

T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ



DEPREMLERİN KENTLERDEKİ ALTYAPI SİSTEMLERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEYNEP GENCAL ER

İSTANBUL, 2024

T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ



DEPREMLERİN KENTLERDEKİ ALTYAPI SİSTEMLERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEYNEP GENCAL ER

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ RECEP ÖZAY

İSTANBUL, 2024

KABUL VE ONAY

ZEYNEP GENCAL ER tarafından hazırlanan “**DEPREMLERİN KENTLERDEKİ ALTYAPI SİSTEMLERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma tarihi 07.02.2024 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği /oy çokluğu ile İstanbul Arel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kentsel Sistemler Mühendisliği programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Recep ÖZAY

.....

Üye

Doç. Dr. İsmail Cengiz YILMAZ

İstanbul Arel Üniversitesi

.....

Üye

Doç. Dr. Şenay ATABAY

Yıldız Teknik Üniversitesi

.....

İstanbul Arel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Ali AKDEMİR

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**DEPREMLERİN KENTLERDEKİ ALTYAPI SİSTEMLERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

07.02.2024

ZEYNEP GENCAL ER

ÖZET

**DEPREMLERİN KENTLERDEKİ ALTYAPI SİSTEMLERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZEYNEP GENCAL ER
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ

(DANIŞMAN: DR. ÖĞRETİM ÜYESİ RECEP ÖZAY)

İSTANBUL, 2024

Kentsel altyapı; elektrik, gaz, ulaşım, iletişim, su ve atıksu hizmetleri sağlayan kritik sistemlerdir. Günümüzde bu sistemler, kent sakinlerinin temel ihtiyaçlarını karşılamak, yaşam kalitesini arttırmak ve kentlerin işleyişini sürdürmek için hizmet vermektedir. Depremler, yaşam hattı sistemlerinin çalışmasını olumsuz etkilediğinde, kaynakların akışı ve toplumları ayakta tutan hizmetlerin temini kesintiye uğrar; bu kesintiler bölgesel, ulusal ve hatta küresel çapta sosyal ve ekonomik etkilere neden olabilmektedir. Yüzyıllar boyunca ülkemiz, hem can hem de mal kaybı ile sonuçlanan birçok büyük depremle karşı karşıya kalmıştır. Türkiye'nin deprem gerçeğiyle yaşama mücadelesi devam ederken, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş ilimizde meydana gelen depremler, Türkiye'yi büyük ölçüde sarsan, yüzyılda bir görülen büyük bir felaket olarak kayıtlara geçmiştir. Konut, ticari ve kamu binaları ciddi şekilde etkilenmiş, birçoğu yapısal hasara uğramış veya tamamen yıkılmıştır. Bununla birlikte kentsel altyapı sistemlerinin hizmet dışı kalması, afetten etkilenen insanlar üzerinde geniş kapsamlı etkiler yaratmış; yerel ekonomi, sosyal hayat ve günlük yaşamın sürdürülebilirliği olumsuz etkilenmiştir. Bu araştırma, deprem nedeniyle kentsel altyapı sistemlerinde meydana gelen hasarları, bu hasarlar sonucu oluşan kesintilerin yarattığı etkileri, altyapının hasar görmesine neden olan faktörleri ve kentsel altyapı sistemlerinin birbirleriyle olan bağımlılıklarının ortaya konulmasını amaçlamıştır.

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Nitel araştırma yönteminin bir deseni olan durum çalışması modelinde, bir veya birkaç duruma ilişkin etkenler bütüncül bir yaklaşımla araştırılmakta ve ilgili durumu nasıl etkiledikleri ve ilgili durumdan nasıl etkilendikleri üzerine derinlemesine araştırma yapılmaktadır.

Veriler yarı yapılandırılmış görüşme tekniği ile toplanmıştır. Görüşme formundaki sorular literatür taraması yapılarak araştırmacı tarafından hazırlanmış; her sektör için ayrı görüşme formu oluşturulmuştur. Görüşme formları kullanılarak her sektörden toplamda iki katılımcı ile ön uygulama yapılmıştır. Ön uygulamada elde edilen görüşme kayıtları, araştırmacı tarafından dinlenmiş ve görüşme formlarından çıkarılacak ya da eklenecek sorular belirlenmiştir. Son haliyle elektrik, iletişim, ulaşım, su ve atık su altyapılarını kapsayan görüşme formlarının her biri beş sorudan oluşmaktadır. Her sektörden 10 kişi olacak şekilde toplamda 40 kişi ile görüşülmüş; katılımcıların izni alındıktan sonra görüşmeler ses kaydına alınmıştır.

Görüşmelerden elde edilen verilerin çözümünde nitel veri analizi yöntemlerinden içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. Araştırma kapsamında elektrik, haberleşme, ulaşım, su ve atıksu dahil olmak üzere kentsel altyapının farklı alanlarında aktif olarak görev alan uzmanlar ile yapılan görüşmeler kayıt altına alınmıştır. İçerik analizi öncesinde kayıt altına alınan görüşmeler metin halinde Microsoft Word'e aktarılmış ve analize uygun veri metinleri haline getirilmiştir. Ardından görüşmelere ilişkin veri metinleri, defalarca okunarak, satır satır okuma tekniği ile değerlendirilmiş ve kod listesi oluşturulmuştur. Taslak kodların gözden geçirilmesi ve yeni kodların ortaya çıkarılması suretiyle kodların nihai hale getirilmesi sağlanmıştır. Kodlama sürecinin ardından elde edilen kodlar bir araya getirilerek ortak noktaları belirlenmiş ve böylece araştırma bulgularının ana hatlarını oluşturacak temalar oluşturulmuştur. Son olarak, veriler QDA Miner programı kullanılarak analiz edilmiş ve okuyucunun anlamasını kolaylaştıran grafikler elde edilmiştir. Araştırmanın analiz süreci sonunda ortaya çıkan kod listesi ve kod listesiyle uyumlu temalar, bulgular halinde tanımlanmaya ve yorumlanmaya hazır hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, kentsel altyapı, yaşam hatları

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF EARTHQUAKES ON URBAN INFRASTRUCTURE SYSTEMS

MSC THESIS

ZEYNEP GENÇAL ER

**GRADUATE SCHOOL, İSTANBUL AREL UNIVERSITY
URBAN SYSTEMS ENGINEERING**

(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. RECEP ÖZAY)

İSTANBUL, 2024

Throughout the centuries, our country has faced countless earthquakes that resulted in loss of life and property. While Turkey continues its struggle to live with the reality of earthquakes, the earthquakes that occurred in our province of Kahramanmaraş on February 6, 2023, have been recorded as a major disaster that has greatly shaken Turkey, occurring once in a century. Residential, commercial, and public buildings have been severely affected, with many experiencing structural damage or complete collapse. Moreover, the disruption of urban infrastructure systems has led to extensive effects on the individuals affected by the disaster; local economy, social life, and the sustainability of daily life have been negatively affected. This study aims to investigate the damages in urban infrastructure systems caused by the earthquake, the effects of resulting interruptions, the factors contributing to infrastructure damage, and the interdependencies among urban infrastructure systems.

This study utilizes a qualitative research method. In the case study design, which is a pattern of qualitative research, factors related to one or more situations are investigated with a comprehensive approach. In-depth research is conducted on how these factors influence the relevant situation and how they, in turn, are affected by the specific circumstance. The data was collected through a semi-structured interview technique. The interview questions in the form were prepared by the researcher through a literature review, and a separate interview form was created for each infrastructure. Using these forms, a preliminary application was conducted with a total of two participants from each sector.

The interview recordings obtained during the pilot study were examined by the researcher, and questions to be extracted or added to the interview forms were determined. The final versions of the forms, covering electricity, communication, water and wastewater, and transportation infrastructures, each consist of five questions. A total of 40 individuals were interviewed, with 10 people from each sector. After obtaining the participants' consent, the interviews were recorded.

The data obtained from the interviews were analyzed using the content analysis method, a qualitative data analysis approach. Within the scope of the research, interviews with experts actively involved in various fields of urban infrastructure, including electricity, communication, transportation, water, and wastewater, were recorded. Before content analysis, the recorded interviews were transcribed into text format using Microsoft Word and transformed into data texts suitable for analysis. Subsequently, the data texts related to the interviews were evaluated by repeatedly reading them using the line-by-line reading technique, and a code list was created. The draft codes were finalized through a review of the codes and the creation of new codes. After the coding process, the obtained codes were brought together to identify commonalities, thus forming themes that would outline the main findings of the research. Finally, the data were analyzed using the QDA Miner program. At the end of the research analysis process, the resulting code list and corresponding themes were prepared for description and interpretation of the findings.

Key Words: Earthquake, urban infrastructure, lifelines

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ	ix
FOTOĞRAF LİSTESİ	x
KISALTMA VE SEMBOL LİSTESİ.....	xiv
ÖNSÖZ.....	xv
1 GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tespiti	4
1.2 Çalışmanın Amacı ve Hedefleri	4
1.3 Çalışma Planı	5
2 LİTERATÜR ÖZETİ	6
3 DEPREMLERİN KENTSEL ALTYAPIYA ETKİLERİ	13
3.1 Türkiye Depremselliği	16
3.2 Kahramanmaraş Depremleri ve Etkileri.....	19
3.2.1 Ulaşım Altyapısı	21
3.2.1.1 Karayolları	21
3.2.1.1.1 Köprü/Viyadük	27
3.2.1.1.2 Tüneller.....	47
3.2.1.2 Demiryolları.....	50
3.2.1.3 Havayolu	57
3.2.1.4 Denizyolu.....	60
3.2.2 Su ve Atıksu Sistemleri.....	62
3.2.2.1 Su Tesisleri, İletim ve Dağıtım Sistemleri.....	63
3.2.2.1.1 Kahramanmaraş Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ)	63
3.2.2.1.2 Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi (GASKİ)	64
3.2.2.1.3 Hatay Su ve Kanalizasyon İdaresi (HATSU).....	68
3.2.2.2 Su Kuleleri	70
3.2.2.3 Su Arıtma Tesisleri	71
3.2.2.4 Atıksu Arıtma Tesisleri.....	73
3.2.3 Enerji Altyapısı	77
3.2.3.1 Termik ve nükleer enerji santralleri.....	78
3.2.3.2 Hidroelektrik enerji santralleri.....	81
3.2.3.3 Elektrik Trafo merkezleri.....	83
3.2.3.4 Elektrik İletim ve Dağıtım Havai Sistemleri	90
3.2.3.5 Doğalgaz İletim ve Dağıtım Sistemleri	95
3.2.3.6 LPG Depolama ve Dağıtım Tesisleri.....	95
3.2.3.7 Ham Petrol ve Akaryakıt İstasyonları.....	99
3.2.3.8 Rüzgar Türbinleri.....	99
3.2.4 İletişim Altyapısı	100
4 YÖNTEM.....	104
4.1 Araştırmanın Amacı ve Önemi	104
4.2 Araştırmanın Yöntemi/Modeli	105
4.3 Çalışma Grubu	106

4.4	Veri Toplama Araçları	109
4.5	Verilerin Toplanması ve Analizi	110
4.6	Geçerlik ve Güvenirlik	111
5	BULGULAR	113
5.1	Elektrik Altyapısı Kapsamında Gerçekleştirilen Görüşme Analizinden Elde Edilen Bulgular	113
5.1.1	Deprem Sonrası Elektrik Kesintilerinin Nedenlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular.....	113
5.1.2	Elektrik Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörlere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular	115
5.1.3	Deprem Sonrası Elektrik Kesintilerinin Oluşturduğu Etkilere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular.....	117
5.1.4	Depreme Dayanıklı Elektrik Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular	121
5.2	İletişim Altyapısı Kapsamında Gerçekleştirilen Görüşme Analizinden Elde Edilen Bulgular	124
5.2.1	Deprem Sonrası İletişim Kesintilerinin Nedenlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular.....	125
5.2.2	İletişim Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörlere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular	127
5.2.3	Deprem Sonrası İletişim Kesintilerinin Oluşturduğu Etkilere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular.....	129
5.2.4	Depreme Dayanıklı İletişim Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular	132
5.3	Su ve Atıksu Altyapısı Kapsamında Gerçekleştirilen Görüşme Analizinden Elde Edilen Bulgular	136
5.3.1	Deprem Sonrası Su ve Atıksu Kesintilerinin Nedenlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular.....	136
5.3.2	Su ve Atıksu Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörlere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular	138
5.3.3	Deprem Sonrası Su ve Atıksu Kesintilerinin Oluşturduğu Etkilere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular.....	141
5.3.4	Depreme Dayanıklı Su ve Atıksu Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular	144
5.4	Ulaştırma Altyapısı Kapsamında Gerçekleştirilen Görüşme Analizinden Elde Edilen Bulgular	148
5.4.1	Deprem Sonrası Ulaşım Kesintilerinin Nedenlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular.....	148
5.4.2	Ulaştırma Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörlere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular	151
5.4.3	Deprem Sonrası Ulaşım Kesintilerinin Oluşturduğu Etkilere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular.....	155
5.4.4	Depreme Dayanıklı Ulaştırma Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular	160
6	SONUÇ VE ÖNERİLER	165
6.1	Elektrik Altyapısı	165
6.2	İletişim Altyapısı	167
6.3	Su ve Atıksu Altyapısı	169
6.4	Ulaştırma Altyapısı	172
7	KAYNAKLAR	175

8	ÖZGEÇMİŞ.....	190
---	---------------	-----



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 5.1 Deprem sonrası elektrik kesintilerinin nedenleriyle ilgili katılımcıların görüşleri.....	113
Şekil 5.2 Elektrik altyapısının depremlere karşı kırılganlığını etkileyen faktörler ile ilgili katılımcıların görüşleri	115
Şekil 5.3 Deprem sonrası elektrik kesintilerinin oluşturduğu etkiler ile ilgili katılımcıların görüşleri	118
Şekil 5.4 Depreme dayanıklı elektrik altyapısı için zarar azaltma önlemleri ile ilgili katılımcıların görüşleri	121
Şekil 5.5 Deprem Sonrası İletişim Kesintilerinin Nedenleriyle İlgili Katılımcıların Görüşleri.....	125
Şekil 5.6 İletişim Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri	127
Şekil 5.7 Deprem Sonrası İletişim Kesintilerinin Oluşturduğu Etkiler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri	129
Şekil 5.8 Depreme Dayanıklı İletişim Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemleri ile İlgili Katılımcıların Görüşleri	132
Şekil 5.9 Deprem Sonrası Su ve Atıksu Kesintilerinin Nedenleriyle İlgili Katılımcıların Görüşleri	137
Şekil 5.10 Su ve Atıksu Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri.....	138
Şekil 5.11 Deprem Sonrası Su ve Atıksu Kesintilerinin Oluşturduğu Etkiler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri	142
Şekil 5.12 Depreme Dayanıklı Su ve Atıksu Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemleri ile İlgili Katılımcıların Görüşleri	144
Şekil 5.13 Deprem Sonrası Ulaşım Kesintilerinin Nedenleriyle İlgili Katılımcıların Görüşleri.....	149
Şekil 5.14 Ulaştırma Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri	152
Şekil 5.15 Deprem Sonrası Ulaşım Kesintilerinin Oluşturduğu Etkiler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri	156
Şekil 5.16 Depreme Dayanıklı Ulaştırma Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemleri ile İlgili Katılımcıların Görüşleri	160

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Türkiye’deki kritik altyapıların listesi	13
Tablo 3.2 Karayolu hasar maliyetleri.....	26
Tablo 3.3 Demiryolu hatları hasar tespiti.....	56
Tablo 4.1 Elektrik Altyapısı Katılımcı Bilgileri	107
Tablo 4.2 Ulaştırma Altyapısı Katılımcı Bilgileri.....	107
Tablo 4.3 Telekomünikasyon Altyapısı Katılımcı Bilgileri.....	108
Tablo 4.4 Su ve Atıksu Altyapısı Katılımcı Bilgileri.....	109



FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1 Tarsus- Adana- Gaziantep otoyolunda hasar.....	24
Fotoğraf 3.2 Otoyol kaplamasında meydana gelen hasarlar	24
Fotoğraf 3.3 Fayın kestiği asfalt yol	25
Fotoğraf 3.4 Deprem sonucu karayolunda oluşan derin çatlaklar ve göçmeler	25
Fotoğraf 3.5 Hatay- Reyhanlı karayolu hasarı	25
Fotoğraf 3.6 Deprem sonrası karayollarındaki trafik sıkışıklığı	27
Fotoğraf 3.7 Köprü kenar ayak duvar hasarı.....	30
Fotoğraf 3.8 Köprü ayağında gözlemlenen hasar	30
Fotoğraf 3.9 Köprü kenar ayak yaklaşım dolgusunun göçmesi	30
Fotoğraf 3.10 Köprü kenar ayak yaklaşım dolgusunun göçmesi	31
Fotoğraf 3.11 Ağır hasar görmüş beton köprü kirişleri.....	32
Fotoğraf 3.12 Kiriş uçlarında boylamsal çatlaklar	32
Fotoğraf 3.13 Öngermeli beton kirişlerin uç bölgelerinde gözlemlenen hasarlar.....	33
Fotoğraf 3.14 Kirişten dışarı fırlamış öngerme halatı	33
Fotoğraf 3.15 Kiriş ucundaki hasarın yakından görünümü.....	34
Fotoğraf 3.16 Yanal/dikey eğilme ve orta açıklıkta iç kiriş hasarı	34
Fotoğraf 3.17 Diyafram kirişli ve diyafram kirişsiz köprülerin karşılaştırılması	35
Fotoğraf 3.18 Köprü yaklaşım dolgusu oturması.....	37
Fotoğraf 3.19 Bekir Karabacak Köprü tabliyesi hasarı.....	37
Fotoğraf 3.20 Köprü tabliyesinde gözlemlenen hasarlar	38
Fotoğraf 3.21 Hatay'daki bir köprüde gözlemlenen tabliye kayması sorunu.....	38
Fotoğraf 3.22 Şekeroba Köprü tabliyesinde meydana gelen göçme.....	38
Fotoğraf 3.23 D817 Köprüsünde gözlemlenen hasar.....	39
Fotoğraf 3.24 TAG Otoyolu öncesi ve sonrası durumu	40
Fotoğraf 3.25 Köprünün genişleme derzinde gözlemlenen hasar	40
Fotoğraf 3.26 Depremin etkisiyle yukarı doğru hareket eden köprü	41
Fotoğraf 3.27 Hatay'da yıkılan köprü	42
Fotoğraf 3.28 İslahiye – Nurdağı arasında yıkılan köprü	42
Fotoğraf 3.29 Yanal destek kanadı hasarı ve deprem takozu hasarı	44
Fotoğraf 3.30 Kırılan dış deprem takozu ve kiriş ucu hasarının yakından görünümü.....	44
Fotoğraf 3.31 Hasar gören deprem takozları.....	44

Fotoğraf 3.32 Dış deprem takozunda ve iç deprem takozunda gözlemlenen hasar ...	45
Fotoğraf 3.33 Elastomerik yastıkların yer değiştirmesi	46
Fotoğraf 3.34 Elastomer yastıkların yerinden oynaması.....	47
Fotoğraf 3.35 Zemine düşmüş elastomerik yastıklar	47
Fotoğraf 3.36 Erkenek Tünelinde gözlemlenen hasarlar	48
Fotoğraf 3.37 Tünel girişinde gözlemlenen hasarlar.....	49
Fotoğraf 3.38 Bahçe-Nurdağı demiryolu tüneli	49
Fotoğraf 3.39 Taş kaplama demiryolu tünelinde gözlemlenen yapısal hasarlar	51
Fotoğraf 3.40 Demiryolu tünel giriş/çıkışlarında kaya düşmesi hasarı.....	51
Fotoğraf 3.41 Demiryolu raylarında ve demir köprüde deformasyon	52
Fotoğraf 3.42 Demiryolu raylarında gözlemlenen deformasyonlar	52
Fotoğraf 3.43 Demiryolu raylarına yuvarlanan kayalar	53
Fotoğraf 3.44 Hasar gören istasyon binası.....	53
Fotoğraf 3.45 Dört yol Tren İstasyonunda gözlemlenen hasarlar	54
Fotoğraf 3.46 Deprem sarsıntısı nedeniyle devrilen vagonlar	55
Fotoğraf 3.47 Devrilen demiryolu araçlarının onarım çalışmaları.....	55
Fotoğraf 3.48 Demiryolu hatlarında onarım çalışmaları.....	56
Fotoğraf 3.49 Kahramanmaraş Havalimanı'nda yapısal olmayan hasarlar	58
Fotoğraf 3.50 Gaziantep Havalimanı terminalinde yapısal olmayan hasarlar	58
Fotoğraf 3.51 Hatay Havalimanı bağlantı yolunda gözlemlenen hasarlar	59
Fotoğraf 3.52 Hatay Havalimanı pisti öncesi ve sonrası durum karşılaştırması.....	59
Fotoğraf 3.53 Hatay Havalimanı giriş kanopisin öncesi ve sonrası durum karşılaştırması	60
Fotoğraf 3.54 İskenderun Limanında çıkan yangın	61
Fotoğraf 3.55 İskenderun Limanında çıkan yangınına müdahale çalışmaları	61
Fotoğraf 3.56 İskenderun Limanında gözlemlenen hasarlar.....	61
Fotoğraf 3.57 Yardım malzemeleri ve araçların deniz yoluyla taşınması	62
Fotoğraf 3.58 Hasarlı öngerilmeli beton boruların çelik borularla değiştirilmesi	65
Fotoğraf 3.59 Düktil boru isale hattı bağlantı noktasında ayrılma.....	65
Fotoğraf 3.60 Düzbağ içme suyu isale hattı ve tüneli.....	66
Fotoğraf 3.61 Tünelde ve boru desteğinde gözlemlenen hasarlar.....	67
Fotoğraf 3.62 Fay hareketi nedeniyle su iletim borusunda gözlemlenen hasar	67
Fotoğraf 3.63 Mizmilli pompa istasyonu	68
Fotoğraf 3.64 Hatay'da yapılan sondaj çalışmaları.....	69
Fotoğraf 3.65 Hatay İçada'da hasar gören su kulesi	70

