapısında yer yer çökmeler olduğu ve devrilen konteynırlar nedeni ile yangın çıktığı bilgisi liman müdürlüğü tarafından verilmiştir. Ayrıca limana giriş sağlayan yollarda da hasarlar olduğu gözlenmiştir. Deprem sonrasında İskenderun limanında çıkan yangın aşağıda verilmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 : İskenderun Limanı deprem sonrasında çıkan yangın

5. Altyapı Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Altyapı sistemleri toplum için taşıdığı önemin büyüklüğünden dolayı can damarı sistemleri olarak anılır. Diğer bir deyişle insanların yerleşim bölgelerine yaşam için gerekli hayati unsurları iletmektedirler. İçme suyu, atıksu, doğal gaz, elektrik, iletişim, yollar gibi pek çok bileşenden oluşmaktadır. Bu sistemlerin deprem sonrasında da işlevselliğini sürdürmeleri gerek arama kurtarma gerekse vatandaşların sağlıklı yaşamı için ayrı bir önemi bulunmaktadır. Örneğin, karayollarında gerçekleşen hasarlar depremin hemen sonrasında arama kurtarma çalışmalarını ve yardımın ulaşmasını olumsuz etkilemiştir. Deprem sonrasında farklı altyapı sistemlerinde ciddi hasarlar meydana gelmiş ve her birinde öncelikle hasar tespiti ve sonrasında da fonksiyonel duruma getirilmesi için çalışmalar başlatılmıştır. Bu sistemlerin çok geniş bir alana yayılması oluşan hasarların sayısını arttırdığı gibi tespit ve onarım çalışmalarının da boyut ve kapsamını arttırmıştır. İlgili sistemlerin tekrar fonksiyonel hale gelme süreleri farklılıklar göstermekte olup, özellikle yıkılan binalar ile orta ve ağır hasarlı binaların fazlalığı yerleşim yerlerindeki çalışmaları olumsuz etkilemiştir. Bu bölüm altında ulaştırma sistemleri ve diğer altyapı sistemleri ayrı bir şekilde ele alınarak incelenmiştir.

5.1. Su, Atıksu, Petrol ve Doğal Gaz Altyapı Sistemleri

Bir şehre ait içme suyu ve kanalizasyon gibi sistemler borular, terfi istasyonları, depolar gibi pek çok farklı bileşenden meydana gelmektedir. Sistemin performansı açısından bakıldığında bütün bu bileşenlerin birlikte çalışması ve taşıdıkları malzemeyi başlangıç noktasından istenilen noktaya iletmesi beklenmektedir. Bu bileşenlerin herhangi birinde meydana gelen hasarlar taşınımın gerçekleşmemesi sonucunu doğuracaktır. Bu çalışmada gerçekleştirilen ön inceleme esnasında içme suyu ve kanalizasyon sistemlerini oluşturan farklı elemanlarda hasarlarla karşılaşmış ve onların bir kısmı bu raporda gösterilmiştir.

Depremin gömülü boru hatları üzerine olan zararı, geçici yer deformasyonlarıyla (GYD) ya da kalıcı yer deformasyonlarıyla (KYD) olmaktadır. GYD deprem dalgalarının geçişi esnasında oluşan, zeminin dinamik tepkisi iken KYD deprem sonrasında zeminde oluşan ve geri dönmeyen son yer değiştirmelerdir. GYD bazen küçük miktarda kalıcı deformasyonlar oluşturabilir fakat bunlar genelde yüzeysel etkilerdir. KYD genellikle büyük olmakta, örneğin fay hatlarının hareketlerini, şev kaymalarını, sıvılaşma sonucu oluşan yer değiştirmeleri ve kohezyonsuz topraklarda oluşan farklı oturmaları içine almaktadır (Toprak ve Yoshizaki, 2003). Şekil 5.1a deprem bölgesinde faylanma neticesinde su sistemlerinde meydana gelen hasarları göstermektedir. Fay civarındaki içme suyu terfi istasyonu ciddi hasarlar görmüş ve



a) Ekinözü fay hareketi nedeniyle oluşan boru hasarı



b) Nurdağında faylanma kaynaklı Ø300 isale hattı hasarı (düktül boru)

Şekil 5.1 : Su sistemlerinde faylanma kaynaklı hasarlar

bağlantı borularında kırılmalar oluşmuştur. Şekil 5.1b ise Nurdağı civarında yine faylanma ile zarar gören bir düktül boru hattını göstermektedir. Borunun kendisinde zarar olmamış ancak bağlantı noktasında ayrılmalar oluşmuştur. Şekil 5.2’te İskenderun’da Atatürk Bulvarı üzerindeki yağmur suyu ve kanalizasyon yükseltme istasyonunda sıvılaşma sonucu meydana gelen hasarları göstermektedir. Şekil 5.3 Düzbağ içme suyu isale hattı ve tüneline gözlemleri göstermektedir. Burada 2.6 m çapındaki çelik isale borusu 3.5 km tünel içerisinde ilerlemektedir. Tünelde ve boru destek sisteminde bazı hasarlar meydana gelmiş ve hasarların bir kısmı şekilde gösterilmiştir. Boruyu koruma ve servis kolaylığı sağlama amaçlı inşa edilen tünel bekleneni gerçekleştirmiş, sonuçta boruda hasar gözlemlenmemiş ve boru aksel yöndeki şekil değiştirmelere bağlantı noktalarında küçük hareketlerle tepki vermiştir. GASKİ

ve destek ekiplerinin yoğun gayretleri ile gerçekleştirilen boru onarım ve kontrol çalışmaları sonrasında, bu raporun yayımlandığı tarih öncesinde isale hattından şehre su akışı verilmiştir.