Fotoğraf 3.66 Hatay Antakya’da hasar gören su kulesi	71
Fotoğraf 3.67 İşlevini kaybeden çökeltme kanalı savakları.....	72
Fotoğraf 3.68 Dolgu duvarda kısmi yıkılma hasarı	72
Fotoğraf 3.69 Havalandırma tankının iç bölme duvar hasarı.....	73
Fotoğraf 3.70 Kısmen çökmüş iç bölme duvar hasarı.....	74
Fotoğraf 3.71 Narlıca atıksu arıtma tesisi çevresinde sıvılaşma püskürmesi.....	74
Fotoğraf 3.72 Tesiste gözlemlenen zemin oturma hasarı.....	75
Fotoğraf 3.73 Narlıca arıtma tesisinde gözlemlenen boru hasarları	75
Fotoğraf 3.74 Arıtma tesisinde bulunan jeneratörün yer değiştirmesi.....	76
Fotoğraf 3.75 Bağlantı yerlerinden çıkan membranların su üstünde yüzmesi.....	77
Fotoğraf 3.76 Afşin-Elbistan B Kömür Santrali trafosunda yağ sızıntısı hasarı.....	79
Fotoğraf 3.77 Afşin-Elbistan B kömür santral binası zemininde dikey oturma	79
Fotoğraf 3.78 İskenderun santrali; Buşingi kırılan trafo ve yanal hareket eden trafo	80
Fotoğraf 3.79 Mersin ilindeki inşaatı devam eden Akkuyu Nükleer Güç Santrali	81
Fotoğraf 3.80 Kılavuzlu barajı kretinin yanal yayılması	82
Fotoğraf 3.81 Menzelet barajında kaya düşmesi hasarı	82
Fotoğraf 3.82 Trafo merkezi binalarında gözlemlenen hasarlar	83
Fotoğraf 3.83 Trafo merkezi binasının depremden önceki ve sonraki durumu	84
Fotoğraf 3.84 Eski ve yeni inşa edilmiş trafo merkezi binalarının hasar durumları ..	85
Fotoğraf 3.85 Hasar gören trafo merkezi binasının yakından görünümü	85
Fotoğraf 3.86 Trafo merkez binasında deprem sonrası gözlemlenen hasarlar.....	86
Fotoğraf 3.87 Trafo merkez binasında deprem sonrası gözlemlenen hasarlar.....	86
Fotoğraf 3.88 Düşen kayaların trafo merkezi binasına vermiş olduğu hasar.....	87
Fotoğraf 3.89 Yetersiz sabitleme nedeniyle devrilen trafo	87
Fotoğraf 3.90 Yetersiz sabitleme nedeniyle devrilen trafo	88
Fotoğraf 3.91 Trafo merkezi binasının depremden önceki ve sonraki durumları.....	89
Fotoğraf 3.92 Devrilen elektrik iletim kulesi	91
Fotoğraf 3.93 Kaya düşmesi nedeniyle hasar gören beton direkler	92
Fotoğraf 3.94 Beton direklerde sabitleme sorunları.....	92
Fotoğraf 3.95 Antakya'da yıkılan binaların altında kalan elektrik direkleri	93
Fotoğraf 3.96 Antakya’da elektrik direğinin eğilmesi hasarı	93
Fotoğraf 3.97 Bina enkazıyla tıkanan yollar	94
Fotoğraf 3.98 Antakya’da hasar gören beton direk.....	94
Fotoğraf 3.99 LPG terminalinin duvarlarında gözlemlenen hasar.....	96
Fotoğraf 3.100 Antakya'da prekast üretim binasının çökmesi	97

Fotoğraf 3.101 Depolama tankını destekleyen ayaklarda gözlemlenen çatlamlar ...	97
Fotoğraf 3.102 LPG depolama tesisinde devrilmiş gaz tüpleri.....	97
Fotoğraf 3.103 Sabitlenmemiş dikey tankın devrilmesi	98
Fotoğraf 3.104 Sabitlenmemiş dikey tankın yanal olarak yer değiştirmesi	98
Fotoğraf 3.105 Hasar görmüş jeneratör ve deforme olmuş bağlantılar	98
Fotoğraf 3.106 Ağır hasar görmüş benzin istasyonu örneği	99
Fotoğraf 3.107 Depremde hasar gören baz istasyonları.....	101
Fotoğraf 3.108 Afet bölgesine gönderilen jeneratör ve mobil baz istasyonu	102
Fotoğraf 3.109 Artçı depremler nedeniyle hasar gören mobil baz istasyonu	102



KISALTMA VE SEMBOL LİSTESİ

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CTP	: Camelyaf Takviyeli Plastik
EGM	: Emniyet Genel Müdürlüğü
GASKİ	: Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
GSM	: Mobil İletişim İçin Küresel Sistem
HATSU	: Hatay Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
HES	: Hidroelektrik Santral
KASKİ	: Kahramanmaraş Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
KWH	: Kilovat Saat
LPG	: Likit Petrol Gazı
MDPE	: Orta Yoğunluklu Polietilen
MVA	: Megavolt-Amper
MWe	: Megawatt
Mw	: Moment Büyüklüğü
NTU	: Nefelometrik Bulanıklık Birimi
PVC	: Polivinil Klorür
SBB	: Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı
TAG	: Tarsus-Adana-Gaziantep
TBD	: Türkiye Bilişim Derneği
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TÜRKONFED	: Türk Girişim ve İş Dünyası Konfederasyonu

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmamda danışmanlığımı üstlenen, bu tezin konusunun belirlenme aşamasından başlayarak tezin tamamlanması sürecine kadar bana emeği geçen ve bu süreçte akademik bilgisiyle beni yönlendiren Sayın Hocam Dr. Öğretim üyesi RECEP ÖZAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamımın bu zorlu ve emek dolu döneminde her zaman yanımda olan, desteğini esirgemeyen sevgili eşim MUHAMMET FURKAN ER'e en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Lisansüstü eğitime başlama kararında bana destek olan ve tez yazım sürecinde tecrübe ve düşüncelerini benimle içtenlikle paylaşan, bu çalışmanın ortaya çıkmasında emeği geçen MEVLÜDE SEHER ŞİMŞEK'e teşekkür ederim.

Her şeyden önemlisi, bugüne kadar attığım her adımda yanımda olan ve bana olan desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli babam MEHMET GENCAL ve değerli annem AYNUR GENCAL'a ve sevgili kardeşlerim BETÜL GENCAL, DERYA GENCAL TAKA ve NURBANU GENCAL ŞENGÜN'e, teşekkürlerimi bir borç bilirim.

07.02.2024

ZEYNEP GENCAL ER

1 GİRİŞ

Üzerinde yaşadığımız yer kabuğu, hızlı veya yavaş olarak gelişen hareketleri içinde besleyerek, dış biçimini ve iç yapısını sürekli olarak değiştirmektedir. Kıta oluşturan hareketler olarak tanımlanan, yılda 1-10 mm büyüklüğündeki, sürekli ve yavaş hareketler yüzbinlerce hatta milyonlarca yıl sürmektedir (Işık, 1992). Günlük yaşantımızda bu hareketliliğin ve değişimin büyük bir kısmını hissedemesek de, canlılar tarafından hissedilen ve saniyeler içinde gelişen hızlı yer kabuğu hareketleri bulunmakta ve bu hızlı yer kabuğu hareketleri deprem olarak adlandırılmaktadır. Depremler, yer kabuğu adı verilen yerkürenin en üstünde bulunan tabakada çoğunlukla büyük elastiki kırıklara bağlı olarak gelişirler (İşçi, 2008). Bu elastiki kırıklara fay hattı adı verilmektedir. Fay hatları, yer kabuğundaki kayaların sıkışma ve gerilme gibi yüksek basınç koşulları altında kırılmasıyla oluşur. Fay hattının iki ucunda biriken enerji, kütlenin direncini aştığında kırık boyunca kaymalar meydana gelir ve enerjinin anlık olarak açığa çıkması sonucu deprem olayı gerçekleşir (Işık, 1992). En yıkıcı doğal afetlerin başında gelen depremler, her yıl küresel çapta can kayıplarına, mali kayıplara ve çevresel hasara yol açmaktadır (Eskandari ve diğerleri, 2019). Geçmişte meydana gelen şiddetli depremlerin, hem üstyapı hem de altyapı sistemlerinde önemli hasarlara neden olduğu görülmüştür.

İnsan vücudunda olduğu gibi, kentlerin de önemli can damarları bulunmaktadır (Elliott ve McDonough, 1999). Yaşam hatları, kentsel altyapı ile eş anlama gelen, genellikle elektrik, gaz, ulaşım, iletişim, su ve atıksu hizmetleri sağlayan kritik altyapı sistemleridir (Moteff ve diğerleri, 2003). Günümüzde bu sistemler, kent sakinlerinin temel ihtiyaçlarını karşılamak, yaşam kalitesini arttırmak ve kentlerin işleyişini sürdürmek için hizmet vermektedir. Tek tek veya toplu olarak değerlendirildiğinde, yaşam hattı sistemleri, hizmet ettikleri toplumun ekonomik refahı, güvenliği ve sosyal dokusuyla yakından ilişkilidir (O'Rourke ve diğerleri, 2014). Kaynakların ve hizmetlerin yaşam hattı sistemleri aracılığıyla sunulması, hem yerel hem de ulusal düzeyde gayri safi yurtiçi hasılayı, istihdamı, hane halkı gelirini, enerji bağımsızlığını ve ekonomik rekabet gücünü etkilemektedir (ASCE, 2013; O'Rourke, 1998; Brown ve diğerleri, 2004). Depremler, yaşam hattı sistemlerinin çalışmasını olumsuz etkilediğinde, kaynakların akışı ve toplumları ayakta tutan hizmetlerin temini kesintiye

uğrar; bu kesintiler bölgesel, ulusal ve hatta küresel çapta sosyal ve ekonomik etkilere neden olabilmektedir (Applied Technology Council, 2016; Nojima, 2002). Bu durum, 2011 Tohoku depremi ve ardından gelen tsunaminin, özellikle Fukushima-Daiichi Nükleer Santrali'nde bıraktığı derin etkilerle örneklendirilebilir. Felaketin ardından Japonya'daki tüm nükleer santraller faaliyetlerini durdurmuş ve ülkenin elektrik enerjisi arzında %30'luk bir düşüş yaşanmıştır (NRC, 2014). Bu önemli yaşam hattı sisteminin kesintiye uğraması sadece Japonya'nın elektrik arzını olumsuz etkilemekle kalmamış, aynı zamanda birçok ülkede nükleer enerjinin güvenliği ve güvenilirliği konusunda kaygıların oluşmasına neden olmuştur (Morton, 2012).

Yaşam hatları birbirleriyle karşılıklı etkileşim halindedir. Rinaldi ve diğerleri (2001) tarafından tanımlandığı üzere karşılıklı bağımlılık, iki altyapı arasındaki karşılıklı ilişkiyi ifade eder; bu ilişkide, bir altyapının operasyonel durumu diğerini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda fark edilebilir ve iç içe geçmiş bir ilişki sergiler. Altyapı sistemleri arasındaki karşılıklı etkileşim, sistemlerin işleyişi sırasında verimlilik veya fayda sağlasa da, özellikle afet durumlarında istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir (Rojahn ve diğerleri, 2017). Birbirine bağlı sistemlerin basamaklı arızalara karşı savunmasız olması, tek bir bileşenin arızalanmasının zincirleme bir reaksiyon başlatarak, birden fazla yaşam hattı sistemi üzerinde yaygın performans etkilerine ve ardından sosyal bozulmalara neden olabileceği anlamına gelmektedir. Kontrol ve izleme amacıyla neredeyse bütün sistemlerin elektrik gücüne ve telekomünikasyona bağımlı olması, yaşam hattı sistemlerinin birbirine bağlı yapısını açıkça ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, özellikle kesintiler karşısında hizmetlerin yeniden sunulabilmesi ve sistem onarımlarının gerçekleştirilebilmesi için yakıt ve ulaşımın vazgeçilmez rolleri ön plana çıkmaktadır. Yakıt, kesinti sırasında güç için kritik bir yedek haline gelirken, su ise elektrik enerjisi üretim süreçlerinde soğutma için büyük önem taşımaktadır.

1906 San Francisco depreminden sonra, afetler sırasında yaşam hatları arasındaki karşılıklı bağımlılık ilişkisi daha da belirgin hale gelmiştir. Depremde meydana gelen şiddetli sarsıntılar sonucu binaların yıkılması ve gaz hatlarının patlaması büyük bir yangının başlamasına neden olmuştur. Tarihin en büyük kentsel yangını olarak kayıtlara geçen ve üç gün boyunca kontrolsüz bir şekilde yayılan yangın, su şebekelerinin hasar görmesi ve su kaynaklarının yetersiz kalmasından

dolayı daha da şiddetlenmiştir (O'Rourke ve diğerleri, 2006; Scawthorn ve diğerleri, 2006a). Bu bağlamda, 1994 Northridge depremi de yaşam hatları arasındaki karşılıklı bağımlılık ilişkisine örnek teşkil etmektedir. Deprem sonrası, Los Angeles'ın içme suyunun %75'inin temin edilmesinden sorumlu tesis, yaklaşık 24 saat süren bir elektrik kesintisi ile karşı karşıya kalmıştır (O'Rourke, 2007). Bu kesinti şehrin birincil su pompalama istasyonunu çalışamaz hale getirmiş ve içten yanmalı motorla çalışan pompalar devreye sokulmuştur. Ancak, afet sonrası hasar gören ulaşım altyapısı, yakıt temininde gecikmelere neden olarak, pompalama sisteminin düzgün çalışmasını engellemiştir. Bu durum, içme suyu temininde ciddi bir kesintiye ve krize yol açmıştır (O'Rourke, 2007).

Bölüm 2, kentsel altyapının deprem sonrası performansının değerlendirilmesi konusunda yapılan araştırmaların literatür özetini içermektedir. Bu bölümde, çeşitli akademik kaynaklar ve bilimsel makaleler taranarak, kentsel altyapının deprem sonrası performansına ilişkin yapılan araştırmaların seçilmiş örneklerine yer verilmiştir.

Bölüm 3'te depremlerin kentsel altyapı üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Türkiye'nin depremselliği ve özellikle Kahramanmaraş depremlerinin kentsel altyapı üzerindeki etkileri çeşitli alt başlıklar altında detaylı olarak incelenmiştir.

Bölüm 4'te, araştırmanın metodolojisi ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Araştırmanın amacı, yöntemi ve modeli, çalışma grubu, veri toplama araçları, veri toplama ve analiz süreci ile araştırmanın geçerliliği ve güvenilirliği hakkında bilgiler verilmiştir.

Bölüm 5'te, araştırmanın elde ettiği bulgular sunulmuştur. Elektrik, iletişim, ulaştırma, su ve atıksu altyapılarına yönelik yapılan görüşmelerin analizi sonucunda elde edilen bulgular ayrıntılı bir şekilde paylaşılmıştır.

Araştırmanın 6. bölümünde, elde edilen bulguların değerlendirilmesi yapılmış ve kentsel altyapının deprem sonrası performansını geliştirmek için alınabilecek önlemler vurgulanmıştır. Bu bölüm, araştırmanın genel bir değerlendirmesini sunmakta ve ileride yapılacak çalışmalara yönelik ipuçları sağlamaktadır.

1.1 Problemin Tespiti

Depremelerin kentsel altyapı sistemleri üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde inceleyen bu araştırmanın ana odağı, özellikle 6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye'de meydana gelen depremlerdir. Buradaki temel sorun, depremlerin özellikle kentsel altyapının çeşitli bileşenlerini nasıl etkilediğini anlama ve bu sistemleri doğrudan tehdit eden sorunları belirleme ihtiyacıdır. Söz konusu depremlerin neden olduğu hasar ve kesintilerin detaylı bir şekilde incelenmesi yoluyla yapılan araştırma, kentsel altyapıdaki karmaşık ilişkilere ve kırılmalara ışık tutmayı amaçlamaktadır. Araştırmanın nihai hedefi, depremle ilgili zorluklar karşısında kentsel altyapı sistemlerinin genel sürdürülebilirliğini ve etkinliğini artırabilecek önleyici tedbirlerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Hedefleri

Depremler, can kayıplarının yanı sıra maddi ve çevresel sorunlara da neden olan, en yıkıcı doğal afetlerden bir tanesidir. Türkiye gibi deprem riskinin yüksek olduğu ülkelerde, bu afetlerin potansiyel etkileri daha da büyük olabilmektedir.

Günümüzde, kentsel altyapı sistemleri, elektrik, gaz, ulaşım, iletişim su ve atıksu gibi temel hizmetleri sunan; modern toplumların işleyişi ve refahı için hayati önem taşıyan sistemlerdir. Ancak, depremler sırasında meydana gelebilecek hasar ve hizmet kesintilerinin yarattığı sorunlar, birbirine bağlı bu sistemler için önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Kentsel altyapının karmaşıklığı, bir bileşende meydana gelen hasarın basamaklı etkilere yol açarak kritik hizmetleri kesintiye uğratabileceği anlamına gelmektedir. Depremin kentsel altyapı üzerindeki etkilerinin sosyal ve ekonomik sonuçları çok derin olup günlük yaşamı sekteye uğratmakta, temel ihtiyaçlara erişimi engellemekte, ekonomik büyüme ve istihdamı olumsuz etkilemektedir. Bu zorlukları azaltmak için, yüksek deprem riski taşıyan bölgelerde, kentsel altyapı bileşenlerinin güçlendirilmesi, acil durum planlarının oluşturulması, hızlı müdahale mekanizmalarının kurulması ve iyileştirme stratejilerinin uygulanması yoluyla kentsel altyapının depreme dayanıklı hale getirilmesine öncelik verilmesi gerekmektedir.

Doğal afetlerden sonra kentsel altyapı sistemlerinin faaliyetlerine devam edebilmesi, acil durum müdahale çalışmalarının etkinliği, şehirlerin zamanında onarılması ve yeniden inşası açısından kilit önem taşımaktadır. Afet planlamaları kapsamında, insan hayatına doğrudan etkileri nedeniyle üstyapı, altyapıdan daha önemli görülmektedir. Örneğin binaların, büyük bir depremde nasıl performans göstereceği, onarımlarının ortalama ne kadar süreceği, deprem sonrası insanların evlerinde ikamet edip edemeyecekleri veya geçici barınaklara ihtiyaç duyup duymayacakları gibi hususlar kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Ancak, deprem sonrası binaların hizmet verebilirliği yaşam hattı sistemlerinin sorunsuz çalışmasına bağlı olmasına rağmen, kentsel yaşamı destekleyen altyapı sistemlerinin kritikliğine yeterince vurgu yapılmamaktadır. Bu araştırma, depremlerin binalar üzerindeki etkilerine odaklanan önceki çalışmaların aksine, kentsel altyapının bütününe yaptığı detaylı incelemeyle fark yaratmaktadır. Bu çerçevede araştırmanın en temel amacı, deprem sonucu kentsel altyapı sistemlerinde meydana gelen hasarları, bu hasarlarla birlikte ortaya çıkan kesintilerin etkilerini, altyapının hasar görmesine neden olan faktörleri ve farklı kentsel altyapı sistemleri arasındaki karşılıklı bağımlılık ilişkilerini açığa kavuşturmadır.

1.3 Çalışma Planı

Bu çalışma, özellikle Kahramanmaraş depremleri üzerinden, depremlerin kentsel altyapı sistemleri üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, dört aşamada ilerleyecektir. İlk aşamada, depremlerin kentsel altyapı üzerindeki etkilerine ilişkin mevcut bilgileri sentezlemek amacıyla kapsamlı bir literatür taraması yapılacaktır. Daha sonra, literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda, her sektör için ayrı görüşme formları oluşturulacak ve kentsel altyapının farklı alanlarında uzman ve mühendislerle görüşmeler gerçekleştirilecektir. Araştırma sürecinde, elde edilen veriler içerik analizi yöntemiyle analiz edilecektir. Bu yöntem, görüşme metinlerinin dikkatli bir şekilde okunması, ortak temaların ve kategorilerin belirlenmesini içermektedir. Metinler, kodlama yöntemiyle işlenerek önemli bilgiler ayrıştırılacak ve veriler analiz edilecektir. Son aşamada, analiz edilen verilerin bulguları yorumlanacak ve araştırmanın amacına uygun olarak sonuçlar elde edilmeye çalışılacaktır.

2 LİTERATÜR ÖZETİ

Depremeler, kentsel altyapı hizmetlerini kesintiye uğratarak, afet sonrası toparlanma sürecinde önemli zorluklara neden olabilmektedir. Depremelerin kentsel altyapı üzerindeki etkilerini, çeşitli şebekelerde meydana gelen fiziksel hasarı ve bu sistemlerin deprem sonrası performansını anlayabilmek, depreme eğilimli bölgelerde dayanıklılığı ve hazırlığı artırmak için büyük önem taşımaktadır. Bu literatür çalışması, kentsel altyapının deprem sonrası performanslarının değerlendirilmesi konusunda yapılan araştırmaların genel bir özetini sunmaktadır.

Erdik (2001) yapmış olduğu çalışmada, 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerini incelemiştir. 17 Ağustos 1999'da Türkiye'nin kuzeybatısındaki Kocaeli ve Sakarya illerini etkileyen Mw 7.4 büyüklüğündeki deprem, sanayi bakımından önemli ve yoğun nüfuslu bir bölgede meydana gelmiş; 1923 Tokyo depreminden bu yana modern ve sanayileşmiş bölgeyi harap eden en büyük deprem olarak kabul edilmiştir. Kırılan fayın doğu ucundaki bir başka segment 12 Kasım'da tekrar kırılmış ve Mw 7.2 büyüklüğünde Düzce depremi meydana gelmiştir. Her iki deprem konut ve ticari binalarda, kamu hizmet binalarında ve altyapılarda büyük hasara yol açmış, önemli ölçüde can kaybı meydana gelmiştir. Enerji, ulaştırma ve iletişim altyapısında hasarlar meydana gelmiş; Tüpraş petrol rafinerisinde meydana gelen yangın hasarı başta olmak üzere petrol ve gaz üretim tesisleri büyük zarar görmüştür. Deprem sonrası, Ankara-İstanbul otoyolunun 60 km'lik kesimindeki otoyol gövdesinde çatlaklar, göçmeler ve derin yarıklar oluşmuş; otoyol üzerinde yer alan sanat yapıları ciddi hasar görmüştür. Köprü ve üst geçitlerde kirişlerin kayması, deprem takozu hasarları ve ayakların etrafındaki beton kaplamasının dökülmesi gibi farklı derecelerde çeşitli hasar türleri meydana gelmiştir. Demiryolu hattı üzerindeki elektrifikasyon, sinyalizasyon ve telekomünikasyon tesislerinde hasar meydana gelirken, fay kayması nedeniyle raylar "S" şeklinde deforme olmuş ve demiryolunun yaklaşık 200 metrelik kısmı zarar görmüştür. İzmit'in doğusundaki fay hattı üzerinde yer alan ana fiber optik kablonun hasar görmesi, iletişim tesislerindeki yedek güç sistemlerinin sismik korumasının zayıf olması, telekomünikasyon altyapısının performansını olumsuz etkilemiş; birçok akü raflardan düşerek kullanılamaz hale gelmiştir. Yüksek gerilim trafo merkezlerinde, trafo burçlarının ve parafudrların kırılması, devre kesicilerin hasar görmesi, trafoların yer değiştirmesi ve trafo binalarında yapısal hasar da dahil olmak üzere çeşitli hasarlar

meydana gelmiş; yaklaşık 850 kilometrelik orta gerilim dağıtım kablosu ve 1300 kilometrelik yeraltı dağıtım kablosu hasar görmüş, havai hatlarda meydana gelen hasar oranı nispeten düşük olmuştur. Ortaya çıkan hasarlar, Türkiye'nin kuzeybatısında elektrik kesintisine yol açmış ve birkaç gün içinde çoğu bölgeye elektrik yeniden sağlanmıştır. Fay kırılması ve sıvılaşma sonucunda su dağıtım borularında meydana gelen geniş çaplı hasarlar, su temininde kesintiye neden olmuş; nüfusun su ihtiyacı, tankerlerle ve askeri gemilerden sağlanan arıtılmış suyla karşılanmıştır. İzmit atıksu arıtma tesisi, mekanik ekipmanların hasar görmesi nedeniyle depremden sonra kapatılmış; kanalizasyon şebekeleri zemin deformasyonları nedeniyle ağır hasar görmüştür. Yaşam hatlarında meydana gelen hasarın 1 milyar dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir.

Scawthorn ve ark (2006b) yapmış oldukları çalışmada, 26 Aralık 2004 tarihinde meydana gelen Sumatra depremi ve tsunamisinin fiziksel altyapı üzerindeki etkilerini incelenmişlerdir. Deprem ve ardından gelen tsunami, etkilenen bölgelerdeki fiziksel altyapının çeşitli unsurlarında önemli hasarlara yol açmış, en ağır hasar ulaşım altyapısında meydana gelmiştir. Karayolları ve köprülerin hasar görmesi, yıkılan binaların ve ağaçların enkazı nedeniyle tıkanan yollar, afet yardım müdahale çabalarını engellemiş; havaalanında pist, taksi yolu ve apron alanında çatlaklar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Banda Aceh, depremin merkez üssüne en yakın kara alanı olması sebebiyle hem sismik sarsıntılardan hem de tsunamiden en fazla zararı görmüş, 20 ila 30 metreye yükselen tsunami dalgaları kentsel altyapı ve binalarda önemli hasarlara neden olmuştur. Banda Aceh'deki iskeleler ve depolar da dahil olmak üzere birçok liman tesisi tsunamiden etkilenmiş ve kullanılamaz hale gelmiştir. Liman tesislerinin hasar görmesi sonucu tedarik zincirleri bozulmuş, etkilenen bölgelere yardım malzemesi taşınması zorlaşmış ve ağır ekipmanların gemilerle şehre ulaşımı engellenmiştir. Sınırlı sayıdaki ağır ekipman, hayati tesislerin ve altyapının onarılması sürecini yavaşlatmıştır. Tsunami baz istasyonları, sabit hatlı telefon ağları, radyo ve televizyon yayın istasyonları dahil olmak üzere iletişim ağlarının fiziksel altyapısında yaygın hasara neden olmuş, bazı anten kuleleri tsunaminin etkisiyle temellerinden ayrılarak 500 metreye kadar sürüklenmiş, yaklaşık 28,000 müşteri bağlantı kaybı yaşamıştır. Felaketten sonraki birkaç gün boyunca hayati önem taşıyan iletişim bağlantıları kurulamamış, tarafların koordinasyonsuz, düzensiz hareket etmesi, etkisiz ve yavaş bir müdahaleye, eşit olmayan ilgiye yol açmıştır. İletişim ve ulaşım

yaşanan kesintiler, Calang ve Meulaboh gibi birçok bölgenin felaketten sonra birkaç gün boyunca yardım alamaması anlamına gelmiştir. Su temininde yeraltı boruları oyulma nedeniyle, yerüstü boruları ise tsunaminin etkisi nedeniyle hasar görmüştür. Çeşitli kanallar ve nehirler boyunca su borularını taşıyan köprüler, tsunami tarafından sürüklenen tekne, enkaz ve büyük nesnelerin çarpması nedeniyle hasar görmüş, birçok bölgede su temini kesintiye uğramıştır. Afetten etkilenen insanlar, çamur ve bakterilerle kirlenmiş tuzlu suyun solunması sonucu ortaya çıkan enfeksiyonla karşı karşıya kalmış, iletişim hizmetlerindeki kesintiler nedeniyle ihtiyaç duyulan tıbbi malzeme, personel ve ekipman dahil olmak üzere kaynakların etkili bir şekilde kullanılamaması, hasar gören ulaşım altyapısı nedeniyle ihtiyaç duyulan malzemelerin temin edilememesi, hastalığın yayılmasına yol açmıştır. Elektrik üretim kapasitesi hafif hasar görmüş, iletim şebekesinde herhangi bir hasar görülmemiştir. Ancak etkilenen bölgedeki dağıtım şebekelerinde önemli hasar meydana gelmiş, devrilen elektrik direkleri, tüketicilere verilen elektrik enerjisinin kesintiye uğramasının ana nedeni olmuştur. Çalışma, gelecekteki hasarı en aza indirmek ve benzer felaket olayları karşısında toparlanma sürecini geliştirmek için afete dirençli fiziksel altyapıya ve uygun afet yönetimine duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Tang (2014) yapmış olduğu çalışmada, 12 Mayıs 2008 tarihinde Çin'de meydana gelen Sichuan depreminin kentsel altyapı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Deprem, toprak kaymalarının karayolu ve demiryolu hatlarına zarar verdiği dağlık bir bölgede meydana gelmiş, binlerce kaya yollara düşerek sürücülerin ölümüne, yol yatağının hasar görmesine ve yolların kapanmasına neden olmuştur. Depremi takip eden günlerde meydana gelen artçı şoklar, yağmurlar, çamur selleri ve enkaz yığınları felaketi daha da kötüleştirmiş, yaklaşık 48.000 km uzunluğunda karayolu ve demiryolu, 3.000 köprü, 100 tünel ve birçok istinat duvarı depremden zarar görmüştür. Hava alanlarına gönderilen yardım malzemeleri afetten etkilenen bölgelere kamyonlarla taşınırken, yol hasarının geçişi engellediği yerlerde ulaşım için helikopterler kullanılmıştır. Depremi ardından Sichuan Eyaleti, elektrik şebekesi kapasitesinin yaklaşık %40'ını kaybetmiş, elektrik sistemlerinde meydana gelen hasar, yüksek voltajlı trafo merkezlerinde yoğunlaşmıştır. Heyelanlar, bazı bölgelerde iletim kulesi temellerinin 30 metreden fazla yer değiştirmesine neden olurken, elektrik direkleri de kaya düşmeleri nedeniyle hasar görmüştür. Deprem sonrası iletişim hizmetlerinin performansı; şebekeyi yavaşlatan çağrı hacmindeki artış, elektrik kesinti

sürelerinin uzunluğu ve telekomünikasyon binaları, ekipmanları ve hücresel kulelerdeki hasar nedeniyle olumsuz etkilenmiştir. Depremi ardından, içme suyuna erişim hem nüfusun hayatta kalması hem de hayati önem taşıyan endüstriyel ve ticari faaliyetlerin yeniden başlatılmasında kritik bir sorun haline gelmiş; soğutma sistemleri için gereken su temin edilemediği için telekomünikasyon ve veri işleme merkezleri gibi yüksek teknoloji altyapıları faaliyetlerine devam edememiştir. Bazı bölgelerde su hizmeti iki hafta içinde yeniden sağlanmış olsa da, yaklaşık 7.800 kilometrelik su borusu ve 839 deponun hasar görmesi nedeniyle önemli bir kesim su sıkıntısı çekmeye devam etmiştir. Gelecekteki depremlere karşı dayanıklılığı artırmak ve olası kayıpları azaltmak için, yüksek sismik bölgelerde uygulanan tasarım ilkelerine benzer modern sismik tasarım kılavuzları benimsenmelidir. İmar yönetmeliklerinde, toprak kaymasına elverişli dik yamaçların yakınında yapılaşmaya izin verilmemesi, kritik altyapı için kapsamlı sismik güçlendirme politikalarının uygulanması ve yeni yapıların çeşitli sismik etkilere dayanacak şekilde tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Bu önlemlere öncelik verilmesi, ülkede yaşayan insanları ve altyapıyı koruyarak, depremlerin yol açtığı hasarı en aza indireceği sonucuna varılmıştır.

Giovinazzi ve diğerleri (2011) yapmış oldukları çalışmada, 2010-2011 yıllarında Yeni Zelanda'da meydana gelen Christchurch deprem dizisinin kentsel altyapı üzerindeki etkilerini, çeşitli şebekelerin maruz kaldığı fiziksel hasarı ve bu sistemlerin deprem sonrası performanslarını incelemişlerdir. Depremlerin en büyüğü 4 Eylül 2010 tarihinde 7.1 şiddetinde meydana gelmiş, binalarda ve altyapıda kayda değer hasara yol açmıştır. Ancak asıl yıkım, 22 Şubat 2011 tarihinde 6.3 büyüklüğündeki deprem ile meydana gelmiş, güçlü yer sarsıntısı ve yaygın sıvılaşma etkisi, hem kentsel altyapıda hem de konutlarda hasarlara neden olmuştur. Deprem, sismik risk değerlendirme tahminlerini ve tasarım yönetmeliklerini aşmış olsa da, birçok sistem düşük kapasitede çalışmaya devam etmiş; afetin, Yeni Zelanda ekonomisi ve toplum üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletmiştir. Christchurch şehri, Canterbury Ovalarının kıyısında, çoğunlukla drene edilmiş bataklıklar üzerine inşa edildiğinden sıvılaşmaya oldukça yatkın bir konumda yer almaktadır. Karayolu ağları, depremden kaynaklanan zemin oturması, yanal yayılma, kum kaynamaları ve büyük miktarda silt çamuru ile suyun toprak yüzeyinde göllenmesine neden olan sıvılaşma nedeniyle hasar görmüş; bazı bölgelerde kanalizasyon rögarlarının yaklaşık 1 m kadar yükselmesi, geceleri ciddi tehlikeler oluşturmuştur. Depremden sonra yol ağının

işlevselliğini sürdürebilmesi için güzergah değişiklikleri, hız kısıtlamaları, trafik sinyalizasyonlarında ayarlamalar gibi geçici trafik yönetimi önlemleri uygulanmıştır. Ancak, yollarda meydana gelen hasar, devam eden onarım çalışmaları ve alternatif güzergahlara yönelik artan talep nedeniyle trafik sıkışıklığı depremi takip eden aylar boyunca sorun olmaya devam etmiştir. Su altyapısı 2010 ve 2011 yıllarında meydana gelen üç depremde de hasar görmüş; hasarın büyük kısmı, sıvılaşma nedeniyle kırılan su borularından kaynaklanmıştır. İlk depremde sonra, sıvılaşmanın yoğun olarak görüldüğü bir bölgede boruların tamamen değiştirilmesi gerekmiş; bu bölgeye yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) borular döşenmiştir. 22 Şubat 2011 depremi sonrasında, yüksek yoğunluklu polietilen boruların bulunduğu bölgede tekrardan önemli sıvılaşma meydana gelmiş; borularda herhangi bir hasar rapor edilmemiştir. Sıvılaşma etkisiyle kırılan kanalizasyon borularından sızan önemli miktarda kum ve silt, atıksu arıtma tesislerine ulaşarak, çökeltme tanklarının arızalanmasına neden olmuştur. Kanalizasyon borularının ve arıtma tesisinin hasar görmesi, ham kanalizasyonun yaklaşık üçte ikisinin doğrudan nehirlerle ve denizlere boşaltılmasını gerektirmiştir. Gaz şebekesi, şiddetli yer sarsıntısı ve sıvılaşma kaynaklı zemin bozulmalarına karşın hasarsız kalarak yüksek performans göstermiştir. Christchurch 'teki sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) dağıtım sistemi, orta yoğunluklu polietilen (MDPE) borulardan oluşmaktadır. Sıvılaşma ve zemin deformasyonlarının yoğun olduğu bölgelerde, bu dağıtım borularında ve bağlantı noktalarında herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir. İlk deprem sonrasında şehirdeki elektrik altyapısı nispeten iyi performans göstermiş, az veya orta dereceli hasar sonucunda elektrik hizmeti olaydan sonraki bir gün içinde yeniden hizmet vermeye başlamıştır. 22 Şubat 2011 depremi, ilk depremde daha fazla etkiye sahip olmuş, elektriğin yeniden temin edilmesi yaklaşık 10 gün sürmüştür. İletim şebekesinin 220 kilovolt ve üstü ekipmanlarının büyük bir kısmı ve önemli bağlantı elemanları da dahil olmak üzere, montajlarının sağlam bir şekilde kurulduğu gözlemlenmiştir. Dağıtım şebekelerinde, sıvılaşmanın yoğun olduğu bölgelerde yeraltı kablolarında hasarlar meydana gelmiş; bazı elektrik direkleri sıvılaşma ve yanıl yayılma etkilerine maruz kalarak eğilmiş olsa da, hiçbir direğin devrilmediği tespit edilmiştir. Elektrik kesintileri ve santrallerdeki yedek bataryaların tükenmesi iletişim hizmetinde kesintilerine neden olmuştur. Hizmet sağlayan operatörlerin, sismik sabitleme uygulamalarına ve bazı taşınabilir jeneratörlere sahip oldukları, ancak kesintileri önlemek için yeterli sayıda jeneratörü hızla harekete geçiremedikleri tespit edilmiştir. Binaların çatısına kurulan baz istasyonları, yapısal hasarın derecesine bağlı

olarak farklı hasar türleri ile karşılaşmış; güvenlik endişeleri nedeniyle binalara erişilememesi, hizmetin yeniden sağlanma süresini etkilemiştir. Christchurch depremleri, daha önceki yıkıcı depremlerden alınan derslerin altyapı tasarımına dahil edilmesinin avantajlarını göstermiş, sağlam ve güvenilir hizmet ağının ortaya çıkmasını mümkün kılmıştır. Yaşam hattı sistemleri arasındaki karşılıklı bağımlılık, kamu hizmetleri arasındaki etkili koordinasyon ve iletişimin yanı sıra ulusal ve yerel acil durum iş birliği sayesinde iyi yönetilebilmiştir. Karşılıklı yardım anlaşmaları ve acil durum eylem planları, onarım operasyonları için gerekli malzemelere ve teknik uzmanlığa hızlı erişim sağlamış; yedek kaynakların mevcudiyeti, yaşam hattı hizmetlerinin diğer şebekelerdeki azalan işlevsellikle başa çıkabilmesini kolaylaştırmıştır. Ancak, risk azaltma amacıyla kısa vadede değiştirilmesi ya da yükseltilmesi maliyetli olan hassas bileşenler nedeniyle, eskiyen altyapının yönetilmesindeki zorluklar dikkat çekmiş; gömülü zayıf borular ve kablolar, elektrik, su ve atık su sistemlerinin sismik etkisini önemli ölçüde etkilemiştir. Deprem, gelecekteki depremlerin etkilerini azaltmak için altyapı dayanıklılığını ve hazırlık önlemlerini geliştirmenin önemini vurgulayarak acil durum yönetimi ve müdahale konularının altını çizmiştir.

Tang ve diğerleri (2013) yapmış oldukları çalışmada, 27 Şubat 2010 tarihinde meydana gelen Şili depremi sonrası kentsel altyapı sistemlerinin performanslarını değerlendirmişlerdir. Deprem sonrası oluşan güçlü tsunami dalgaları Maule bölgesinde 29 m'lik yükselme ile zirveye ulaşmış, Şili kıyıları ve birçok kasabayı harap etmiştir. Elektrik altyapısı çoğunlukla yer sarsıntısından etkilenmiş, iletim ve dağıtım şebekeleri orta derecede hasar görmüştür. İletim şebekesi olaydan sonraki 24 saat içinde enerjilendirilmeye hazır hale getirilirken, dağıtım sistemlerinin yeniden hizmete girmesi, bina hasarları nedeniyle 2 ila 4 gün sürmüş, bazı bölgelerde hasar yerlerinin tespit edilememesinden dolayı kesinti süreleri daha uzun olmuştur. Telekomünikasyon hizmetlerinin genel performansı, bölgelere bağlı olarak orta ila zayıf düzeyde değişkenlik göstermiştir. Sarsıntı şiddetiyle kuleler hasar görmüş, tesislerindeki ekipmanlarının yetersiz sabitlenmesi, bataryaların raflardan düşmesine, ekipmanların birbirlerine çarparak arızalanmasına neden olmuştur. En önemli hasar hücresel şebekede meydana gelmiş, ağ performansı üzerinde en büyük etkiye elektrik kesintileri neden olmuştur. Çoğu büyük merkez ofisi binasında, batarya rezervleriyle birlikte kurulu güç jeneratörleri bulundurduğu ve yedek güç jeneratörlerinin sorunsuz

bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Deprem sonrası yakıt tedariki, başlıca güç kaynağı sorunlarından biri haline gelmiş; yolların kapanması, rafinerilerin kapanması ve hırsızlık gibi nedenlerden kaynaklı tedarik kesintileri yaşanmıştır. Operasyonel iletişim aracı olarak hücresel hizmetleri kullanan kamu kuruluşları, deprem sonrası acil müdahale ve restorasyon süreçlerinde zorluklar ile karşılaşmış; birincil iletişim aracı olarak telsiz sistemi kullanmanın afet sonrası müdahale çalışmalarında daha etkili olacağı belirtilmiştir. Su altyapısı özellikle Concepción'da ağır hasar görmüş; dağıtım şebeke borularında kopmalar meydana gelirken, elektrik kesintileri nedeniyle pompalama sistemleri işlevlerini yerine getirememiştir. Hasarların çoğu sismik olarak tasarlanmamış boru hatlarında meydana gelirken, yüksek yoğunluklu polietilen borularda herhangi bir boru arızası yaşanmamış, diğer boru türlerine göre çok daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Zemin oturmaları, depremden etkilenen bölge genelindeki otoyollar üzerinde de yaygın bir etkiye sahip olmuş, trafik akışında büyük aksaklıklar yaşanmıştır. Depreme hazırlığın, zarar azaltma çalışmalarının ve yaşam hattı esnekliğine odaklanmanın, kayıpları azaltmak ve deprem sonrası restorasyon süreçlerinin daha verimli olmasını sağlamak amacıyla kritik önem taşıdığı sonucuna varılmıştır.