Şekil 5.2 : İskenderun'da kanalizasyon ve yağmur suyu yükseltme istasyonunda sızılaşma sonucu oluşan hasarlar



a) Düzbağ içme suyu isale hattı ve tüneli



b) Tünelde meydana gelen kısmi hasar



c) Boru desteğinde meydana gelen hasar

Şekil 5.3 : Düzbağ içme suyu isale hattı ve tüneline gözlemler

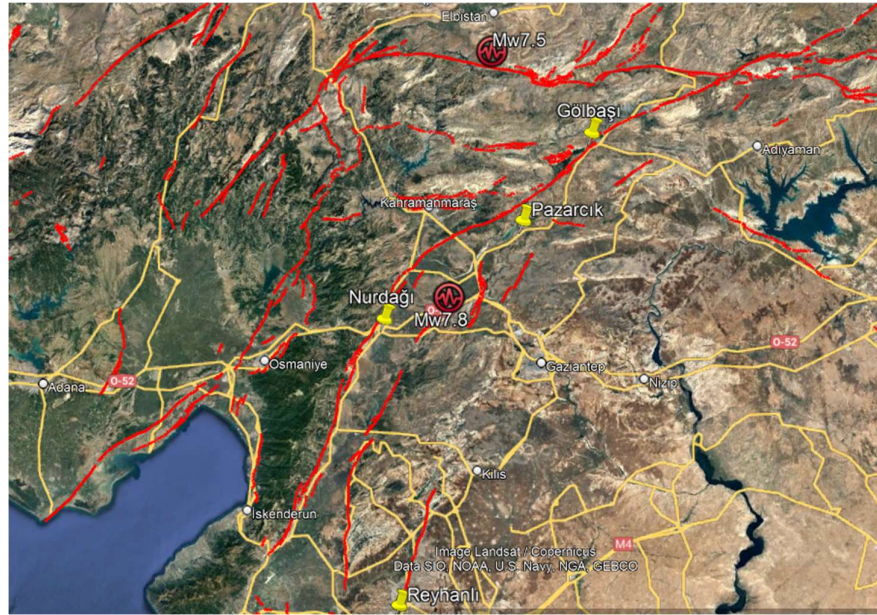
Türkiye’de Petrol ve Doğal Gaz Boru Hattı İşletmeciliği, Bakanlar Kurulu'nun 8 Şubat 1995 tarih ve 96/6526 sayılı kararıyla 233 sayılı Kanun Hükmünde Kararname’yle Kamu İktisadi Teşebbüsü (KİT) olarak yapılandırılan BOTAŞ’ın sorumluluğundadır. BOTAŞ bu hizmetlerinin yanında LNG/FSRU terminali işletmeciliği; liman hizmetleri; petrol ve doğal gaz

boru hatları; kompresör istasyonları ile ilgili projelendirme; mühendislik, arazi etüt, kamulaştırma ve yapım işleri; doğal gaz ve LNG ticareti; doğal gaz ve LNG depolama faaliyetleri; ve uluslararası doğal gaz ve petrol taşıma projeleri faaliyetlerini gerçekleştirmektedir. BOTAŞ depremin ertesi günü (7 Şubat 2022) yaptığı basın duyurusuyla depremler sonrası Gaziantep, Kahramanmaraş ve Hatay illerine gaz arzı sağlayan doğal gaz ana iletim hattının bulunduğu 3 bölgede hasar meydana geldiğini oldukça zorlu hava ve arazi şartları altında onarım çalışmalarının devam ettiğini duyurmuştur (<https://www.botas.gov.tr/>). Şekil 5.4a BOTAŞ boru hatlarını göstermektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Dönmez basın açıklamalarında BOTAŞ'ın ana iletim hattında 18 büyük hasar meydana geldiğini belirtmiştir ([Bakan Dönmez açıkladı: Deprem bölgesindeki evlere elektrik verilecek mi? - Dünya Gazetesi \(dunya.com\)](#)). Bununla birlikte petrol boru hatlarında bir arıza olmadığı bildirilmiştir.

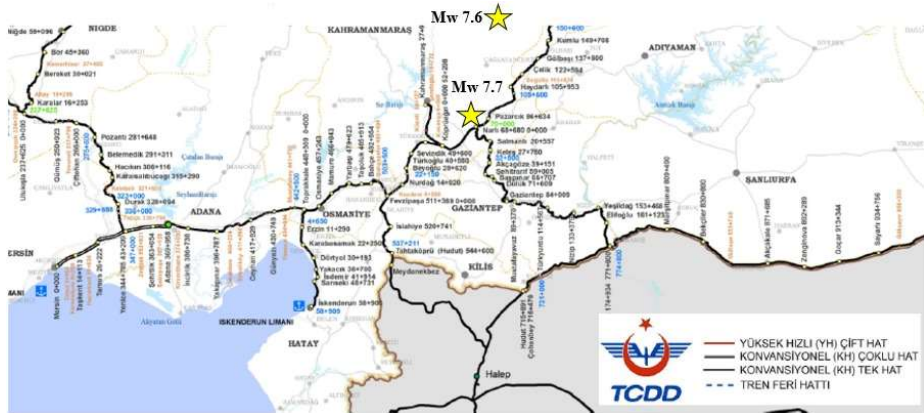
Yerleşim bölgeleri içerisinde gaz dağıtımını özel firmalar sağlamaktadır. Tablo 5.1 depremden etkilenen şehirleri ve gaz dağıtımını gerçekleştiren kuruluşları göstermektedir. Bu yüzden hasar bilgilerinin her bir kurumdan ayrı ayrı elde edilmesi gerekmektedir. Örneğin, Gazdaş BOTAŞ'ın şehir iletim şebekesine doğal gaz vermesinin ardından, öncelikle hastane ve ekmek fırınları için, 13 Şubat'tan itibaren doğal gaz arzına başlamıştır ([Zorlu Enerji, Gaziantep'te doğal gaz arzına 13 Şubat'ta başlayacak \(aa.com.tr\)](#)). Aksa Çukurova Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. 11 Şubat duyurusunda “Bir yandan şebeke kontrollerimiz sürerken Adana'nın yüzde 99,4'üne, Osmaniye'nin yüzde 91,4'üne ve Mersin'in yüzde 100'üne doğal gaz arzı sağlamaya devam ediyoruz. Depremden en çok etkilenen iller arasında bulunan Hatay bölgesinde abonelerinin yüzde 20,1'ine doğal gaz ulaştırabiliyoruz. BOTAŞ'ın Kahramanmaraş-Gaziantep doğal gaz iletim hattında meydana gelen hasardan dolayı Hatay'a bağlı Antakya, Arsuz, İskenderun, Belen, Hassa ve Kırıkhan ilçelerindeki 34 bin 381 binada bulunan 137 bin 422 abonemize henüz gaz arzı sağlayamıyoruz.” beyanlarıyla şehirler arasında farklılıkları ifade etmişlerdir.



a)



b)



c)

Şekil 5.4 : a) Botaş Petrol ve Doğalgaz Hatları b) Karayolları c) Demiryolları

Tablo 5-1: Depremden etkilenen şehirler ve gaz dağıtımını gerçekleştiren kuruluşlar

Şehir	Hizmet Sağlayan Gaz Firması
Adana, Osmaniye, Hatay	Aksa Çukurova Doğal Gaz Dağıtım A.Ş.
Adıyaman	Akmercan Adıyaman Doğal Gaz Dağıtım Sanayi Ve Ticaret A.Ş.
Diyarbakır	Diyarbakır Doğalgaz Dağıtım A.Ş.
Elazığ	Aksa Elazığ Doğal Gaz Dağıtım A.Ş.
Gaziantep	Gazdaş Gaziantep Doğal Gaz Dağ. AŞ.
Kahramanmaraş	ARMADAŞ Arsan Maraş Doğal Gaz Dağıtım A.Ş.
Kilis	Gazdaş Gaziantep Doğal Gaz Dağ. AŞ.
Malatya	Aksa Malatya Doğal Gaz Dağıtım A.Ş.
Urfa	Aksa Şanlıurfa Doğal Gaz Dağıtım A.Ş.

5.2. Kara, demir ve hava yolları

Şekil 5.4b’te görülebileceği gibi bölgedeki karayolları birçok noktada faylar tarafından kesilmektedir. Bölgede mevcut otoyol ve karayolları Akdeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu geçişlerini sağlamaktadır. Bu yüzden önemli bir geçiş güzergahı olmasından dolayı kritik öneme sahiptir. Deprem bölgesinde Gölbaşı, Pazarcık, Nurdağı ve Reyhanlı da görülen



Şekil 5.5 : TAG Otoyolunda tabliye, ayak ve mesnetlerinde hasar gözlemlenmeyen bir Viyadük

yol hasarları Şekiller 5.5 ile 5.10 arasındaki fotoğraflarda verilmiştir. Şekillerde görüldüğü üzere yollarda özellikle fay hattıyla kesişen bölgelerde yatay ve düşey ötelenmeler meydana gelmiş ve yollar hasar görmüştür.