3 DEPREMLERİN KENTSEL ALTYAPIYA ETKİLERİ

İnsanların göçebe yaşam tarzından yerleşik hayata geçme arzusundan doğan kentler, ekonomik kalkınmayı teşvik eden üretim, tüketim ve işgücünün birleştiği merkezler haline gelmiştir (Akyıldız, 2020). Gelişmekte olan kentler, insanlara sağlıklı ve sürdürülebilir yaşam sunabilmek için çeşitli kentsel altyapı sistemlerine ve hizmetlerine ihtiyaç duymuştur. Bu altyapı ve hizmetler, zaman içerisinde teknolojik değişim ve dönüşüme tabi olarak kentlerin gelişimine uygun bir şekilde evrilmiştir (Derrible, 2018). Her kentin kendine özgü kimliği ve ihtiyaçları doğrultusunda kentsel teknik altyapı hizmetleri farklılık göstermektedir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından 2014 yılında yayınlanan "Kritik Altyapılar Yol Haritası Belgesi" on kritik altyapı sektörü belirlemiştir. Yürütülen kapsamlı araştırmalar sonucunda enerji ve ulaştırma sektörleri içerisinde yer alan alt bölümler de dahil olmak üzere kritik altyapılar 3.1'de özetlenmiştir (AFAD, TÜBİTAK-BİLGEM, 2016).

Tablo 3.1 Türkiye'deki kritik altyapıların listesi

1	Ulaştırma	Karayolu
		Demiryolu
		Havayolu
		Denizyolu
2	Su Yönetimi ve Barajlar	
3	İletişim	
4	Enerji	Elektrik
		Doğalgaz
		Katı Yakıt
5	Sağlık	
6	Tarım ve Gıda	
7	Kültür ve Turizm Sektörü	
8	Bankacılık ve Finans Sektörü	
9	Kritik Kamu Hizmetleri Sektörü	
10	Kritik Üretim/Ticari Tesisler Sektörü	

Kritiklik derecesi, bir altyapının devre dışı kalması durumunda toplum üzerinde yaratacağı olumsuz etkilerine göre belirlenmektedir (Lenz, 2009). Kritik altyapıların korunması, devlet, sivil toplum ve özel sektör gibi ilgili tüm tarafların desteği ile koordineli bir yaklaşım gerektiren, toplumun bütününe yönelik bir sorumluluktur. Bu sorumluluğun önemi, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından yapılan "kritik altyapılar" tanımına da yansımıştır. AFAD tarafından yapılan tanıma göre, kritik altyapılar "İşlevlerini kısmen veya tamamen yerine

getiremediğinde toplumsal düzenin sürdürülebilirliğinin veya kamu hizmetlerinin sunumunun olumsuz etkileneceği, ulaşım, haberleşme, enerji, su, finans gibi sektörleri kapsayan ağ, varlık, sistem ve yapılar bütünü.” şeklinde tanımlanmıştır (AFAD, 2014b: 106).

Ulaştırma altyapısı, bir ülkenin ekonomisi, sosyal ve kültürel gelişimi için vazgeçilmez bir unsurdur. Ulaşım ağları, insanların, malların ve hizmetlerin hareketini kolaylaştırarak; ticaretin sürdürülebilmesini, turizmin gelişebilmesini ve toplumların birbirleriyle etkileşime girebilmesini sağlamaktadır (Rodrigue ve diğerleri, 2016). Karayolu, demiryolu, havayolu ve denizyolunu kapsayan bu altyapı, ekonomik faaliyetlerin, küresel ticaretin ve günlük seyahatlerin desteklenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Su tedariki ve atık su yönetimi, kamu sağlığı ve refahı üzerinde doğrudan etkisi olan kritik altyapının önemli parçalarını oluşturmaktadır. Su ve atık su hizmetleri, su tedarik sistemleri, atık su arıtma ve bertaraf tesisleri de dahil olmak üzere çeşitli bileşenleri bünyesinde barındırmaktadır. Temiz içme suyunun mevcudiyeti günlük yaşamın sürdürülebilmesi için hayati önem taşırken, etkin sanitasyon da hastalıkların yayılmasının önlenmesinde kilit rol oynamaktadır. Bu nedenle, su ve atık su altyapısının etkin bir şekilde işlemesi, toplum sağlığı ve yaşam kalitesini korumak için büyük bir öneme sahiptir.

İletişim altyapısı, modern toplumların işleyişinde ve gelişiminde hayati rol oynayan kritik bir sistemdir. Bu altyapı, bilgi ve verilerin hızlı, güvenli ve verimli bir şekilde iletilmesini sağlamaktadır. İnsanların birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayan bu altyapı, iş dünyası, sağlık, eğitim ve diğer birçok sektör için hayati öneme sahiptir (Cowie ve diğerleri, 2004). Günümüzde iletişim altyapısı vazgeçilmez bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Enerji sektörü, elektrik tedariki, gaz tedariki ve petrol tedariki gibi çeşitli alt sektörleri kapsayan kritik altyapılar içerisinde merkezi bir kategori oluşturmaktadır. Elektrik tedariki, aydınlatmadan endüstriyel süreçlere kadar modern yaşamın neredeyse tüm yönleri için gereklidir. Gaz tedariki evlere ve işyerlerine ısı sağlanması konusunda kilit bir rol oynarken, petrol tedariki ulaşım sektörü ve sanayide önemli bir rol oynamaktadır (Murray ve Grubestic 2007). Herhangi bir hasar veya kesintinin

ekonomi, günlük yaşam ve ulusal güvenlik üzerinde önemli bir etkisi olabileceğinden, enerji altyapılarının güvenilirliği büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu alanda dayanıklı koruma tedbirleri ve güvenlik standartlarının uygulanması, enerji arzının sürekliliğinin ve potansiyel tehlikelere karşı dayanıklılığın sağlanması gerekmektedir (Menoni, 2001; Giovinazzi ve diğerleri, 2011).

Altyapı kesintilerinin birincil nedeni doğal afetlerdir ve bunların doğrudan etkisinin yılda en az 90 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir (Hallegatte ve diğerleri, 2019). Günümüzde kentsel altyapı sistemleri ekonomimizin, ulusal güvenliğimizin ve genel olarak yaşam kalitemizin temelini oluşturmaktadır (Brown ve diğerleri, 2006). Bu karmaşık ve çoğu zaman birbirine bağlı sistemler günlük yaşantımıza o kadar entegre olmuştur ki, eksiklikleri insanlar tarafından kolayca fark edilebilmektedir. Kritik altyapı sistemlerinin deprem sonrası devre dışı kalması veya kesintiye uğraması kamu güvenliği, halkın ihtiyaçlarının karşılanması veya devlet kurumlarının işleyişi açısından ciddi sonuçlar doğurabilmektedir (Davis, 1999). Örneğin 1994 yılında meydana gelen 6.7 büyüklüğündeki Northridge depremi, 2010 yılında meydana gelen 8.8 büyüklüğündeki Maule depremi, 2011 yılında meydana gelen 6.2 büyüklüğündeki Christchurch depremi ve 2011 yılında meydana gelen 9.1 büyüklüğündeki Tohoku depremi, kritik altyapı üzerinde ciddi tahribat yaratmış, insanların yaşam kalitesini derinden etkilemiş ve önemli ekonomik kayıplara neden olmuştur (Todd ve diğerleri, 1994; Evans ve diğerleri, 2011; Giovinazzi ve diğerleri, 2012; Nakashima ve diğerleri, 2014). Bu deprem vakaları, özellikle depreme eğilimli bölgelerde alınacak olan hazırlık tedbirlerine ve dayanıklı altyapıya duyulan acil ihtiyacın altını çizmektedir. Öte yandan, mevcut hızlı kentleşmenin, 2050 yılına kadar toplam nüfusun %68'inin kentsel alanlarda yaşamasına yol açacağı tahmin edilmektedir (UN-DESA, 2019); bu da insanların altyapıya olan bağımlılığını artıracak ve gelecekteki depremlerin etkisini potansiyel olarak daha da ağırlaştıracaktır (Sathurshan ve diğerleri, 2022).

Son yıllarda artış gösteren büyük ölçekli afet riskleri, ülkeleri kritik altyapıların korunmasını sağlayacak politika, mevzuat, strateji, plan ve programlar oluşturmaya yöneltmiştir; bu tür girişimlerde bulunan ülkeleri ise yaklaşımlarını kapsamlı bir bakış açısıyla yeniden değerlendirmeye sevk etmiştir (Mukherjee ve diğerleri, 2023). Başta Japonya, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği üyesi gibi gelişmiş ülkeler

kritik altyapılarını belirlemiş, bu kritik altyapı sistemlerinin korunmasına yönelik yasal mevzuatlar oluşturmuş ve bunların korunmasından sorumlu kurum ve kuruluşları görevlendirmişlerdir (Hammerli, 2010). Söz konusu kuruluşlar, kritik altyapıların güvenliğini sağlamak için sürekli olarak planlı ve yoğun çabalarını sürdürmektedir. Ancak ne yazık ki ülkemizde kritik altyapıların çevresel tehdit ve tehlikelere (deprem, sel vb.) karşı korunmasına yönelik yasal bir düzenleme bulunmamaktadır (AFAD, 2014a). Yasal mevzuattaki bu eksiklik, doğal afetlere hazırlık ve müdahale konusunda, kritik altyapı sistem ve tesislerin güçlendirilmesinde önemli bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi, toplumun güvenliğini ve sürdürülebilirliğini arttırmak ve gelecekteki afetlere daha iyi hazırlanmamızı sağlamak açısından hayati önem taşımaktadır.

3.1 Türkiye Depremselliği

Türkiye, sismik açıdan aktif bir bölge olup Avrasya, Afrika ve Arap levhalarının etkileşim içinde olduğu tektonik açıdan karmaşık bir bölgede yer almaktadır (Şahin ve diğerleri, 2018). Tektonik yapısı nedeniyle mevcut deprem riski, bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir (Özkul ve Karaman, 2007). Nüfusun %95'i, büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajların %93'ü tehlikeli deprem bölgelerinde yer almaktadır (Karamanoğlu ve Ulay, 2017). Bu veriler, Türkiye'nin her an yıkıcı bir deprem tehlikesiyle karşı karşıya kalabileceği gerçeğini ortaya koymaktadır. Geçmiş yıllarda arkasında büyük yıkım ve kayıplar bırakan çok sayıda deprem meydana gelmiştir. Türkiye'de 1900 ile 2023 yılları arasında can kayıpları ve hasarlarla sonuçlanan 269 deprem meydana gelmiş, 2023 Kahramanmaraş, 1939 Erzincan ve 1999 Marmara Depremleri önemli can kayıplarına ve büyük hasarlara neden olmuştur (SBB, 2023). Geçmiş yıllarda olduğu gibi gelecek yıllarda da yıkıcı depremlerin oluşabileceği bilimsel bir gerçektir.

26 Aralık 1939 tarihinde, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun doğu kesiminde, 7.9 büyüklüğünde meydana gelen Erzincan depremi, 32.968 kişinin hayatını kaybetmesine, 116.720 binanın yıkılmasına neden olmuştur (Gürsoy ve diğerleri, 2006). Depremin büyüklüğü ve hava sıcaklığının -35 dereceye kadar düştüğü soğuk kış günleri, depremin ağır etkisine katkıda bulunan başlıca faktör olmuştur (Haçin, 2014). Depremden yaralı ya da sağ olarak kurtulanlar, zorlu hava koşullarıyla baş etmekte büyük güçlüklerle karşılaşmış ve bu durum daha fazla can kaybına yol

açmıştır. O dönemde Türkiye'nin içinde bulunduğu olumsuz koşullar, dünya savaşının başlaması ve ülkenin zayıf ekonomisi ile birleşince depremin yıkıcı etkileri daha da artmıştır.

17 Ağustos 1999 tarihinde merkez üssü Gölçük (Kocaeli) olan 7,4 büyüklüğünde meydana gelen Marmara Depreminde, 17.480 kişi hayatını kaybetmiş, 35.180 konut, 5.770 işyeri yıkılmış ya da ağır hasar görmüştür (AFAD, 2018). Ülkenin geniş kesiminde hissedilen, yakın çevresindeki yerleşim bölgelerinde büyük yıkımlara ve can kayıplarına neden olan deprem, kentsel altyapıda da büyük hasarlara yol açmıştır. Bu hasarlar ağırlıklı olarak bölgede yer alan enerji dağıtım, karayolu, demiryolu ve haberleşme sektörlerinde meydana gelmiştir. Haydarpaşa-Arifiye arasında yer alan çift hatlı demiryolunun; 29 km'lik kesimi orta, 61 km'lik kesimi ağır hasar görmüş, güzergah üzerinde bulunan elektrifikasyon, sinyalizasyon ve telekomünikasyon tesislerinde hasarlar meydana gelmiştir (Özmen, 2000). Deprem sonrası otoyol üzerinde bulunan sanat yapılarında büyük hasarlar meydana gelirken, otoyol gövdesinde çatlaklar, çökmeler ve derin yarıklar oluştuğu tespit edilmiştir (Sucuoğlu, 2001). Elektrik altyapısında özellikle dağıtım şebekelerinde önemli hasarlar meydana gelmiş; 8200 adet direk yıkılmış, 1500 km uzunluğunda havai hat kesilmiş ve trafo binalarının yıkılması nedeniyle trafolar kullanılamaz hale gelmiştir (Özmen, 2000). İletişim altyapısının hasar görmesi nedeniyle sabit telefonlar, cep telefonları ve telsiz sistemleri tamamen devre dışı kalmış, arama kurtarma çalışmaları doğrudan etkilenmiştir. Bilgi iletiminde gecikmeler yaşanmış, hangi yolların ulaşımına açık olup olmadığı konusunda bilgilendirme yapılamadığından yığılma ve karışıklık uzun süre giderilememiştir (Genç, 2008). Deprem sonrası gaz ve petrol boru hatlarında hasarlar meydana gelmiş, borulardan sızan petrol ve kimyasallar denize akarak çevresel kirliliğe neden olmuştur (Aktürk ve Albeni 2002).

Türkiye için ciddi sonuçları olan bir başka deprem ise 2011 Van depremleridir. 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki Erciş merkezli deprem ve 9 Kasım 2011 tarihinde meydana gelen 5.6 büyüklüğündeki Edremit merkezli deprem; binalarda, endüstriyel yapılarda ve kamu hizmetlerinde hasara yol açmış, 644 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur (AFAD, b.t.). 23 Ekim 2011 depreminde 3067 konut, 9 Kasım 2011 depreminde ise 25 konut yıkılmıştır (AFAD, 2021). İlk depremin ardından elektrikler hemen devre dışı bırakılmış ve saatler içinde kademeli olarak geri

verilirken Erciş'te restorasyon süresi daha uzun süreli olmuştur. Elektrik altyapısında meydana gelen doğrudan hasarlar yer sarsıntısından kaynaklanırken, dolaylı meydana gelen hasarlar binaların trafo ve bağlantı kablolarının üzerine düşerek elektrik kesintilerine ve yangınlara yol açmasından kaynaklanmıştır (Uçkan, 2012). Depremi merkez üssüne yakın bir bölgede, otoyol yüzeyinde görülen deformasyonlar dışında karayollarında herhangi ağır bir etki gözlemlenmemiş, bölgedeki demiryolu tüneli de dahil olmak üzere demiryolu sisteminde herhangi bir hasar tespit edilmemiştir (METU/EERC, 2011). Gaz şebekesinin iletim hattı kaynaklı çelik ve dağıtım hattı polietilen boru hatlarından oluşan bölümünde herhangi bir hasar tespit edilmemiştir (Uçkan, 2012).

24 Ocak 2020 tarihinde Elazığ ilinin Sivrice ilçesinde 6.8 büyüklüğünde şiddetli bir deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2020c). Özellikle Elazığ ve Malatya'yı etkileyen depremde toplam 41 kişi hayatını kaybetmiş, 1631 kişi hastanelere başvurmuş ve 45 kişi de enkaz altından sağ olarak çıkarılmıştır (Bayrak ve diğerleri, 2021). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Elazığ'da 263 binanın yıkıldığını, 7698 binanın ağır hasarlı olduğunu, 1540 binanın orta hasarlı olduğunu ve 558 binanın acilen yıkılması gerektiğini açıklamıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020). Deprem sonrası kentsel altyapıda nispeten ağır bir hasar meydana gelmediği, iletişim şebekesinde kesinti meydana geldiği ancak kısa sürede sorunun giderildiği bildirilmiştir (AFAD, 2020a).

30 Ekim 2020 tarihinde merkez üssü Ege Denizi, İzmir ili Seferihisar ilçesi açıklarında Mw 6.6 büyüklüğünde şiddetli bir deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2020a). Deprem sonrasında, büyüklüğü 4'ün üzerinde 45, toplam 1.670 artçı sarsıntı yaşanmıştır (AFAD, 2020b). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen hasar tespit çalışmaları sonucunda, depremde yıkılan bina sayısının 17; acil yıkılacak, ağır hasarlı bina sayısının 506; orta hasarlı bina sayısının 511 olduğu açıklanmıştır (THBB,2020).

Yüzyıllar boyunca ülkemiz, birçok büyük depremle karşı karşıya kalmıştır. Bu depremler, hem can ve mal kaybına yol açmış hem de toplumda derin izler bırakmıştır. Türkiye'nin deprem gerçeğiyle yaşama mücadelesi devam ederken, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş ilimizde meydana gelen deprem bu gerçeği bizlere bir kez daha acı bir şekilde hatırlatmıştır. Kahramanmaraş depremleri ve beraberindeki artçı

sarsıntılar, Türkiye'yi büyük ölçüde sarsan, yüzyılda bir görülen büyük bir felaket olarak kayıtlara geçmiş ve etkileri sadece Kahramanmaraş ile sınırlı kalmayarak çevre illeri de derinden etkilemiştir. Konut, ticari ve kamu binaları ciddi şekilde etkilenmiş, birçoğu yapısal hasara uğramış veya tamamen yıkılmıştır. Bununla birlikte kentsel altyapı sistemlerinde meydana gelen hasarlar hizmet kesintilerini de beraberinde getirmiştir. Su şebekeleri, elektrik şebekeleri, ulaşım ağları ve iletişim sistemleri gibi altyapı sistemlerinin hizmet dışı kalması, afetten etkilenen insanlar üzerinde geniş kapsamlı etkiler yaratmış; yerel ekonomi, sosyal hayat ve günlük yaşamın sürdürülebilirliği olumsuz etkilenmiştir.

Depremlerin kentsel altyapı üzerindeki etkilerinin anlaşılması, afetlere hazırlık açısından kritik önem taşımaktadır. Bu bağlamda, Türkiye'de yakın zamanda meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinin kentsel altyapı üzerindeki etkilerinin detaylı bir şekilde incelenmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu inceleme, deprem riskinin azaltılması, altyapı sistemlerinin iyileştirilmesi ve afet yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gibi alanlarda alınacak önlemlerin belirlenmesi için önemli bir adımdır. Yapılan bu çalışmada, Kahramanmaraş depremlerinin kentsel altyapı üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

3.2 Kahramanmaraş Depremleri ve Etkileri

6 Şubat 2023 tarihinde yerel saat ile 04.17'de Pazarcık (Kahramanmaraş) yakınlarında büyüklüğü Mw 7,7 ve odak derinliği 8,6 km olan yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2023a). İlk depremden yaklaşık 9 saat sonra, Elbistan (Kahramanmaraş) merkezli, 7 km derinlikte ve büyüklüğü Mw 7.6 olan ikinci bir deprem meydana gelmiş; başta Kahramanmaraş olmak üzere Hatay, Adıyaman, Gaziantep, Malatya, Kilis, Elazığ, Diyarbakır, Adana, Osmaniye, Şanlıurfa illeri de depremden etkilendiğinden, bu illerde olağanüstü hal ilan edilmiştir.

Resmi rakamlara göre, 37.984 binanın yıkıldığı, 50.783 kişinin hayatını kaybettiği ve 115.353 kişinin yaralandığı bildirilmiştir (AFAD, 2023b). İlk depremin gece saatlerinde, çoğu insanın uykuda ve evde olduğu bir zamanda meydana gelmesi, can kaybının yüksek olmasına önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Bu depremlerin yol açtığı kayıplar, içinde bulunduğumuz yüzyılda ülkemizde meydana gelen 1939 Erzincan Depremi ve 1999 Marmara Depreminin neden olduğu kayıpların ötesine

geçmektedir. İlk deprem şehrin merkezi ve güney kesimlerinde hasara neden olurken, ikinci deprem şehir merkezinin kuzey kesimini etkilemiştir (Altunişik ve diğerleri, 2023). İlk depremde hasar gören birçok bina ikinci depremde tamamen yıkılmıştır. Yaşanan çift etki, hasar alanının genişlemesine yol açarak can kayıplarının, yaralanmaların, yıkılan ya da hasar gören binaların sayısının artmasına neden olmuştur.

Dağlık bölgeleri de kapsayan zorlu arazi yapısı, depremin yaygın etkisi, ulaşım zorlukları ve olumsuz hava koşulları, arama kurtarma çalışmalarının başlatılmasını, acil yardım ve etkili müdahalelerin yapılmasını geciktirmiştir. Elektrik altyapısının hasar görmesi, yakıt sıkıntısı, iletişimde yaşanan kesintiler, deprem sonrası kritik dönemde koordinasyon ve bilgi dağıtımını daha da karmaşık hale getirmiş ve etkilenen nüfusun acil ihtiyaçlarının karşılanmasını zorlaştırmıştır. Antakya başta olmak üzere zayıf zemin koşulları ile sıvılaşma, çökme, oturma ve yanar yayılma gibi geoteknik nedenler depremin etkisinin artmasına neden olmuş, daha fazla sayıda yıkılmış ya da hasar görmüş bina ortaya çıkmıştır (Gücek ve diğerleri, 2023). Kırılan fay hattına yakın yerleşim yerlerinde hasarın daha ağır olduğu tespit edilmiştir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından yönetilen, çeşitli istasyonlar tarafından ölçülen deprem ivmeleri bazı bölgelerde 664 Gal'i aştığı tespit edilmiştir (AFAD, 2023b). Bu yüksek ivme değerleri depremin etkisini artıran en önemli faktörlerden bir tanesini oluşturmaktadır. Zemin özellikleri, tasarım sırasında deprem yönetmeliği parametrelerine uyulmaması, beton kalitesi, işçilik hataları, yetersiz denetim ve yanlış yer seçimi gibi çeşitli faktörler çok sayıda binanın çeşitli düzeylerde hasar görmesine neden olmuştur.

Bölgede meydana gelen son depremler, depreme dayanıklı şehirler ve altyapı inşa etmenin kritik önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir. Can kayıplarının yanı sıra, fiziki yapıların zarar görmesi önemli ekonomik sonuçlar doğurmuştur. Şehirlerin yeniden faaliyete geçirilmesi ve yeniden inşası için gereken maddi kaynaklar oldukça önemli olup, etkilenen toplumlar ve hükümetler üzerinde ağır bir yük oluşturmaktadır. Depremin Türkiye ekonomisi üzerindeki en önemli etkisi, 1.073,9 milyar TL (56,9 milyar ABD doları) ile toplam zararın %54,9'una tekabül eden konut hasarlarıdır (SBB, 2023). Hasarın ikinci en büyük bileşeni ise 242,5 milyar TL (12,9 milyar USD) ile kamu altyapısı ve kamu hizmet binalarındaki yıkım olmuştur (SBB, 2023). Konut

hariç özel sektörün tahmini zararı 222,4 milyar TL (11,8 milyar USD) seviyesinde gerçekleşmiştir (SBB, 2023). Bu rakam imalat, enerji, iletişim, turizm, sağlık, eğitim gibi çeşitli sektörlerin yanı sıra küçük işletmeler ve ibadethanelerdeki hasarları da kapsamaktadır. Bu kayıpların birleşik etkisi, ekonomi ve toplum üzerindeki bu tür yıkıcı etkileri hafifletmek için depreme dayanıklılık önlemlerinin güçlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

3.2.1 Ulaşım Altyapısı

3.2.1.1 Karayolları

Depremler sırasında karayolları, ulaşım altyapısı üzerinde önemli etkileri olan çeşitli hasar türleriyle karşılaşmaktadır (Chen ve diğerleri, 2021). Geçmiş depremlerde karayollarında gözlemlenen hasarlar arasında otoyol kaplamalarının çatlaması, şev kaymaları, zemin sıvılaşması, köprü ve tünel hasarları yer almaktadır (Ledezma ve diğerleri, 2012). Yer sarsıntısı nedeniyle meydana gelen ve yol yüzeyinin yapısal bütünlüğünü etkileyen otoyol kaplamalarının çatlaması, deprem sonrasında yaygın olarak gözlemlenmektedir (Panjamani ve diğerleri, 2011). Bu çatlamalar araçlar için tehlike oluşturmakta ve trafiğin düzenli akışını engellemektedir. Depremler sırasında karayollarında gözlemlenen bir diğer kritik konu da şev kaymalarıdır. Yoğun yer sarsıntısı heyelanları ve şev dengesizliklerini tetikleyerek şevlerin bir kısmının yol üzerine kaymasına neden olabilmektedir (Towhata ve Aziz, 2011). Bu şev kaymaları karayolunu trafiğe kapalı hale getirmekte ve sürücüler için risk oluşturmaktadır. Bu tür şevlerin düzeltilerek stabilize edilmesi, trafik akışının ve güvenliğin yeniden sağlanabilmesi için hayati önem taşımaktadır (Baral ve Shahandashti, 2022). Zemin sıvılaşması, suya doymuş zeminin sarsıntı sırasında taşıma gücünü kaybederek zeminin sıvı gibi davranmasına neden olan bir olgudur. Gevşek kumlar veya siltler gibi sıvılaşabilen zeminlerin bulunduğu bölgelerde, depremin neden olduğu sıvılaşma zeminde oturmaya ve yanal yayılmaya yol açabilmektedir (Wijewickreme ve Atukorala, 2005). Bu oturma otoyolların çökmesine neden olabilirken, yanal yayılma yatay yer değiştirmelere neden olarak, otoyol altyapısına zarar verebilir ve kullanım için emniyetsiz hale getirebilir. Depremler sırasında karayolu sistemlerinin hassas bileşenleri olarak kabul edilen köprüler ve menfezler, güçlü yer hareketleri nedeniyle önemli kuvvetlerle karşı karşıya kalabilmekte, bu da potansiyel hasara veya göçmeye neden olabilmektedir (Ledezma ve diğerleri, 2012). Köprü ayaklarının ve

mesnetlerinin yer değiştirmesi veya gçmesi, kpr geçişlerinin güvenliğini tehlikeye atarken, suyun yolun altından geçişini sağlayan menfezlerde oluşabilecek hasarlar da taşkın riskinin artmasına neden olmaktadır (Wang ve diğerleri, 2022; Rigby ve diğerleri, 2022).

Deprem sonrası otoyollarda meydana gelen bozulmaların oldukça kapsamlı sonuçlara neden olabileceğini sylemek mümkündür. Trafiğin kesintiye uğraması nemli bir sonuç olmakla birlikte, yolların kapanması, güzergahların değişmesi ve kapasitenin kısıtlanması acil durum hizmetleri için tıkanıklığa, daha uzun seyahat sürelerine ve lojistik zorluklara neden olmaktadır (Tamima ve Chouinard, 2017). Gıda, su, tıbbi malzeme ve yakıt gibi temel ihtiyaçlara erişimin kesintiye uğraması, kamu sağlığı ve güvenliği üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır. Bunun beraberinde, ulaşım ağlarında meydana gelen hasarlar, tedarik zincirlerinin kesintiye uğramasıyla birlikte üretkenliğin azalmasına ve nakliye maliyetlerinin artmasına yol açarak ekonomik açıdan nemli sonuçlar doğurabilir ve hatta iş kayıplarına sebep olabilir (Tokui ve diğerleri, 2017).

Ulaşım altyapısı, deprem nedeniyle hasar grdğnde, arama kurtarma çalışmalarında nemli zorluklarla karşılaşılmaktadır. zellikle enkaz altında mahsur kalan insanların kurtarılması için gerekli olan zel ekipmanların, iş makinelerinin ve vasıflı personelin afet blgesine ulaştırılması konusunda ciddi glkler yaşanmakta ve arama kurtarma süreci olumsuz etkilenmektedir. Bunun beraberinde, arama kurtarma çalışmalarına katılan acil müdahale araçlarının (ambulans, itfaiye ve güvenlik gleri vb.) hareket kabiliyeti, yollarda meydana gelen hasarlar nedeniyle ciddi şekilde kısıtlanmaktadır. Bu durum, acil müdahale ekiplerinin olay yerine zamanında ulaşmasını engelleyerek, kurtarma sürecinde olumsuz etkiler yaratmaktadır.

Altyapı sistemlerinin birbirlerine olan bağlılığı, başka bir zorluk unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. rneğin deprem sonrası elektrik, telekomünikasyon, su ve atıksu altyapılarının hasar tespit ve onarım çalışmalarının etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için ulaşım altyapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun nedeni, çalışmalarda grev alacak personelin, gerekli malzemelerin ve ekipmanın hasarlı blgelere sevk edilebilmesinin ulaşım altyapısı sayesinde mümkün olmasıdır. Uygun

erişim ve iletişim olmadan, hasarın boyutunu değerlendirmek, onarım faaliyetlerini koordine etmek ve temel hizmetleri eski haline getirmek oldukça zorlayıcı olacaktır.

Türkiye'nin üç tektonik levhanın birleştiği noktada yer alması, bölgedeki önemli sismik aktiviteyi harekete geçirmektedir (Kalafat ve diğerleri, 2021). 6 şubat Kahramanmaraş depremleri ve beraberindeki artçı sarsıntılar, büyük bir yıkıma yol açmış ve etkileri uzun süre devam etmiştir. Fay kırılması ve şiddetli sarsıntıların neden olduğu zemin bozulmaları, başta ulaşım sektöründeki kesintiler olmak üzere önemli sonuçlar doğurmuş; arama, kurtarma ve yardım operasyonları, bu aksaklıkların bir sonucu olarak gecikmeye uğramıştır. Depremden yaklaşık 12 saat sonra Karayolları Genel Müdürlüğü, deprem nedeniyle yıkılan köprülerin ve kapanan yolların güncel listesini kamuoyuyla paylaşmıştır. Hatay- Reyhanlı devlet karayolu, Hatay Kırıkhan-Topboğaz yolları trafiğe kapatılmış; Adıyaman- Çelikhan-Sürgü Yolu Balık Burnu köprüsü çökmüş; Adıyaman Gölbaşı-Malatya Sürgü yolu heyelan nedeniyle kapatılmıştır (AFAD, 2023c). Erken aşamada tespit edilen karayolu altyapısındaki hasarlar onarılmış ve yollar kontrollü bir şekilde trafiğe açılmıştır.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporunda paylaşılan verilere göre; Türkiye'de bulunan mevcut otoyol ağının %15'i, devlet yolu ağının %12'si, il yolu ağının %14'ü ve Emniyet Genel Müdürlüğü bünyesinde bulunan 264 trafik kontrol istasyonunun 29'u depremden etkilenen 11 ilde yer almaktadır (SBB, 2023). Depremde, sismik basınç ve düşey oturmaya bağlı deformasyonel kayma nedeniyle, birçok lokasyonda, yüzey hasarlarına katkıda bulunan otoyol kaplamalarında çatlamalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Kaplamanın düşey oturması, deprem dizisi tarafından uygulanan büyük kesme gerilmesi nedeniyle malzemelerin döngüsel zayıflamasıyla bağlantılı olabileceği düşünülmektedir. Fotoğraf 3.1, deprem sonrası Tarsus-Adana-Gaziantep otoyolunda meydana gelen hasar örneklerini göstermektedir (A Haber, 2023a). Fotoğraf 3.2, deprem sonrası karayollarında meydana gelen yüzey hasar örneklerini göstermektedir (DHA, 2023a).



Fotoğraf 3.1 Tarsus- Adana- Gaziantep otoyolunda hasar



Fotoğraf 3.2 Otoyol kaplamasında meydana gelen hasarlar

Deprem kaynaklı yüzey faylanması karayolları veya demiryolları ile kesiştiği yerlerde yol yatağı, yatay veya dikey olarak hareket edebilmektedir. Fay nedeniyle oluşan yer değiştirme, ne kadar küçük olursa olsun, yolun zarar görmesine neden olmaktadır. Kahramanmaraş-Gaziantep karayolu üzerinde Tevekkelli köyü yakınlarında, fayın kestiği asfalt yolun yaklaşık 3 metrelik sol yanal ötelenme hareketi yaptığı gözlemlenmiştir (CNN Türk, 2023a). Hasara ait görüntüler Fotoğraf 3.3'te gösterilmektedir (DHA, 2023b). Buna ek olarak, Fotoğraf 3.4'te yolda meydana gelen derin çatlaklar ve göçmeler dikkat çekmektedir (Evrensel, 2023). Bu hasarlar nedeniyle yol ulaşımına kapatılmış, kırsal mahallelere erişim engellenmiştir.



Fotoğraf 3.3 Fayın kestiği asfalt yol



Fotoğraf 3.4 Deprem sonucu karayolunda oluşan derin çatlaklar ve göçmeler

Yapılan kapsamlı incelemeler sonucunda hasarların, yol kaplamaları, köprüler ve tüneller üzerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Zeminde oluşan hacim artışları kaplama üzerinde gerilmelere neden olmuş ve bunu taşıyamayan asfalt kaplamalarda kabarmalar ve çatlaklar meydana gelmiştir. Bazı bölgelerde zemin sıvılaşması nedeniyle yol kaplamasının blok halinde zemine battığı gözlenmiştir. Fotoğraf 3.5 deprem sonrası Hatay-Reyhanlı arasındaki karayolunda meydana gelen hasarları göstermektedir (Habererk, 2023).



Fotoğraf 3.5 Hatay- Reyhanlı karayolu hasarı

Tablo 3.2 Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluğundaki otoyol ağında yer alan depremden zarar görmüş 11 ildeki karayolu altyapısını özetlemektedir (SBB, 2023). Bölgedeki viyadük, köprü ve tünel gibi hasar görmüş sanat yapılarının onarılması ve gerekli yerlerde üstyapının yenilenerek kesintisiz karayolu ulaşımının sağlanmasının toplam maliyetinin 12,2 milyar TL (645 milyon ABD doları) olduğu tahmin edilmektedir (SBB, 2023).

Tablo 3.2 Karayolu hasar maliyetleri

Varlık/Yapının Türü	Birim	Toplam Hasar	Maliyet TL
Otoyol	Km	61	12,2 milyar TL
Karayolu	Km	71	
Tünel	Km	11,7	
Viyadük	Km	3,1	
Köprü	Km	0,7	
Sinyalizasyon, oto korkuluk, yatay ve düşey işaretlemeler	Km	18,354	
Tünel elektromekanik işler	Km	3,6	
Ücret toplama istasyonu	Adet	5	
Gişe Binası	Adet	2	

Depremi ardından karşılaşılan bir diğer önemli ulaşım sorunu da, afet bölgesine erişimi sağlayan otoyollarda yaşanan trafik sıkışıklığı olmuştur. Deprem nedeniyle yolların gördüğü hasara ek olarak, afet bölgesine gitmek üzere yola çıkan araçların oluşturduğu hareketlilik, yollardaki gerilimi daha da artırmış; artan trafik akışının etkin bir şekilde yönetilememesi, trafik sıkışıklığına yol açarak, afet bölgesindeki müdahale ve yardım çalışmalarında gecikmelerin yaşanmasına neden olmuştur. Bu yoğunluk, sadece kritik personel ve araçların bölgeye vaktinde ulaşmasını engellemekle kalmamış, aynı zamanda acil durum hizmetlerinin ve ihtiyaç sahiplerine yardım ulaştırılmasını da engellemiştir. Yaşanan trafik sıkışıklığı, deprem sonrası senaryolarda araçların kesintisiz akışını ve müdahale sürelerinin hızlandırılmasını sağlamak için etkin trafik yönetimi ve koordinasyonunun önemini ortaya çıkarmıştır. Fotoğraf 3.6 deprem sonrası otoyollarda yaşanan trafik sıkışıklığını göstermektedir (Haber Meydan, 2023; Türkiye, 2023).



Fotoğraf 3.6 Deprem sonrası karayollarındaki trafik sıkışıklığı

3.2.1.1.1 Köprü/Viyadük

Sismik olarak aktif bölgelerde bulunan otoyol köprüleri, hizmet ömürleri boyunca birden fazla ana şok veya artçı şok dahil olmak üzere birçok depreme maruz kalmaktadır. Tekrarlanan sismik olaylar, köprülerin yapısal kapasitelerinin azalmasına veya yıkılmasına yol açarak ulaşım ağlarının normal işleyişinde bozulmaya neden olabilmektedir (Ghosh ve diğerleri, 2015). Geçmişte meydana gelen şiddetli depremler sonrasında gözlemlenen sismik kaynaklı hasarlar, zemin yüzeyi ve geoteknik arızalara ek olarak yapısal çökmeye karşı da savunmasız olduklarından, köprüler ve viyadükler ulaşım sisteminin en hassas bileşenleri olarak nitelendirilmiştir (Stergiou ve Kiremidjian, 2006).

Sismik bir olaydan hemen sonra kapatılan köprüler acil durum müdahale operasyonlarını olumsuz etkileyeceğinden, köprülerin yapısal bütünlüğünü korumaları ve hizmet verebilirliğine devam edebilmeleri hayati önem taşımaktadır. Bir köprünün kapatılmasının ekonomik etkisi, köprünün kapalı kaldığı sürenin uzunluğu, güzergahı kullanan trafiğin ekonomik önemi, alternatif güzergahların kullanılmasından kaynaklanan trafik gecikmeleri ve köprünün yenilenme maliyeti ile birlikte artmaktadır (Moehle ve Eberhard, 2000). Köprülerde meydana gelen hasar, diğer otoyol bileşenleri veya yapılarındaki hasarlardan daha görünürdür. Ancak otoyol sisteminin bu diğer bileşenleri veya yapılarının sismik performansı, ulaşım sistemin genel işleyişini önemli ölçüde etkileyeceğinden, sismik performanslarının tatmin edici düzeyde olması önem kazanmaktadır.

Köprüler devlete ait oldukları için, özel mülkiyete ait olan konutlardan daha yüksek mühendislik standardına göre tasarlanmakta ve inşa edilmektedir. 2023 Şubat ayında Türkiye'nin güneyinde art arda meydana gelen Mw 7.8 ve Mw 7.5 büyüklüğündeki depremlerde bazı köprülerde ciddi hasarlar meydana gelmiş olsa da, bina stoğundaki yapılarda meydana gelen ağır hasar ve yıkımlarla karşılaşılmamıştır. Depremin büyüklüğü ve şiddeti göz önüne alındığında köprülerin genel olarak iyi performans sergiledikleri ve büyük çoğunluğunun görevlerini yerine getirmeye devam edebildikleri gözlemlenmiştir.

Köprüler birden fazla faktörün neden olduğu çeşitli hasar türlerine maruz kalmıştır. Köprü tabliyesi, başlık kirişi ve kenar ayaklar arasındaki yetersiz yük aktarımı, deprem sırasında köprü bileşenlerinin hasar görmesine neden olmuştur. Başlık kirişi veya desteklerde yanal stabilitenin sağlanması amacıyla kirişler arasına yerleştirilen diyafram elemanlarının bulunmaması, yanal yükleri iletebilmek için desteklerdeki kirişler arasına yerleştirilen deprem takozlarının yetersiz sayıda veya yetersiz boyutta olması, köprü bileşenlerinin bozulmasına katkıda bulunmuştur. Sismik aktivite, kalın elastomerik yastıkların yer değiştirmesine ve yerinden çıkmasına neden olmuştur. Elastomerik yastıklarda gözlemlenen bu hasarlar, yük dağılımının değişmesine, destek sisteminin bozulmasına, köprünün yapısal hasar ve sallantılara karşı kırılabilirliğinin artmasına yol açarak köprünün performansını ve güvenliğini olumsuz etkilemiştir.