a) Tarsus-Adana-Gaziantep otoyolu hasarı



b) Elbistan-Ekinözü fay yüzey kırığı, kaya düşmesi ve yolda görülen atım



c) TAG Otoyolunda meydana gelen hasar nedeni ile yol sıkışıklığı

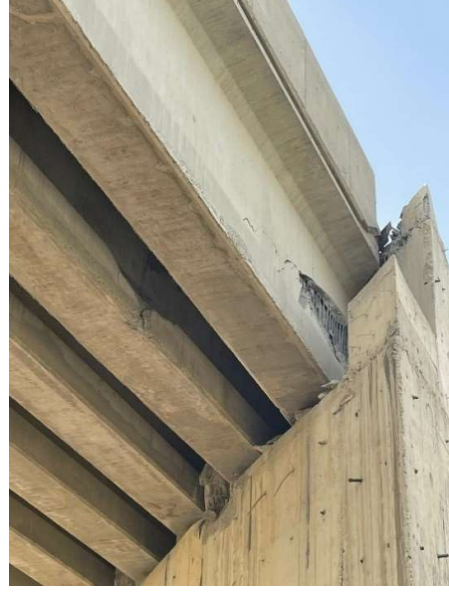
Şekil 5.6 : Deprem bölgesinde görülen yol hasarları



Şekil 5.7 : TAG Otoyolu viyadükte hasar gözlemleri



a) Mesnet Hasarı



b) Nurdağı-Demiryolu Köprüsü
Kenar Ayak Kiriş Hasarı



c) Kenar Ayak Hasarı

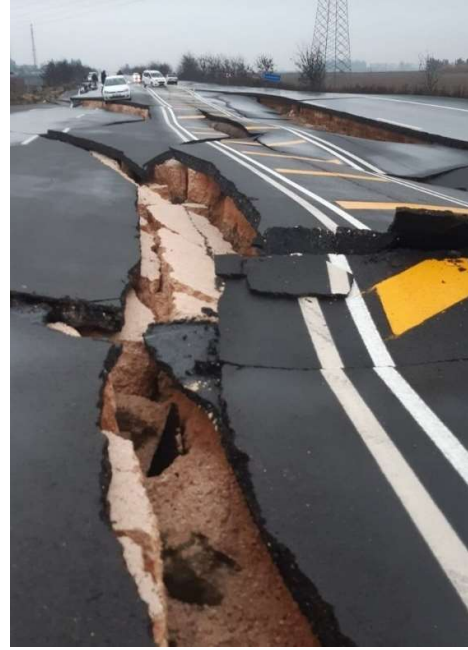


d) Kule yapısı makine teçhisat
hasarı

Şekil 5.8 : Nurdağı-Demiryolu Köprüsü Hasarları



a) İskenderun'da sıvılaşmadan dolayı yolda ve
yaya kaldırımında meydana gelen hasarlar



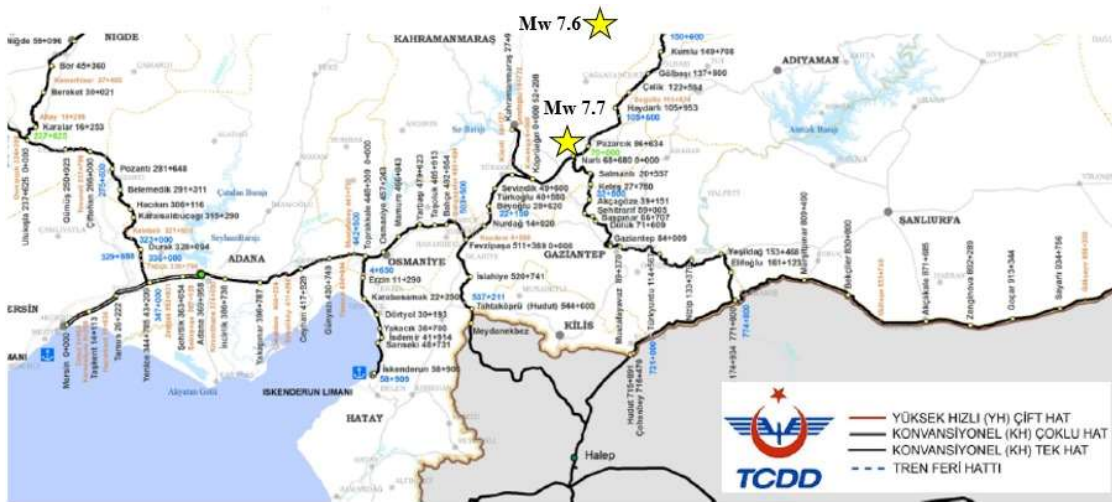
b) Hatay-Reyhanlı yolu hasarları

Şekil 5.9 : Hatay'da yol hasarları

Bölge demiryolu ağı haritası Şekil 5.11'de verilmiştir. Bölge demiryolu ağı hem yurtiçi hem de yurtdışı bağlantıları sağlamaktadır. Bölgedeki karayollarında olduğu gibi demiryolları da birçok noktada faylar tarafından kesilmektedir. Demiryolu ağı üzerinde köprü, tünel sanat yapıları da bulunmaktadır. Demiryolu hattı üzerinde yer deformasyonu nedeni ile raylarda şekil bozulması, tünel giriş ve çıkışlarında kaya düşmesi nedeni ile giriş-çıkışın kapanması, köprü hasarları benzeri hasarlara hat boyunca rastlanmıştır. Bu ve benzer hasarlara ait fotoğraflar Şekil 5.12'de paylaşılmıştır.



Şekil 5.10 : Pazarcık – Tevekkeli köy yolu ve fay kesişim noktasında hasar gözlemleri



Şekil 5.11 : Bölge demiryolu ağı haritası



a) Gölbaşı-Malatya demiryolu hattı yer deformasyonu



b) Demiryolu köprüsü - Sanat yapısı ve köprü ayağı hasarı



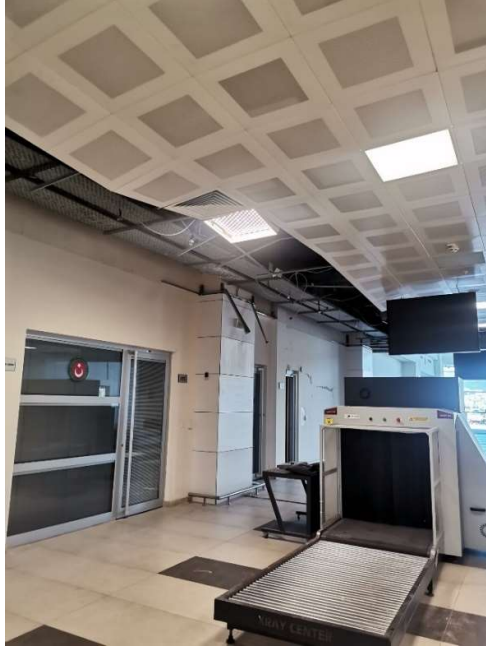
c) Demiryolu hattı tünel girişinde kaya düşmesi ve toprak kayması nedeni ile tünel girişinin kapanması ve tünel yapısı hasarı

Şekil 5.12 : Deprem bölgesinde demiryolu, demiryolu köprüsü ve tünel giriş/çıkışında çeşitli hasarlar

Kahramanmaraş havalimanında yapılan incelemelerde yapısal bir hasar gözlemlenmemiş ancak yapısal olmayan farklı hasarların oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 5.13).



a) Kule yapısında meydana gelen yapısal olmayan hasarlar



b) Ana bina asma tavan hasarı



c) Kule yapısı makine teçhisat hasarı

Şekil 5.13 : Kahramanmaraş Havalimanı yapısal olmayan hasarlar

6. Genel Değerlendirme ve Saha Çalışmasına Bağlı Olarak Öneriler

Deprem sonrasında hızlı bir şekilde afet bölgesine giden ve bu raporu hazırlayan çalışma grubu incelemeler esnasında bir kaç amaca hizmet etmiştir. İlk olarak bulunduğu yerlerde herhangi katkı koyması gereken bir husus olduğunda bunu yerine getirmiştir. Örneğin, bir afet kriz merkezinde verilerin sisteme girilmesi ve doğrulanması böylece devletin hizmet hızının artırılması; kritik bazı yapıların hızlı değerlendirilmesi ve güvenliğinin teyidi ve bu şekilde yapılacakların ivedilikle planlanması bunlardan sadece bir kaçıdır. İkinci olarak, depremden kısa bir süre sonra kaybolma ihtimali olan, araştırmalar için çok önemli verileri elde etmiş ve bunları fotoğraflarla kayıt altına almıştır. Bu veriler deprem sonrasında gerçekleştirilecek çalışmalarda çekirdek rol oynayacak ve araştırmalara yön verecektir. Son olmasa da üçüncü olarak afet bölgesinin çoğunda gözlemlerde bulunarak geliştirilmesi gereken hususları belirlemişlerdir. Bu hususlar daha sonraki yayınlarda aytıntılı irdelenecektir ancak burada bir özet verilmiştir. Bu çalışma grubunun genel değerlendirmeleri ve saha çalışmasına bağlı olarak ilk önerileri şunlardır:

Afet yönetimi konusu ülke olarak geliştirilmesi gereken hususlardan biri olmaya devam etmektedir. Özellikle yıkımın fazla olduğu bu gibi afetler ve hava şartlarının olumsuz olduğu ilk günler dahil olmak üzere planların ayrıntılı olarak ele alınması ivedilik arz etmektedir.