Bunun beraberinde karşılaşılan geoteknik sorunlar da köprü hasarına katkıda bulunmuştur. Deprem sırasında, köprülerin altındaki gevşek veya doymuş zeminlerde sıvılaşma olayı meydana gelmiş, şiddetli yer sarsıntısı zemin parçacıklarının mukavemetini ve kohezyonunu kaybetmesine neden olmuştur. Sıvılaşmanın neden olduğu bu kararsız durum köprü temellerine aşırı yük bindirerek mesnet oturmalarına, dolgu oturmalarına, dayanakların yanal olarak yayılmasına, köprü ayaklarının ve mesnetlerinin hem boyuna hem de enine yönlerde eğilmesine ve yer değiştirmesine neden olmuştur. Temel desteğindeki bu bozulma, zeminin sıvılaşmış haliyle birleşerek köprü yapısında çatlama, yer değiştirme ve potansiyel göçme gibi önemli hasarlara yol açmıştır. Bu hasar türleri yapısal bütünlüğü tehlikeye atmış, potansiyel olarak ek arızalara yol açmış ve sismik olay sırasında köprülerin genel performansını olumsuz etkilemiştir.

Deprem nedeniyle köprülerdeki kritik bileşenlerin hasar görmesi, köprü ayaklarının veya mesnetlerin yer değiştirmesi, yük taşıma kapasitesini önemli ölçüde azaltarak köprülerin hizmet verebilirliği engellenmiştir. Orta derecede hasar görmüş köprülerde ağırlıklı olarak, öngerilmeli beton kirişlerin uç noktalarında boylamasına gövde çatlamları meydana gelmiş, kirişleri desteklerle birleştiren deprem takozları hasar görmüş ve kenar ayak perde duvarlarda göçme gibi bozulmalar tespit edilmiştir. Karayolu köprülerinde gözlemlenen yapısal hasarlar türlerine göre alt başlıklar halinde sunulmuştur.

3.2.1.1.1 Kenar ayak duvar hasarları

Depremlerin oluşturduğu dinamik kuvvetler nedeniyle köprülerin kenar ayak duvarlarında hasarlar meydana gelmektedir. Bu hasarlara öncelikle yoğun yer hareketleri ve zeminden geçen sismik dalgaların şiddetlenmesi neden olmaktadır. Köprülerin kenar ayaklarına uygulanan kuvvetler ve yer değiştirmeler, çatlama, dökülme ve yapısal elemanların arızalanması dahil olmak üzere çeşitli hasar biçimlerine yol açabilmektedir. Bu hasar, zayıf zemin koşullarına sahip bölgelerde, yeterli takviye veya sismik tasarım hususlarının bulunmadığı köprülerde daha sık görülmektedir. Yetersiz takviye veya köprü elemanları arasında bağlantı eksikliği gibi niteliksiz tasarım veya detaylandırma, sismik olaylar sırasında köprülerin kenar ayak duvar hasarına karşı savunmasızlığını artırmaktadır. Ayrıca, köprü yapısı ile alttaki zemin arasındaki sıvılaşma, oturma ve yanal yayılma gibi etkileşimler de hasarın ciddiyetine katkıda bulunabilmektedir. Köprülerin zamanla eskimesi veya bozulmaya uğraması, depremler sırasında kenar ayak duvar hasarına karşı duyarlılıklarını daha da artırmaktadır. Bu nedenlerin tam olarak anlaşılması, köprü hassasiyetinin değerlendirilmesi, uygun tasarım önlemlerinin alınması, bakım uygulamalarının gerçekleştirilmesi ve köprü dayanıklılığının artırılması, depremler sırasında oluşabilecek hasarın azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Fotoğraf 3.7'de köprü üst yapısının boyuna doğrultuda kenar ayak duvarını çekiçlemesi sonucu oluşan duvar hasarı görülmektedir (Avşar ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.7 Köprü kenar ayak duvar hasarı

Fotoğraf 3.8’ de görüldüğü üzere, Utku Acun Cadiz Köprüsü’nün doğu ayağında meydana gelen hasar, köprünün yapısal bütünlüğüne ilişkin endişelerin artmasına neden olmuştur (Çetin ve diğerleri, 2023). Fotoğraf 3.9 ve Fotoğraf 3.10, Asi Nehri üzerinde yer alan Bekir Karabacak Köprüsü’nün istinat duvarının kuzeybatı kanadındaki köprü ayağı yaklaşım dolgusunda meydana gelen göçmeyi göstermektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Burada açıkça görülen yapısal sorun, köprü altyapısının stabilitesinin bozulduğuna dair kayda değer bir örnek teşkil etmektedir.



Fotoğraf 3.8 Köprü ayağında gözlemlenen hasar



Fotoğraf 3.9 Köprü kenar ayak yaklaşım dolgusunun göçmesi



Fotoğraf 3.10 Köprü kenar ayak yaklaşım dolgusunun göçmesi

3.2.1.1.2 Köprü Üstyapı Kiriş Hasarları

Şiddetli depremler sırasında köprülerdeki bitişik üst yapı bölümlerinin birbirlerine çarpması sonucunda önemli yapısal hasarlar meydana gelmektedir (Jankowski ve Fujino, 2000). Çekiçleme etkisi olarak da bilinen bu durum, sismik yer hareketinin neden olduğu büyük yanal yer değiştirmelerden kaynaklanmaktadır. Dayanaklar, ayaklar veya kolonlar gibi farklı köprü elemanları arasında çarpışmaya neden olan ve köprü tabliyesinin bu sabit yapılarla kuvvetli bir şekilde etkileşime girmesiyle önemli hasarlar meydana gelebilmektedir (Bi ve Hao, 2013).

Köprü tabliyesi mesnetlerle veya dayanaklarla çarpıştığında, güçlü kuvvetler ortaya çıkar ve bunlar tabliyeyi destekleyen kirişlere iletilir. Kirişler ani ve yoğun yüklere maruz kalarak, tasarım kapasitelerinin ötesinde dinamik gerilmelere maruz kalır ve oluşan kuvvetlerin büyüklüğüne bağlı olarak eğilme, kesme kırılması, çatlama ve hatta tamamen göçme gibi çeşitli kiriş hasarları meydana gelebilmektedir (Amjadian ve diğerleri, 2016). Bununla birlikte, köprü tabliyesi ve ayaklar arasındaki çarpışma, kirişlerin orijinal konumlarından kaymasına veya yer değiştirmesine neden olarak köprünün genel yapısal bütünlüğünü tehlikeye sokabilmektedir (Cui ve diğerleri, 2011).

Yeterli sismik detaylandırma ve güçlendirme de dahil olmak üzere uygun köprü tasarımı, köprü kirişlerinin sismik direncini artırmada önemli rol oynamaktadır. Kirişlerin çelik veya fiber takviyeli polimerler gibi malzemelerle güçlendirilmesi, sünekliklerini ve yük taşıma kapasitelerini artırarak deprem sırasında hasar riskini en aza indirebilmektedir (Li ve diğerleri, 2022). Kirişleri korumak ve sismik olaylar sırasında köprünün genel güvenliğini ve işlevselliğini sağlamak için uygun boşluklar, sismik genleşme derzleri ve güçlendirme önlemleri dahil olmak üzere özenli mühendislik çözümleri uygulanması gerekmektedir (Zhang ve diğerleri, 2020).

Türkiye'de köprü üstyapı inşaatında en sık kullanılan yöntemlerden olan birbirine bitişik yerleştirilen öngermeli kirişler, birbirlerine sadece tabliye ile bağlanmaktadır. Bu uygulamada diyafram kirişlerin enine yönde inşa edilmemesi nedeniyle üst yapı kirişlerinin bütünlüğünü tam olarak korumak mümkün değildir (Avşar ve diğerleri, 2023). Deprem nedeniyle üstyapı kirişinin deprem takozuna çarpması sonucu ezilme hasarı meydana gelmiş, çekişlemenin gerçekleştiği bölgeler dışında önüretimli kirişlerde eğilme ve kesme hasarları olduğu gözlemlenmiştir. Önüretimli kirişler diyafram kirişlerle birleştirilmediğinden üstyapı bütünlüğü tam olarak sağlanamamış, kirişte eğilme, kayma ve çatlama deformasyonları meydana gelmiştir. Fotoğraf 3.11'in sol tarafında sarı daire ile işaretlenen alanda, yük yolunu tamamlayacak diyafram kirişin bulunmadığı gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Fotoğraf 3.12'de ise kiriş uçlarında meydana gelen boylamsal çatlamlar gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.11 Ağır hasar görmüş beton köprü kirişleri



Fotoğraf 3.12 Kiriş uçlarında boylamsal çatlaklar

Öngermeli beton kirişlerin uç bölgeleri, Fotoğraf 3.13'te gösterildiği gibi, kesme çatlakları ve betonda geniş çaplı dökülmelerle sonuçlanan, çarpışmalarda dahil olmak üzere büyük dikey ivmeler ve kuvvetler nedeniyle önemli ölçüde hasar görmüş; dökülme, desteklerin çok daha ilerisindeki kirişlere kadar uzanmıştır (Dowell ve diğerleri, 2023). Birçok noktada beton tamamen yok olmuş, sadece kiriş ucuna doğru uç kirişleri destekleyen inşaat demiri kafesi kalmıştır. Köprü ayaklarından birinin bitişiğinde, kirişten dışarı fırlayan sarılı öngerme halatı bulunmuştur.



Fotoğraf 3.13 Öngermeli beton kirişlerin uç bölgelerinde gözlemlenen hasarlar



Fotoğraf 3.14 Kirişten dışarı fırlamış öngerme halatı

İç ve dış kirişlerin uçlarındaki geniş çaplı hasarın, birden fazla etkiden kaynaklandığı görülmektedir. İlk olarak, kiriş uçlarının yukarı doğru kalkması ve sonra sert bir şekilde geri düşmesi nedeniyle oluşan darbeler, kirişlerin destek noktalarının yakınında kesme çatlaklarının oluşmasına neden olmuştur. Daha sonra, dikey ve yatay yönde güçlü kuvvetlerin birleşmesi sonucu, kiriş uçlarında beton dökülmeye başlamış; kiriş uçlarında betonun bulunmaması, öngerme çeliğini sabitleyecek yapısal unsur ortadan kaldırmıştır. Bu da aktarım uzunluğunun hasarsız beton bölgesine doğru kaymasına ve kiriş uçlarında ilave çatlaklar, dökülmeler ve kaymaların oluşmasına yol açmıştır (Dowell ve diğerleri, 2023). Bu durum, çapraz kesme çatlamasından çok daha uzun bir hasar mesafesi oluşana kadar devam etmiştir.

Fotoğraf 3.15 ve Fotoğraf 3.16’da görüldüğü gibi, kirişlerde ciddi eğilme ve burkulmalar meydana gelmiştir (Dowell ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.15 Kiriş ucundaki hasarın yakından görünümü



Fotoğraf 3.16 Yanal/dikey eğilme ve orta açıklıkta iç kiriş hasarı

Fotoğraf 3.17, Samandağ’da Asi Nehri üzerinde yer alan iki benzer köprüyü detaylı bir şekilde göstermektedir. (Avşar ve diğerleri, 2023). İlk köprüde, Fotoğraf 3.17 a’da önüretimli kirişler diyafram kirişi olmaksızın yalnızca tabliye seviyesinde birbirine bağlanmıştır. Bu yapısal düzenlemede, deprem takozlarının sebep olduğu çekiçleme etkisi sonucunda üstyapı kirişlerinde hasarlar meydana gelmiştir. Diğer taraftan, , Fotoğraf 3.17 b’deki ikinci köprüde, üstyapı kirişleri düzenli aralıklarla yerleştirilmiş ve hem kenar ayaklar hem de açıklığın ortasında diyafram kirişleri kullanılmıştır. Bu yapısal önlem sayesinde, üstyapının uç noktalarında bütünlük korunmuş ve benzer çekiçleme durumlarında önüretimli kirişlerde herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir. Bu örnek, farklı yapısal yaklaşımların deprem sırasında köprü kirişlerine etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır.



a) Diyafram Kiriş Uygulanmamış İrfan Balıkçı Köprüsü



b) Diyafram Kiriş Uygulanmış başka bir Köprü

Fotoğraf 3.17 Diyafram kirişli ve diyafram kirişsiz köprülerin karşılaştırılması

3.2.1.1.1.3 Köprü tabliyesi hasarları

Köprü tabliyesi, bir köprünün genel işlevselliği ve yapısal bütünlüğü açısından büyük önem taşımaktadır. Tabliye, araç veya yaya trafiğini destekleyen üst yüzey olarak hizmet vermekte ve gelen yükleri alttaki yapısal elemanlara dağıtmaktadır (Kong ve diğerleri, 2022). Köprü tabliyesi aynı zamanda köprü üst yapısının stabilitesini ve rijitliğini sağlayarak yerçekimi, rüzgar ve sismik kuvvetler de dahil olmak üzere çeşitli kuvvetlere karşı koymasına yardımcı olmaktadır (Vayas ve Iliopoulos, 2014). Köprü tabliyelerinin dayanıklılığı, fizikokimyasal faktörlere doğrudan maruz kalmanın neden olduğu hasar ve bozulma nedeniyle köprünün diğer kısımlarına göre daha hızlı bozulmakta ve eskiyebilmektedir (Zulfiqar ve diğerleri, 2014). Bu nedenle tabliyenin trafik yüklerine, sıcaklık değişimlerine, kimyasal etkilere ve çevresel koşullara dayanabilecek şekilde tasarlanması gerekmektedir (Soto ve Adeli, 2019).

Depremden sonra köprü tabliyesinde yapısal bütünlüğü ve işlevselliği etkileyen çeşitli hasar türleri meydana gelmektedir. Deprem sırasında oluşan sismik kuvvetler köprü yapısı üzerinde aşırı gerilmelere yol açarak betonun çatlamasına veya kırılmasına neden olmaktadır. Uzunlamasına, enine veya çapraz çatlakların oluştuğu, tabliyenin yapısal bütünlüğünün tehlikeye girdiği durumlarda, tabakaların birbirinden ayrılması gibi vakalar da meydana gelebilmektedir. Oluşabilecek bir diğer sorun da, yer sarsıntısının köprü tabliyesinin altındaki dolgu malzemesinin oturmasına veya yer değiştirmesine neden olduğu dolgu oturmalarıdır. Meydana gelen bu oturmalar, tabliye yüzeyinde düzensizliğe ve potansiyel hasara yol açmaktadır. Ayrıca, depremler sırasında yaşanan tekrarlı yükleme ve boşalmalar köprü tabliyesini yorulma hasarlarına maruz bırakmaktadır. Bu durum zamanla tabliye yapısını zayıflatır, dayanıklılık sınırını düşürerek gelecekteki hasar ve bozulmalara karşı daha hassas hale gelmesine neden olur. Yetersiz donatı, uygun olmayan beton kaplama ve düşük kaliteli malzemelerin tümü, betonun zayıflamasına ve dökülmenin artmasına katkıda bulunabilmektedir. Bu hasarları azaltmak için, yeterli donatı ve uygun beton kaplama gibi tasarım önlemlerini uygulamak ve inşaat sırasında yüksek kaliteli malzemeler kullanmak çok önemlidir. Köprü yapısının uzun vadeli dayanıklılığını sağlamak için dökülme sorunlarını tespit etmek ve ele almak için düzenli denetimler ve bakım da gereklidir.

Türkiye’de meydana gelen depremde, bazı köprülerin her iki girişinde oturmalar meydana gelmiş, araçların köprüye giriş ve çıkışlarında yavaşlamaları gerekmiştir. Özellikle giriş uçlarında gözlemlenen hasarlar, devam eden trafik yükü ve artçı deprem sarsıntılarının etkisi altında, köprülerin tam açıklıklarında çökme riski artmış; bu durum ciddi endişelere neden olmuştur. Fotoğraf 3.18, bu hasarların görsel bir kaydını sunarak, yaşanan yapısal sorunları daha net bir şekilde ortaya koymaktadır (Dowell ve diğerleri, 2023). Bu tür hasarlar, köprülerin güvenliğini ve işlevselliğini ciddi şekilde tehlikeye atabilecek niteliktedir. Antakya’da bulunan Bekir Karabacak Köprüsü hakkında Çetin ve diğerleri 2023 yılı raporunda yer alan bulgular, köprünün doğu yönündeki tabliye bölümünde belirgin yapısal değişimlerin mevcut olduğunu göstermektedir. Bu bölüm, bitişik karayoluna göre 37 cm daha yüksek bir konuma yükselmiş, kaplamada çökme ve yer değiştirmeler meydana gelmiştir. Meydana gelen hasarların ayrıntıları Fotoğraf 3.19’da gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.18 Köprü yaklaşım dolgusu oturması



Fotoğraf 3.19 Bekir Karabacak Köprü tabliyesi hasarı

Hatay Stadyum Köprüsü'nde meydana gelen hasarlar, köprünün yapısal bütünlüğüne ilişkin bazı önemli soruları gündeme getirmiştir. Özellikle, köprünün doğu ucundaki beton kaplamada dökülme ve batı yönündeki karayolu boyunca yaygın hasar olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, tabliyede kayma söz konusudur. Bu kayma, köprü temeli veya alt zeminindeki olası değişikliklerin bir göstergesidir ve güvenli trafik akışı için risk oluşturmaktadır. Hasara ait görüntüler Fotoğraf 3.20’de gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Bu tür yapısal sorunların tespit edilmesi, köprünün bakım ve onarımı için kritik öneme sahiptir; uzun vadeli güvenliği ve işlevselliği için gereklidir. Hatay Devlet Hastanesi yakınlarında Karasu Nehri üzerinde bulunan köprü, gözlemler sırasında trafiğe açık ve yapısal olarak sağlam gözükmekteydi. Ancak, köprünün doğu tarafında toprak kayması gibi yerel zemin göçme problemleri olduğu gözlemlenmiştir. Hasara ait görüntüler Fotoğraf 3.21’de gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.20 Köprü tabliyesinde gözlemlenen hasarlar



Fotoğraf 3.21 Hatay'daki bir köprüde gözlemlenen tabliye kayması sorunu

Kahramanmaraş-Osmaniye karayolu üzerinde yer alan Şekeroba Köprüsü, yaşanan depremden büyük ölçüde etkilenmiş ve ağır hasar almıştır. Deprem sırasında meydana gelen sismik kuvvetler, köprünün tabliye yüzeyinde ciddi gerilme ve şekil değişikliklerine neden olmuştur. Bu durum, yüzeyde çatlakların oluşumuna ve belirgin yükselmelere yol açmıştır. Hasara ait görüntü Fotoğraf 3.22’de gösterilmektedir (Cemre, 2023). Asi Nehri’ni geçen D817 Köprüsünün güneydoğu yönündeki tabliyesinin ucunda, uygulanan aşırı sıkışma kuvveti nedeniyle betonun basınca dayanma kapasitesi aşılmış ve hasar meydana gelmiştir. Hasara ait görüntü Fotoğraf 3.23’te gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.22 Şekeroba Köprü tabliyesinde meydana gelen göçme



Fotoğraf 3.23 D817 Köprüsünde gözlemlenen hasar

Beton köprüler, çeşitli çevresel ve yapısal faktörler nedeniyle zaman içinde genişleyip daralmaya eğilimlidir. Bu faktörler arasında sıcaklık değişimleri, betonun doğal büzülmesi, zemin oturmaları, buzlanma koşulları ve araçların ağırlığı bulunmaktadır. Shrestha ve diğerleri (2016) tarafından belirtildiği üzere, birden fazla açıklığa sahip köprüler, bu tür sıcaklık ve zamana bağlı deformasyonları karşılamak için genellikle genleşme derzleri ile inşa edilir. Deprem sırasında meydana gelen şiddetli sarsıntı ve yer hareketleri bu genleşme derzlerinde ciddi hasar oluşmasına neden olabilmektedir. Jiang ve diğerleri (2018) tarafından yapılan çalışmada belirtildiği üzere, deprem sırasında genleşme derzleri, yalıtım contaları ve elastomerik yastıklar gibi köprü bağlantı elemanlarında kayma, bozulma ve hasar meydana gelmektedir. Bu tür hasarlar, köprünün yapısal bütünlüğünü ve güvenliğini riske atabilir; bu nedenle, köprünün dayanıklılığı ve işlevselliğini korumak için bu bileşenlerin düzenli bakımı ve gerekirse yenilenmesi hayati önem taşır.

Sismik etkiler sırasında meydana gelen göreceli oturma yer değiştirmesi genleşme boşluğu boyutundan büyük olduğunda, birbirine bağlı köprü bileşenleri arasında çarpışmalar meydana gelebilmektedir (Shrestha ve diğerleri, 2016). Genellikle birkaç santimetre genişliğe sahip olan genleşme derzleri nedeniyle köprü yapıları, bitişik tabliyeler arasında veya tabliye ile bitişik mesnet arasında depremin neden olduğu çarpmalara maruz kalmaktadır (Miari ve diğerleri, 2020). Birbirine bağlı köprü bölümlerinin çarpışması sadece etki eden yerlerde lokal hasarlara yol açmakla kalmaz, aynı zamanda köprü yapısının birbirine bağlı bileşenleri arasındaki göreceli açılma hareketini de arttırabilmektedir (Ruangrassamee ve Kawashima, 2001). Öte yandan, göreceli açıklık yer değiştirmesi mevcut oturma yeri genişliğinden daha büyük

olduğunda ayrılma hasarları meydana gelmektedir. Meydana gelen birçok büyük depremde çarpma ve ayrılma ile ilgili hasarların meydana geldiği gözlemlenmiştir (Li ve diğerleri, 2012; Kawashima ve diğerleri, 2011). Türkiye’de meydana gelen depremde, TAG Otoyolu üzerindeki bir köprünün genleşme derzinde hasar meydana gelmiştir. Fotoğraf 3.24 ve Fotoğraf 3.25 köprü genleşme derzlerinde meydana gelen hasarları görsel olarak belgelemektedir (UAB, 2023; Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.24 TAG Otoyolu öncesi ve sonrası durumu



Fotoğraf 3.25 Köprünün genleşme derzinde gözlemlenen hasar

Bazı köprülerde meydana gelen deprem etkileri, oldukça kaygı verici durumlar yaratmıştır. Bunun ilk nedeni, bazı köprülerin her iki girişinde de zemin oturmalarının meydana gelmesi ve araçların köprüye girerken ve çıkarken yavaşlamak zorunda kalmaları olmuştur. İkinci olarak, giriş uçlarında meydana gelen hasar, devam eden trafik yükü ve artçı şoklar nedeniyle köprünün tüm açıklığının çökme riskini artırmış ve bu da ciddi endişelere neden olmuştur. Bu duruma örnek olarak, bir köprünün deprem sonucunda 40 santimetre yükseldiği gözlemlenmiş ve bu olağanüstü yükselme ve buna bağlı hasarlar Fotoğraf 3.26’da ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Yeniçağ, 2023).

Bu tür hasarlar, köprülerin deprem etkilerine karşı ne kadar savunmasız olabileceğini ve bu tür olaylara karşı alınacak önlemlerin önemini vurgulamaktadır.



Fotoğraf 3.26 Deprem etkisiyle yukarı doğru hareket eden köprü

3.2.1.1.4 Üstyapı Mesnet Yetersizliği

Türkiye'deki geçmiş depremlerde, köprü üstyapısının mesnetlendiği kenar ve orta ayaklarda yeterli oturma mesafesi sağlanmaması ve deprem etkisiyle üstyapı ile altyapı arasındaki göreceli yer değiştirmelerin oturma mesafesinden büyük olması durumunda, köprü üstyapısının çöktüğü durumlar ile nadir de olsa karşılaşılmıştır. 6 Şubat depreminde buna benzer iki vaka tespit edilmiş ve bu tür hasarların önlenmesi için uygun oturma mesafesinin önemi gözler önüne serilmiştir.

Fotoğraf 3.27 Hatay eğitim ve araştırma hastanesi yolu üzerinde kullanım ömrünü tamamlamış bir köprünün tamamen yıkıldığını göstermektedir (Avşar ve diğerleri, 2023). Köprünün üstyapısı mesnetlerinden tamamen ayrılmış ve bunun sonucunda ciddi bir yıkım meydana gelmiştir. Bu durum, sismik olaylar sırasında köprünün stabilitesini sağlamak için yeterli oturma mesafesinin korunmasının kritikliğini net bir şekilde kanıtlamaktadır. Fotoğraf 3.28’de gösterilen bir diğer örnek, yapım aşamasında olan tek açıklıklı bir otoyol köprüsü ile ilgilidir (Avşar ve diğerleri, 2023). Bu örnekte de köprü üst yapısı desteklerinden ayrılmış ve otoyolun kapanmasına neden olmuştur. Bu olay, sadece mevcut köprülerde değil, yeni köprü projelerinin inşaat aşamasında da uygun oturma mesafesinin dikkate alınmasının

önemini vurgulamaktadır. Bu olayların meydana gelmesi, köprü üstyapısı ile destekleyici elemanlar arasında yeterli oturma mesafesinin sağlanması için titiz planlama, tasarım ve inşaat uygulamalarına duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Uygun oturma mesafesi, sismik yer hareketlerinin neden olduğu göreceli yer değiştirmelerin karşılanmasını ve üst yapının kaymasını veya göçmesini önlemeye yardımcı olmaktadır.



Fotoğraf 3.27 Hatay’da yıkılan köprü



(Deprem Öncesi)



(Deprem Sonrası)

Fotoğraf 3.28 İslahiye – Nurdağı arasında yıkılan köprü

3.2.1.1.1.5 Deprem Takozu Hasarları

Deprem takozları, hizmet yüklerinin yanı sıra küçük veya orta şiddetteki depremler sırasında köprü üstyapılarının maruz kaldığı yanal kuvvetlere karşı koymak ve köprü üst yapısının ayak duvarına göre yer değiştirmelerini sınırlandırmak için köprü ayaklarında ve tabliyelerinde kullanılmaktadır. Bi ve Hao (2013) tarafından yapılan çalışmada, maksimum varsayılan deprem senaryolarında, köprü ayaklarında veya tabliyelerinde hasar oluşmadan önce deprem takozlarının kırılmasının öngörüldüğü belirtilmiştir. Başka bir ifadeyle, deprem takozları fedakâr elemanlar olarak tasarlanmıştır ve büyük depremler sırasında köprülerin ayaklarını veya tabliyelerini hasardan korumak için yapısal sigorta görevi görmeleri beklenmektedir. Deprem takozlarının fedakar elemanlar olarak ele alınmasındaki bir diğer husus da erişilebilir, kontrol edilebilir ve onarılabilir olmalarıdır (Saini ve Saiidi, 2014). Deprem sonrası toparlanma sırasında onarılabilirliği ve tespit edilebilirliği nedeniyle küçük ve orta ölçekli köprülerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Deprem takozu hasarının birincil nedeni deprem sırasında yanal yüklerin transfer edilmesidir. Önemli miktarda kayma ve eğilme kuvvetlerine maruz kalan deprem takozlarında çatlama, dökülme veya kırılma gibi çeşitli hasar türleri, yüklerin aktarılmasındaki etkinliklerinin azalmasına ve köprünün yapısal bütünlüğünün kaybolmasına neden olur.

Deprem takozlarının sismik hasara karşı hassasiyetini etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bunlar arasında yetersiz boyutlandırma veya yetersiz sayıdaki takozlar gibi eksik tasarım özellikleri, bu elemanların yüklenen kuvvetlere karşı dayanıklılığını olumsuz etkileyebilmektedir. Bunun yanı sıra, hatalı inşaat uygulamaları, malzeme kalitesindeki eksiklikler veya düzenli bakım yapılmaması da kırılma riskini arttırmaktadır. Deprem takozlarındaki hasarın şiddeti, depremin büyüklüğü ve süresi, köprünün sismik fay hattına olan yakınlığı, temel zeminin özellikleri ve köprünün genel yapısal durumu gibi çeşitli değişkenlere bağlıdır. Bu faktörlerin anlaşılması ve etkilerinin değerlendirilmesi, köprülerin sismik kırılma riskini analiz etmek, uygun tasarım stratejilerini uygulamak, düzenli denetimler gerçekleştirmek ve genel dayanıklılığı artırmak için hayati öneme sahiptir. Deprem takozlarının direncine ve köprü girişleri arasındaki darbe kuvvetlerine bağlı olarak, ciddi, orta veya hafif düzeyde hasarlar gözlemlenebilir.

Fotoğraf 3.29'un sol bölümünde, köprünün yanal destek kanatlarında meydana gelen hasarlar görülebilirken, sağ bölümünde ise deprem takozlarında oluşan hasarlar görülmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Bu görseller, köprü elemanlarının sismik etkilere karşı kırılma dayanıklılığının somut örneklerini sunmakta ve bu tür yapısal elemanların altyapı güvenliğinin sağlanmasındaki önemini vurgulamaktadır. Fotoğraf 3.30 ve Fotoğraf 3.31 başka köprülerde meydana gelen deprem takozu hasarlarını göstermektedir (Dowell ve diğerleri, 2023; Avşar ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.29 Yanal destek kanadı hasarı ve deprem takozu hasarı



Fotoğraf 3.30 Kırılan dış deprem takozu ve giriş ucu hasarının yakından görünümü



Fotoğraf 3.31 Hasar gören deprem takozları

Deprem anında kirişlerin yerlerinden kaldırılıp tekrar aşağıya çarptırıldıkları sırada, büyük yatay ve uzunlamasına kuvvetler meydana gelerek, kiriş uçlarındaki hasarı arttırmakta ve gözlemlenen deprem takozu hasarına ve kırılmalarına neden olmaktadır. Hasara ait görüntüler Fotoğraf 3.32’te gösterilmektedir (Avşar ve diğerleri, 2023). Öngermeli kirişler birbirlerine yalnızca üst döşeme ile bağlı olduklarından, tabliyeden uzaklaştıkça birbirlerinden neredeyse bağımsız olarak hareket ederler. Her bir açıklığın uzunluğu boyunca en az bir diyafram eklenmesi, köprünün bağımsız kirişler yerine bir bütün olarak hareket etmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.



Fotoğraf 3.32 Dış deprem takozunda ve iç deprem takozunda gözlemlenen hasar

3.2.1.1.1.6 Elastomer Yastık Hasarları

Elastomerik yastıklar, köprü tabliyesi gibi üst yapılar ile destek ayakları gibi altyapılar arasına yerleştirilerek, farklı köprü elemanları arasında esneklik ve destek sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Krzysztofik, 2023). Elastomerik yastıkların birincil amacı, köprü üzerinde meydana gelen hareketleri ve kuvvetleri etkili bir şekilde karşılamaktır. Yapısal bütünlüğü korurken farklı bileşenler arasında esnek bir arayüz görevi görür ve göreceli hareket ile yük aktarımına izin verirler. Steelman ve diğerleri (2013) tarafından vurgulandığı üzere, elastomerik yastıklar, trafik, termal genleşme ve özellikle deprem gibi sismik olaylardan kaynaklanan dinamik yüklerin oluşturduğu enerjinin emilmesi ve dağıtılmasında oldukça etkilidir. Bu yastıklar, genellikle kauçuktan veya sentetik bir bileşenden yapılan elastik malzeme kullanılarak, yükleri absorbe eder ve daha geniş bir alana dağıtır. Böylece stres yoğunlaşması azalır ve köprünün hasar görmesi engellenir (Samsuri, 2010). Elastomer yastıklar aynı zamanda termal genleşme ve büzülme, boylamasına ve enlemesine hareketlere izin verecek, dikey destek ve yatay esneklik sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu özellikleriyle elastomerik yastıklar, farklı yük ve stres koşulları altında köprülerin dayanıklılığını ve esnekliğini artırmada kritik bir rol oynamaktadır.

Sismik eğilimli bölgelerde, elastomerik yastıklar, deprem sırasında köprü korumasında önemli bir rol oynamaktadır. Rele ve diğerleri (2019) tarafından belirtilen üzere, bu yastıklar kontrollü ve denetimli harekete izin vererek yer hareketlerinin etkisini azaltır ve köprü bileşenlerinin kuvvet aktarımlarını düşürür, bu da köprü yapısında aşırı gerilimin önlenmesine ve hasar veya çökme riskinin en aza indirilmesine katkıda bulunur. Elastomerik yastıklar, depremler sırasında şiddetli yer sarsıntısı, yetersiz sabitleme, hatalı montaj ve malzemenin ömrünün tükenmesi gibi çeşitli faktörler nedeniyle yerinden çıkabilir veya yer değiştirebilir değiştirebilmektedir (Mohamedmekki ve diğerleri, 2021). Yastıkların yerinden çıkması veya yer değiştirmesi, köprünün yük dağılımını ve yapısal bütünlüğünü etkileyerek, genel güvenlik ve işlevsellik açısından risk oluşturabilir. Bu nedenle, elastomerik yastıkların düzgün bir şekilde sabitlenmesi, doğru şekilde monte edilmesi ve düzenli bakımının yapılması, köprülerin sismik dayanıklılığı için hayati önem taşır.

Düşey deprem etkileri nedeniyle, bazı köprülerde elastomer yastıkların yerlerinden oynadığı ve işlevlerini kaybettiği gözlemlenmiştir. Yapılan incelemeler sonucu, bu durumun hasarlarını gösteren görüntüler Fotoğraf 3.33 ve Fotoğraf 3.34'te yer almaktadır (Çetin ve diğerleri, 2023; Avşar ve diğerleri, 2023). Ayrıca, bazı köprülerde elastomer yastıkların tamamen yerlerinden çıkarak zemine düştüğü durumlar da kaydedilmiştir. İlgili hasarlar Fotoğraf 3.35'te gösterilmektedir (Avşar ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.33 Elastomerik yastıkların yer değiştirmesi



Fotoğraf 3.34 Elastomer yastıkların yerinden oynaması



Fotoğraf 3.35 Zemine düşmüş elastomerik yastıklar

3.2.1.1.2 Tüneller

Tüneller, karayolu ve demiryolu ağları için temel bağlantı ve verimli güzergahlar sağlayan ulaşım sisteminin önemli bileşenleridir. Bölgesel uyumu destekleyerek seyahat mesafelerini kısaltan ve insanlar ile ticari mallar için güvenli geçiş yolları sunan bu yapılar, depremler sırasında ciddi hasar riski taşımaktadır. Depremler esnasında, tüneller, zemin hareketleri nedeniyle etrafındaki toprak ve kayalarda meydana gelen yer değiştirmelere maruz kalmaktadır. Bu yer değiştirmeler, tünel yapısına uygulanan dinamik kuvvetler sonucu deformasyonlara ve oturmalara sebep olur, bu da tünellerin stabilitesini ve doğrultusunu tehlikeye atmaktadır. Yapısal hasarlar, duvar, tavan ve zeminlerde çatlaklar, beton dökülmeleri ve kaplamaların yerinden kopması şeklinde ortaya çıkmakta ve tünelin bütünlüğünü olumsuz yönde etkilemektedir. Bu da tüneldeki araç ve tren trafiğinin güvenliği ve işlevselliği açısından risk oluşturabilmektedir.

Depremlerin neden olduğu tünel hasarlarının yarattığı sonuçlar oldukça önemlidir. Tünellerin kısmen veya tamamen kapatılmasını gerektirecek hasarlar ulaşım sistemini sekteye uğratarak, gecikmelere ve güzergah değişikliklerine neden olmaktadır. Alternatif güzergahlar artan araç hacmini kaldıramayacağından trafik

sıkışıklıkları, acil durum müdahalelerini, yerel ekonomiyi, bireylerin ve toplulukların refahını etkileyen geniş kapsamlı sonuçlar doğuracaktır. Bu olumsuz etkilerin en aza indirilmesi için, deprem sonrası tünellerin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi, onarılması ve yeniden açılması kritik öneme sahiptir.

Doğu Anadolu bölgesini Malatya üzerinden Akdeniz bölgesine bağlayan D-850 karayolunda, fay hattına yakın konumlanan Erkenek Tüneli, deprem etkisiyle ağır hasarlar görmüştür. 2011-2017 yılları arasında inşa edilen tünel, iki tüpten oluşmakta ve tüplerin her biri iki şeritli trafiğe hizmet vermektedir (KGM, 2017). Deprem sonucunda tünelin iç kaplamasında bozulma ve çökmeler, dış kaplamasında boylamasına çatlamların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Tünelin güney tüpünde meydana gelen hasarın görüntüleri, Fotoğraf 3.36'da gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Kuzey tüpünde de benzer türde hasarlar olduğu gözlemlenmiştir. Deprem sonrası araç güvenliği için trafik tek tüpten, çift yönlü olarak devam ettirilmiştir. Trafiğe kapatılan tünel girişinde, yol boyunca yaklaşık 20 cm derinliğinde çatlaklar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Tünel girişinde meydana gelen hasarlar Fotoğraf 3.37'de gösterilmektedir (DHA,2023c). Yaklaşık 10 km uzunluğuyla Türkiye'nin en uzun demiryolu tüneli unvanını alacak olan ve inşaatı hala devam eden Bahçe-Nurdağı Tüneli çift tüpten oluşmaktadır. İkiz tünellerin Nurdağı portalı aktif faya yakın bir bölgede yer almaktadır. Tünelin Nurdağı portalında bazı kaya düşmeleri gözlemlenmiş, bunun dışında herhangi bir hasar görülmemiştir. Fotoğraf 3.38 Nurdağı portalını göstermektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.36 Erkenek Tünelinde gözlemlenen hasarlar



Fotoğraf 3.37 Tünel girişinde gözlemlenen hasarlar



Fotoğraf 3.38 Bahçe-Nurdağı demiryolu tüneli

Bahçe ve Nurdağı arasındaki Tarsus-Gaziantep Otoyol tünelleri de gözle görülür bir hasar belirtisi göstermemiş, trafığe açık kalarak iyi bir performans sergilemiştir. Bu gözlemler, gelecekteki depremlere karşı dayanıklılıklarını sağlamak için tünellerdeki yapısal kırılganlıkların değerlendirilmesinin ve ele alınmasının önemini vurgulamaktadır. Uygun tasarım, inşaat ve bakım uygulamalarının yanı sıra risk azaltma önlemleri alınması ve devamlı olarak takip edilmesi, bu kritik ulaşım altyapılarının hizmet performansının ve güvenliğinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

3.2.1.2 Demiryolları

Türkiye'de demiryolu yük taşımacılığının yoğun olarak kullanıldığı bölgeler üzerinde yer alan köprülerde yapısal hasarlar, tünellerde çökmeler, raylarda yer değiştirmeler, taş veya kaya düşmeleri nedeniyle çeşitli hasarlar meydana gelmiştir. Deprem nedeniyle 1275 kilometrelik demiryolu hattı etkilenmiş, meydana gelen hasarlar nedeniyle bazı güzergahlarda faaliyetler kısıtlanmış veya askıya alınmıştır. Hasarın hemen ardından, etkilenen demiryolu hatlarında acil müdahale ve iyileştirme çalışmaları başlatılmıştır. Bu süreçte, altyapı, üstyapı ve elektromekanik sistemler üzerinde yenileme, bakım ve onarım çalışmaları gerçekleştirilmiş; bu sayede hatların bazı bölümleri acil durum kullanımına ve deprem yardım trenleri için sınırlı olarak trafiğe açılmıştır.

Büyük bir deprem sonrasında demiryollarının hizmet dışı kaldığı sürelerin etkisi büyük önem taşımaktadır. Yaşanan kesinti, mal hareketliliğini, tedarik zincirlerini ve ticareti etkileyerek ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Deprem gerçekleşmeden önce de yoğun talebi karşılamada zorlukların yaşandığı bu bölgelerde hasarların meydana gelmiş olması, ihracat lojistiğinde aksamalara neden olmuştur. Etkilenen bölgedeki üreticiler, demiryolu kesintileri nedeniyle karayolu taşımacılığını alternatif bir seçenek olarak göz önünde bulundurmuşlardır. Ancak karayolu taşımacılığının demiryoluna kıyasla daha yüksek maliyetleri ve milyonlarca tonluk yükün sadece sınırlı bir kısmının karayoluyla taşınabileceği gerçeği, bu alternatifin kullanışsız bir seçenek olduğunu ortaya koymuştur (UTİKAD, 2023).

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğünden alınan bilgilere göre, Kahramanmaraş merkezli depremlerden etkilenen demiryolu hattı üzerinde 446 köprü, 6161 menfez, 175 tünel bulunmaktadır. Deprem tüneller, viyadükler ve köprüler de dahil olmak üzere demiryolu sanat yapılarında önemli hasara neden olmuştur. Adıyaman Ozan köyü yakınlarında 1940'lı yıllarda inşa edilen taş kaplama demiryolu tüneline meydana gelen yapısal hasarlar nedeniyle çöken tünel tamamen kapanmıştır. Tünelin havadan görüntüleri ve içerisinde meydana gelen hasarlar Fotoğraf 3.39'da gösterilmektedir (DHA, 2023d).



Fotoğraf 3.39 Taş kaplama demiryolu tüneline gözlemlenen yapısal hasarlar

Sismik olaylar sırasında meydana gelen yoğun sarsıntı ve yer hareketinden kaynaklanan kaya düşmeleri depremler tarafından tetiklenebilmektedir (Marzorati ve diğerleri, 2002). Demiryolu ağı üzerinde yer alan bazı tünellerin giriş ve çıkışları kaya düşmesi nedeniyle kapanmıştır. Bu hasarlara ait görseller Fotoğraf 3.40'ta gösterilmektedir (İHA,2023; GTU,2023).