- 1999 depremleri sonrasındaki gözlemlere benzer şekilde bu depremler de mevcut yapı stokunun durumunu acı bir şekilde göstermiştir. Binalar olmaması gereken bir şekilde toptan göçmüş veya çok ağır hasar görmüş, bunun sonucunda yüksek seviyede can kaybı meydana gelmiştir. Bu da ülkemizde yüksek sismik tehlikeye maruz diğer şehirlerimizde aynı sonucun yaşanmaması için yapı stokunun acilen değerlendirilmesinin şart olduğunu göstermiştir.
- Yapı stokunun öncelikler belirlenerek iyileştirilmesi ve yapıların depreme dirençli hale getirilmesi amacıyla kentsel dönüşüm dahil bütün alternatiflerin devlet desteği ile ivedilikle hayata geçirilmesi önem kazanmaktadır. Yüksek risk altındaki yapı stokumuz için bir an önce ‘Göçmenin Önlenmesi/Can Güvenliği’ performans seviyesinin sağlanmasının gerekliliği çok açıktır. Deprem öncesi yapılacak bu tür iyileştirmeler ve destekler deprem sonrasında hem can hem de mal kaybını azaltacak, ülkeye fayda getirecek zorunluluklar olarak değerlendirilmelidir.
- Fay hatlarıyla kesişen veya şiddetli sarsıntı etkisiyle pek çok alt yapı sistemi ciddi hasarlar almıştır. Örneğin, yollardaki hasarlar ulaşımı ve yardımların erişmesini etkilemiştir. Doğal gaz boru hatları gibi sistemlerde meydana gelen hasarlar gaz, elektrik, su gibi toplum için hayati önemi olan unsurların dağıtımını durdurmuştur. Bu sistemlerin daha esnek bir yapıyla ve

alternatifler de göz önüne alınarak gözden geçirilmesi bir sonraki depremlere hazırlık açısından hayati önem taşımaktadır.

- Zemin problemleri ile zemin-yapı etkileşimi sorunları deprem bölgesinin çoğunda gözlemlenmiştir. İskenderun ve Gölbaşı gibi yerleşim bölgelerinde sıvılaşma gibi zemin problemleri ve bunun sonucunda yapısal hasarlar öne çıkmıştır. Bazı bölgelerde ise alüvyel zeminlerin tasarımda uygun şekilde göz önüne alınmadığı ve neticesinde hasarların belli alanlara yoğunlaşması gibi sorunlar dikkat çekmiştir. Gözlemlenen hasarların ne kadarının zemin şartlarının göz ardı edilmesinden veya uygun şekilde değerlendirilmemesinden kaynaklandığı önümüzdeki süreçte ayrıntılı çalışmalarla ortaya çıkarılacaktır.
- Arama-kurtarma çalışmaları esnasında canları kurtarma telaşıyla bazı güvenlik tedbirlerinin göz ardı edildiği gözlemlenmiştir. Örneğin, tozların yoğun olduğu bölgelerde maske kullanımının ihmal edilmesi gibi. Güvenlik tedbirlerini de sağlayarak aynı hızda arama-kurtarma faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi mümkün olabilmektedir.
- Uydu görüntülerinin kullanımının ve paylaşımının daha etkili ve hızlı bir şekilde devreye sokulmasının arama kurtarmanın öne çıktığı ilk başlangıç dahil tüm aşamalar için kritik önemi ortaya çıkmıştır.
- Bölgede telekomünikasyon iletişimi ile ilgili ciddi problemler rapor edilmiştir. Bu problemlerin önemli bir kısmı baz istasyonlarını taşıyan yapıların hasar görmesi ve sonucunda baz istasyonlarının kaybedilmesine bağlanmıştır. Baz istasyon yerleri ve konumları belirlenirken elektronik değerlendirmelerin yanında depremsel etkilerin de göz önüne alınması gerekliliği bu büyük afetle tekrar ortaya çıkmıştır.
- Endüstriyel tesislerde yapının özelliklerine bağlı olarak farklı yapısal hasarlar gözlemlendi. Bazı yapısal hasarların hızlı bir şekilde onarılıp tesisin hazır olabileceği görülmesine rağmen meydana gelen yapısal olmayan ve ekipman hasarlarının tesislerin tekrar faaliyete geçmesinin önünde önemli bir problem teşkil ettiği tespit edildi. Bu gözlemler de endüstriyel tesislerin depreme hazırlık çalışmalarında bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.
- Üniversiteler ile belediyeler ve diğer kamu kuruluşları arasında işbirlikleri, araştırma ve uygulamaların artırılması ve sürekliliğinin sağlanması çalışmalarının daha da hızlandırılması gerekmektedir.
- Deprem sonrasında tüm aşamalarda elde edilen veri ve bilgiler kurumlar ve araştırmacılar arasında rahatlıkla paylaşılabilir, çıkarılacak derslerin bilimsel çerçeveye oturtulup gerek Türkiye’de gerek dünyada depreme hazırlık çalışmalarında kullanılmasına zemin hazırlanmalıdır.

TEŞEKKÜRLER

Bu ön inceleme çalışması Gebze Teknik Üniversitesi ve TÜBİTAK (1002 C Projeleri kapsamında - Yürütücü: Dr. Öğretim Üyesi Ülgen Mert Tuğsal) tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmalar ve seyahat esnasında ekibimize gerek kurumsal gerek kişisel olarak çok katkı koyanlar oldu: Konaklama olarak sınıflarını bize açan Toki Şehit Jandarma Er Levent Kuşoğlu İlkokulu ve Şehit Ali Rıza İşbilir Anadolu Lisesi yetkili ve çalışanlarına; Elbistan Kriz Merkezinde sorumlu Dr. Öğretim Üyesi Muammer Tün'e ve ekibine; GASKİ Genel Müdürü Hüseyin Sönmezler, GASKİ Arıtma Tesisleri Müdürü Ahmet Öztürk ve arazi çalışmalarında destek veren tüm ekibine; Misafir Araştırmacı Sadra Karimzadeh'e; GTÜ Doktora Öğrencisi Abdullah Erdoğan'a; PAÜ Doktora Öğrencisi Berk Yağcıoğlu'na; Kahramanmaraş Dulkadiroglu Belediyesi yetkililerine; Gaziantep Büyükşehir Belediyesi İmar Müdürlüğünden Ali Bayram Tunay'a; şöförlerimize ve adı burda zikredilmeyen tüm katkı koyanlara çok teşekkür ediyoruz.

7. Kaynaklar

- AFAD, (2023). 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 Elbistan (Kahramanmaraş) MW 7.6 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. Deprem Daire Başkanlığı, Ankara, s. 11.
- Aktuğ, B, Özener, H, Dogru, A, Sabuncu, A, Turgut, B, Halicioglu, K, Yilmaz, O, Havazli, E., (2016). Slip rates and seismic potential on the East Anatolian Fault System using an improved GPS velocity field. *J Geodynamics* 94-95: 1-12
- Allen, C.R., (1969). Active Faulting in Northern Turkey. Contribution No: 1577, Division of Geological Sciences, California. Institute. Technology, 32 pp
- Allen, C.R., (1975). Geological criteria for evaluating seismicity, *Bull. Geol. Soc. Am.* 86 (1975) 1041.
- Ambraseys, N.N., (1970). Some characteristic features of the Anatolian Fault Zone. *Tectonophysics*, 9, 143–165 [10.1016/0040-1951\(70\)90014-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(70)90014-4) [Search in Google Scholar](#)
- Ambraseys, N. N., (1989). Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophys J Int* 96(2), 311-331
- Ambraseys N N (2009). *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900*. Cambridge University Press
- Arias A. A., (1970). *Measurement of Earthquake intensity, Seismic Design for Nuclear Power Plants*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Arpat, A. E. (1971)., 22 Mayıs, 1971 Bingöl Depremi Ön Rapor. Institute of Mineral Research and Exploration Report 4697.
- Arpat E., Şaroğlu F., (1972). The East Anatolian Fault System: thoughts on its development. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (MTA)*, 78, 33-39.
- Arpat, E., Şaroğlu F., (1975). Recent tectonic activities in Turkey. *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 18, 91-101 (in Turkish with English abstract) [Search in Google Scholar](#)
- Barka, A A, Kadinsky-Cade K., (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics* 7(3) 663-684.
- Bulut, F, Bohnhoff, M, Eken T, Janssen, C, Kılıç T, Dresen, G., (2012). The East Anatolian Fault Zone: Seismotectonic setting and spatiotemporal characteristics of seismicity based on precise earthquake locations. *J Geophys Res-Sol Ea* doi:10.1029/2011JB008966.
- Cabalar, A. F., Canbolat, A., Akbulut, N., Tercan, S. H., & Isik, H. (2019). Soil liquefaction potential in Kahramanmaraş, Turkey. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 1822-1838.
- Çetin, H., Güneşli, H., & Mayer, L. (2003). Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, 374(3), 163–19.

- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Saroglu, F., & Şengör, A. M. C. (1986). Shortening of continental lithosphere: The neo-tectonics of eastern Anatolia-a young collision zone. In M. P. Coward & A. C. Reis (Eds.), *Collision tectonics* (pp. 3–36). London: Geological Society
- Duman, T.Y, Emre, Ö., (2013). The East Anatolian Fault: geometrysegmentation and jog characteristics. *Geol Soc London SpecPubl 372*: 495-529
- Emre, Ö, Duman, TY, Özalp, S, Elmacı, H, Olgun, Ş, Şaroğlu, F., (2013). Active Fault Map of Turkey. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series-30. Ankara Turkey.
- Garini, E., ve Gazetas, G., (2023). The 2 earthquakes of February 6 th 2023 in Turkey, Report, Greece.
- Italiano, F., Şaşmaz, A., Yüce, G. and Okan, O. O. (2013). Thermal fluids along the East Anatolian Fault Zone (EAFZ): Geochemical features and relationships with the tectonic setting, *Chemical Geology*, 339, 103–114.
- Koçyiğit A., Beyhan A., (1998). A new intra-continental transcurrent structure: the central Anatolian fault zone, Turkey. *Tectonophysics*, 284, 317–336.
- Kop, A., Ezer, M., Bodur, M. N., Darbas, G., Inan, S., Ergintav, S., ve diğ., (2014). Geochemical Monitoring Along the Turkoglu (Kahramanmaras)-Golbasi (Adiyaman) Segments of the East Anatolian Fault System. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 39(7), 5521–5536.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Şanlı, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., Veis, G., (2000). GPS constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and the Caucasus. *Journal of Geophysical Research* 105, 5695-5719.
- Naji, D. M., Akin, M. K., & Cabalar, A. F., (2020). A comparative study on the VS30 and N30 based seismic site classification in Kahramanmaras, Turkey. *Advances in Civil Engineering*, 2020, 1-15.
- Newmark, N. M. (1959), A method of computation for structural mechanics, *Journal of Eng. Mechanics*, ASCE, 85(EM3), 67-94.
- Över, S., Büyüksaraç, A., Bekta, Ö., & Filazi, A. (2011). Assessment of potential seismic hazard and site effect in Antakya (Hatay Province), SE Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 62, 313-326.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., al-Aydrus A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., al-Ghazzi R., Karam, G., (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411.

- Rotstein, Y., (1984). Counterclockwise rotation of the Anatolian block, *Tectonophysics*, 108, 71-91.
- Sandal, E. K., & Karademir, N., (2013). Kahramanmaraş'ta Depremsellik Bağlamında Zemin-Yerleşme İlişkisi. In 3rd International Geography Symposium-GEOMED 2013 Symposium Proceedings (pp. 474-488).
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., (1985). Strike slip faulting and related basin formations in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Biddle K.T., Christie-Blick N. (Eds.), *Strike-slip faulting and basin formation*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Tulsa, Oklahoma, special publication, 37, 227–264.
- Toktanış, A., & Över, S. (2021). Konarlı Mahallesi'nde (İskenderun) Sıvılaşma Pilot Çalışması. *Geosound*, 54(1), 1-14.
- Toprak, S., ve Holzer, T. L., (2003). Liquefaction potential index: field assessment. *J. Geotech. Geoenviron. Eng., ASCE*, 129(4), 315–322.
- Toprak, S., Nacaroglu, E., Van Ballegooy, S., Koç, A.C., Jacka, M., Manav, Y., Torvelainen, E. ve O'Rourke, T. D., (2019). Segmented pipeline damage predictions using liquefaction vulnerability parameters", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*.
- Jackson, J. (1994). Active tectonics of the Aegean region. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 22, 239–271.
- KOERI (2023). 06 Şubat 2023 Sofalaca Şehitkamil Gaziantep Depremi Basın Bülteni. B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, İstanbul Şubat 2023, 4 sayfa.
- Mahmoud Y, Masson F, Meghraoui M, Cakir Z, Alchalbi A, Yavasoglu H, ve diğ., (2013). Kinematic study at the junction of the East Anatolian fault and the Dead Sea fault from GPS measurements. *J Geodyn* 67, 30-39.
- McKenzie, D.P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophys. J.R, Astron. Soc.* . 3 109.
- McKenzie, D. (1976). The east Anatolian fault: A major structure in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters*, 29, 189–193.
- Nalbant S S, McCloskey J, Steacy S, Barka A A. (2002). Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth Planet Sc Lett* 195(3), 291-298.
- Seymen İ., ve Aydın, A., (1972). The Bingöl earthquake fault and its relation to the North Anatolian Fault zone. *Bull. Miner. Res. Explor. Inst., Ankara* 79 (1972).
- Taymaz T, Eyidoğan H, Jackson, J., (1991). Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophys J Int* 106(3), 537-550.
- Vantassel. J., (2020). jpvantassel/hvsrpy: latest (Concept). Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3666956>.

Westaway, R., (2004). Kinematic consistency between the Dead Sea Fault Zone and the Neogene and Quaternary left-lateral faulting in SE Turkey. *Tectonophysics* 39.

AFAD (2023). www.afad.gov.tr. (Son erişim 16.02.2022)

USGS NEIC 2023. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/executive>.

TBDY, 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Resmi Gazete, Tarih: 18 Mart 2018, Sayı: 30364, 2018.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekansan Planlama Genel Müdürlüğü, “İzmir Depremi Raporu”.https://webdosya.csb.gov.tr/db/izmir/haberler/2020_20201121031632.pdf,(10.06.2021).

T.C. İç İşleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, “Türkiye deprem tehlike haritası”. <http://tdth.afad.gov.tr/TDTH>, (10.06.2021).

USGS (2023) <https://www.usgs.gov/news/featured-story/m78-and-m75-kahramanmaras-earthquake-sequence-near-nurdagi-turkey-turkiye>

<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/iskenderun-limaninda-depremde-devrilen-onteynerlerde-cikan-yangina-ucakla-mudahale-/2810463#>

<https://www.cumhuriyet.com.tr/ekonomi/bakan-fatih-donmez-afsin-elbistan-b-termik-santrali-kismen-calismaya-baslayacak-2052789>