Fotoğraf 3.40 Demiryolu tünel giriş/çıkışlarında kaya düşmesi hasarı

Kahramanmaraş'taki bir demir köprüde meydana gelen kayma ve bükülmeler, şehir merkezine ulaşımı sağlayan tren seferlerinin geçici olarak durdurulmasına neden olmuştur. Güvenlik önlemleri kapsamında alınan bu karar, köprü'nün güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için gerekli onarım çalışmalarının başlatılmasını gerektirmiştir. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.41'de gösterilmektedir (NTV,2023a; Anadolu Ajansı 2023a). Sanat yapılarının onarımı, bakımı ve rehabilitasyonu için tahmini maliyetin yaklaşık 1,2 milyar TL olduğu (SBB, 2023), bu maliyetin bozulmuş ve deforme olmuş tünellerin düzeltilmesi, hasar görmüş köprü bileşenlerinin onarılması, güçlendirilmesi ve restore edilmesini kapsadığı belirtilmiştir. Bu yatırımlar, demiryolu altyapısının yapısal bütünlüğünü ve uzun vadeli dayanıklılığını korumak için büyük önem taşımaktadır.



Fotoğraf 3.41 Demiryolu raylarında ve demir köprüde deformasyon

Depremlerin neden olduğu sarsıntılar, demiryolu hat geometrisinde ani bozulmalara, zeminin sıvılaşmasına ve toprak kaymalarına neden olmaktadır (Demir ve Saltan, 2017). Demiryolu ağının aktif faylar üzerine inşa edilen kesimleri depremler sırasında ciddi hasar görmüştür. Yapılan incelemelerde yaygın sıvılaşma etkilerine bağlı hasarlar ve demiryolu ağında kalıcı şekil değişiklikleri gözlemlenmiş olup, depremlerin yarattığı yanal ve dikey atımlar demiryolu raylarının yatay ve düşey ekseninde deformasyonlarına neden olmuştur (DEU, 2023). Hasar gören demiryolu raylarına ait görseller Fotoğraf 3.42’de gösterilmektedir (Anadolu Ajansı, 2023b).



Fotoğraf 3.42 Demiryolu raylarında gözlemlenen deformasyonlar

Fevzipaşa Garı yakınında, dağ yamacından gelen kayaların tren raylarına yuvarlanması sonucu tren güzergahı kullanılamaz hale gelmiştir. Olayın meydana getirdiği hasar, Fotoğraf 3.43’te ayrıntılı bir şekilde gösterilmektedir (Dailysabah, 2023). Deprem, sadece demiryolu hatlarına değil, operasyonel faaliyetlerin gerçekleştiği istasyonlar ve tesislerde de önemli bir etkiye sebep olmuştur. Yapılan incelemeler sonucunda, etkilenen bölgede toplam 26 binanın yıkıldığı ve 165 binanın çeşitli derecelerde hasar gördüğü tespit edilmiştir. Hasar gören istasyon binasına ait görseller Fotoğraf 3.44’te gösterilmektedir (TCDD, 2023).



Fotoğraf 3.43 Demiryolu raylarına yuvarlanan kayalar



Fotoğraf 3.44 Hasar gören istasyon binası

Türkiye'de meydana gelen depremler, birçok yapıda önemli hasarlara neden olmuştur. Bu yapılar arasında tarihi ve kültürel değeri yüksek olan Dört Yol Tren İstasyonu da yer almaktadır. Anadolu Osmanlı Demiryolları tarafından 1912 yılında inşa edilen bu tarihi istasyon, yaşanan depremlerden önemli derecede etkilenmiştir. İstasyonun çatısında kaymalar, bacalarında kırılmalar ve depremin şiddetine bağlı olarak duvarlarında çatlaklar oluşmuştur. Ancak, bu hasara rağmen Dört Yol Tren İstasyonu, depremlere karşı dayanıklılığını korumuş ve ayakta kalmayı başarmıştır. Oluşan hasarların detayları Fotoğraf 3.45'te sunulmuştur (TRT, 2023). Demiryolu terminal ve istasyon binalarının yeniden inşası için yaklaşık 3.7 milyar TL civarında kaynağa ihtiyaç duyulduğu tahmin edilmektedir (SBB,2023). Bu finansman, yıkılan yapıların yeniden inşası ile hasarlı binaların bakım ve onarımı ile ilgili maliyetleri kapsamaktadır. İstasyonların işlevselliğinin ve güvenliğinin yeniden sağlanması, demiryolu operasyonlarını etkin bir şekilde desteklemesi ve yolcular ile personele gerekli hizmetlerin sunulması hedeflenmektedir.



Fotoğraf 3.45 Dört Yol Tren İstasyonunda gözlemlenen hasarlar

Hatlar ve istasyonda meydana gelen hasarlar ile birlikte raylı sistem araçlarını da depremden etkilemiştir. TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü bünyesinde bulunan 1 tren seti, 4 lokomotif ve 30 yük vagonu depremin neden olduğu devrilme ve kaya düşmeleri sonucu hasar görmüştür. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.46’da gösterilmektedir (JMO,2023). Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları acil durum ekipleri devrilen trenlerin kaldırılması için çalışmalar gerçekleştirmiş, halatlara bağlanan vagonlar vinçlerle kaldırılarak düzeltilmiştir. Devrilen demiryolu araçlarının onarım çalışmalarına ait görseller Fotoğraf 3.47’de gösterilmektedir (CNN Türk, 2023b). Raylı sistem araçlarının uğradığı hasarın yaklaşık 19,6 milyon TL olduğu tahmin edilmektedir (SBB,2023). Bu maliyetler, hasar gören tren seti, lokomotifler ve yük vagonları için yapılan onarım çalışmalarını, araçların işlevselliğini ve operasyonel kabiliyetini geri kazandırmak için gerekli bakım çalışmalarıyla ilgili harcamaları kapsamaktadır.



Fotoğraf 3.46 Deprem sarsıntısı nedeniyle devrilen vagonlar



Fotoğraf 3.47 Devrilen demiryolu araçlarının onarım çalışmaları

Deprem, yapımı devam eden Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Yüksek Standartlı Demiryolu Hattının yaklaşık 50 kilometrelik bir bölümünü olumsuz etkilemiştir. Deprem nedeniyle orta derecede hasar gören demiryolu hattının etkilenen bölümü için yaklaşık 260 milyon TL değerinde onarım çalışmasına ihtiyaç duyulduğu tahmin edilmektedir. Toprakkale - Narlı, Narlı - Malatya ve Narlı - Gaziantep demiryolu hattında deformasyon olduğu tespit edilmiş; bölgedeki hatlara elektrik enerjisini sağlayan 10 trafo merkezinden enerji sağlanamamıştır. Demiryolu bakım personelinin depremden etkilenmesi nedeniyle hatlarda oluşan hasarların kontrolünde aksaklıklar meydana gelmiş ve farklı bölgelerden gönderilen ekipler hatların kontrolü gerçekleştirilmiştir (TMMOB, 2023). Hasar tespitinin ardından, demiryolu hatlarının eski haline getirilmesi için onarım ve restorasyon çalışmaları başlatılmıştır. Etkilenen bölgelerdeki demiryolu hatlarında bakım ve onarım çalışmaları gerçekleştirilmiş ve bazı hatların kısıtlı işletme altında yeniden açılmasına izin verilmiştir. Fotoğraf 3.48'de demiryollarında meydana gelen hasarların onarım çalışmalarının yapıldığı görülmektedir (Hürriyet, 2023a).



Fotoğraf 3.48 Demiryolu hatlarında onarım çalışmaları

Hasarın boyutu ve gerekli onarımın kapsamı, depremin demiryolu hatları üzerindeki olumsuz etkilerinin tam olarak ortadan kaldırılması için önemli miktarda finansal kaynağa ihtiyaç duyulmuştur. Strateji ve Bütçe Başkanlığı verilerine göre, depremden etkilenen demiryolu hatlarının onarımı ve rehabilitasyonu için toplamda 17,4 milyar TL kaynağa ihtiyaç duyulduğu tahmin edilmektedir. Gerekli mali kaynakların tahsis edilmesi ve yeniden yapılandırma stratejilerinin etkili bir şekilde uygulanması suretiyle demiryolu sisteminin işlevselliğinin ve güvenliğinin yeniden sağlanması hedeflenmektedir. Detaylı hasar tespit ve maliyet tahminleri Tablo 3.3'te gösterilmektedir (SBB,2023).

Tablo 3.3 Demiryolu hatları hasar tespiti

Hasar Gören Demiryolu Kesimleri	Hasar Tespitleri	Planlanan Harcama
Fevzipaşa-Nurdağ-Narlı Hattı	Tünel ve köprülerde meydana gelen deformasyonlar, hatlara düşen kaya ve taş parçaları, üstyapıda meydana gelen bozukluklar, muhtelif kesimlerde elektromekanik sistemlerde hasarlar	3 milyar TL
Narlı-Gaziantep-Nizip Hattı		9,5 milyar TL
Narlı-Başpınar Demiryolu Hattı		663 milyon TL
Köprüağzı-Kahramanmaraş Demiryolu Hattı		187 milyon TL
İskenderun-Bahçe Demiryolu Hattı		1,8 milyar TL
Bahçe-Nurdağ Demiryolu Hattı		238 milyon TL
Malatya Çetinkaya Demiryolu Hattı		1,6 milyar TL
Başpınar Nizip Demiryolu Hattı		435 milyon TL
Yaklaşık Toplam Maliyet		17,4 milyar TL

3.2.1.3 Havayolu

Merkez üssü Kahramanmaraş olan 7.7 ve 7.6 büyüklüğünde art arda meydana gelen iki depremin ardından, bölgedeki bazı havalimanlarında önemli hasarlar meydana gelmiştir. Bazı havaalanları sivil uçuşlara kapatılırken, diğerleri insani yardım ve arama-kurtarma ekiplerinin bölgeye kolay ulaşımını sağlamak amacıyla faaliyetlerine devam etmiştir (AFAD, 2023d). Havaalanlarının kapalı kalma süresi, hasarın boyutuna, onarım ve değerlendirmeler için gereken süreye bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Havalimanlarında meydana gelen hasarların yaklaşık toplam maliyetinin 3,3 milyar TL olacağı tahmin edilmektedir (SBB,2023).

Kahramanmaraş Havalimanı'nda yapılan incelemelerde, yapısal hasar bulunmadığı ancak çeşitli yapısal olmayan hasarların meydana geldiği tespit edilmiştir (GTU,2023). Hava trafik kontrol kulesindeki cihaz ve ekipmanlarda hasar gözlemlenmiş, yerine mobil hava trafik kontrol kulesi devreye alınarak hava seyrüsefer hizmetlerinin kesintiye uğramaması sağlanmıştır (DHMI,2023). Asma tavanlar ve monte edilmemiş televizyon ekranları yerinden düşmüş, otomatik cam kapılarda çatlaklar oluşmuş, sprink borularında meydana gelen sızıntılar nedeniyle bodrum katı ve bagaj alanı sular altında kalmıştır (Çetin ve diğerleri, 2023). Elektrik altyapısında meydana gelen hasarlar nedeniyle, havalimanının elektriği yaklaşık 20 gün boyunca devre dışı kalmış, bu süre zarfında havalimanı yedek jeneratörlerle çalışmıştır (Çetin ve diğerleri, 2023). Kahramanmaraş Havalimanı'nda meydana gelen hasarların onarımı veya yeniden inşası için gereken maliyetin yaklaşık 354 milyon TL olacağı tahmin edilmektedir (SBB,2023). Fotoğraf 3.49 Kahramanmaraş havalimanında meydana gelen yapısal olmayan hasarlara ait fotoğrafları göstermektedir (GTU,2023; Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.49 Kahramanmaraş Havalimanı'nda yapısal olmayan hasarlar

Deprem sonucunda Gaziantep Havalimanı'nda önemli yapısal hasarlar tespit edilmemiş ve havalimanı operasyonlarına devam edebilmiştir. Havalimanının tavan kaplamalarında ve duvarlarında meydana gelen çatlaklar, yapısal olmayan küçük çaplı hasarları oluşturmuştur. Bazı tavan armatürleri yerinden çıkmış, bagaj taşıma sisteminde herhangi bir hasar rapor edilmemiştir. Fotoğraf 3.50 Gaziantep Havalimanı terminalinde gözlemlenen yapısal olmayan hasarlara ait görselleri sunmaktadır (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.50 Gaziantep Havalimanı terminalinde yapısal olmayan hasarlar

Amik Ovası'nın tabanında, eski Amik Gölü sınırları içerisinde yer alan Hatay Havalimanı, bölgenin jeomorfolojik ve zemin özelliklerinden kaynaklanan sel, taşkın ve deprem riski nedeniyle tehlikeli bir konumda yer almaktadır (Özşahin, 2010). Havalimanının inşası sırasında, yapının fay hattı üzerinde olması sebebiyle gündeme getirilen endişelere rağmen gerekli önlemlerin alınmaması, havalimanının sel ve zemin sıvılaşması gibi risklere karşı savunmasız bırakmıştır. 6 Şubat 2023'teki depremler sonrası Hatay Havalimanı'nın bağlantı yolları ve pisti ciddi hasar görmüş, yardım sevkiyatlarında aksamalar yaşanmıştır. Havalimanı bağlantı yolunda ve pistinde meydana gelen hasarlar Fotoğraf 3.51 ve Fotoğraf 3.52'de gösterilmektedir (Mertol ve diğerleri, 2023; Anadolu Ajansı, 2023c). Havalimanının zemininde, elektrik ve mekanik sistemlerin kesintiye uğramasına neden olan oturmalar meydana gelmiştir. Terminal binasında büyük hasarların meydana gelmediği ancak terminalin ön girişindeki cam kaplamalı çelik giriş kanopisinin çökerek ana giriş yolunu kapattığı tespit edilmiştir. Fotoğraf 3.53, giriş kanopisinin deprem öncesi ve sonrası durumunu göstermektedir (Hatay.com, 2022; Çetin ve diğerleri, 2023). Meydana gelen hasarların onarımı veya yeniden inşası için gereken maliyetin yaklaşık 2,5 milyar TL olacağı tahmin edilmektedir (SBB,2023).



Fotoğraf 3.51 Hatay Havalimanı bağlantı yolunda gözlemlenen hasarlar



Fotoğraf 3.52 Hatay Havalimanı pisti öncesi ve sonrası durum karşılaştırması



Fotoğraf 3.53 Hatay Havalimanı giriş kanopisin öncesi ve sonrası durum karşılaştırması

3.2.1.4 Denizyolu

Deprem, Türkiye'deki deniz taşımacılığı ve limanlar üzerinde önemli hasarlara yol açarak olumsuz etkiler yaratmıştır. Özellikle İskenderun Limanı ciddi şekilde etkilenmiş, konteynerlerin istiflendiği depolama alanında çıkan yangın, limanı hizmet veremez hale getirmiş, ihracat ve ithalatın durmasına neden olmuştur. Fotoğraf 3.54 İskenderun Limanında çıkan yangını göstermektedir (A Haber, 2023). PVC gibi kimyasal maddeler içeren malzemelerin neden olduğu yangının söndürülmesinin zor olduğu ve kontrol altına alınmasının üç gün sürdüğü belirtilmiştir. Kurtarma çalışmaları, yangına müdahaleyi engelleyen olumsuz hava koşulları nedeniyle daha da zorlaşmıştır. Yangının kontrol altına alınabilmesi için denizden, karadan ve havadan müdahaleler yapılmış, çok sayıda kamu kurum ve kuruluşu, belediye ve özel sektör yangına uçak, helikopter, itfaiye aracı, römorkör gibi çeşitli araçlarla müdahale ederek destek vermiştir. Fotoğraf 3.55, çıkan yangına havadan, karadan ve denizden müdahale çalışmalarını göstermektedir (Türkdeniz, 2023) . Ekipler ve ilgili resmi kurumlar tarafından alınan hızlı önlemler, liman operasyonları için gerekli kritik makine ve ekipmanların önemli ölçüde zarar görmesini engellemiş, yangının İskenderun Limanı'nı kullanılamaz hale getirecek herhangi bir yapısal hasara yol açmadığı gözlemlenmiştir. Çıkan yangına ek olarak, deprem nedeniyle liman zemininde çatlakların oluştuğu, konteynerlerin devrildiği ve birçok aracın zarar gördüğü tespit edilmiştir (Türkdeniz, 2023). Hasara ait görüntüler Fotoğraf 3.56'da gösterilmektedir (Haberet, 2023).



Fotoğraf 3.54 İskenderun Limanında çıkan yangın

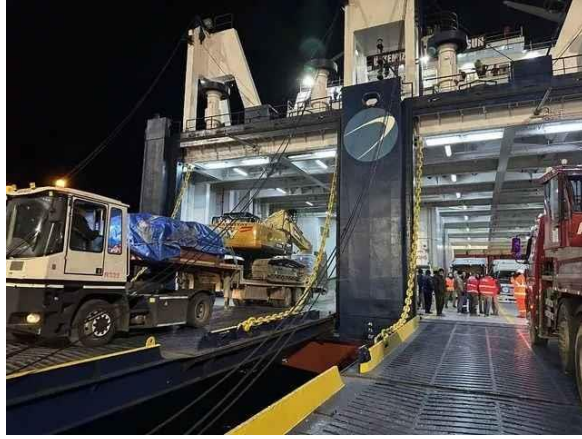


Fotoğraf 3.55 İskenderun Limanında çıkan yangınına müdahale çalışmaları



Fotoğraf 3.56 İskenderun Limanında gözlemlenen hasarlar

Deprem nedeniyle karayollarının hasar görmesi veya kapanması, deniz taşımacılığının önemli bir alternatif olarak devreye girmesine neden olmuştur. Bu durumda, liman işletmecileri ve diğer kuruluşlar depremzedelere gerekli yardım malzemelerini denizyoluyla ulaştırmak için çaba göstermişlerdir (Denizhaber, 2023). Gemiler sadece vatandaşların talep ettiği araç ve malzemeleri değil, aynı zamanda iş makinelerini ve vinçleri de deprem bölgelerine taşıyarak yardım sağlamışlardır (Olaymedya, 2023).



Fotoğraf 3.57 Yardım malzemeleri ve araçların deniz yoluyla taşınması

3.2.2 Su ve Atıksu Sistemleri

Depremden etkilenen bölgede Atatürk Barajı, Kartalkaya Barajı, Büyükkaraçay Barajı gibi büyük depolama kapasitesine sahip birçok baraj gölünün yanı sıra daha küçük baraj gölleri de bulunmaktadır. Bölgeye içme suyu temini bu barajlardan, kaynaklardan veya yeraltı su kuyularından sağlanmaktadır. Suyu yerleşim bölgelerine dağıtmak için nüfus büyüklüğüne göre farklı çaplarda isale hatları kullanılmakta ve bunların uzunlukları su kaynağına olan mesafeye göre değişmektedir. İletilen su, yerleşim bölgesinin coğrafi yapısına göre konumlandırılmış depolar ve pompa istasyonları ile su şebekesine verilmektedir. İçme suyu temininin kalitesini ve güvenliğini sağlamak amacıyla ihtiyaç duyulan yerlerde çeşitli kapasitelerde içme suyu arıtma tesisleri de bulunmaktadır. Bu arıtma tesisleri şebekeye dağıtılmadan önce suyu yabancı maddelerden arındırarak içme suyu standartlarını karşılayacak şekilde işlemektedir.

6 Şubat tarihinde meydana gelen deprem, etkilenen bölge genelinde su temini ve atık su arıtma sistemlerinde önemli hasara yol açmış, bu hasarlara acil müdahale ve kapsamlı onarım çalışmaları gerçekleştirilmesi gerekmiştir. Personel eksikliği, depremlerin ardından yaşanan en büyük zorluklardan biri olarak ortaya çıkmıştır. Su ve kanalizasyon tesislerinin yer altında olması, hasarı değerlendirecek personel eksikliği ile birleştiğinde hasar tespit çalışmaları daha da zorlaşmıştır. Ancak tüm zorluklara rağmen ilgili kurumlar, teknik imkânların elverdiği ölçüde hasar tespit çalışmalarını ve onarımları gerçekleştirmiştir.

Su temini ve atık su sistemlerinde meydana gelen hasarlar, birçok bölgede temiz içme suyuna erişimin olmamasına, kanalizasyon iletiminin ve arıtımının kesintiye uğramasına neden olarak halk sağlığı risklerine ve çevre kirliliğine yol açmıştır. Hastalık riskini azaltmak amacıyla etkilenen bölgelere mobil tuvaletler ve içme suyu tedarik edilmiştir. Su ve kanalizasyon altyapısının çeşitli bileşenleri üzerinde meydana gelen hasarlar, ciddi etkilere sebep olmuştur.

3.2.2.1 Su Tesisleri, İletim ve Dağıtım Sistemleri

3.2.2.1.1 Kahramanmaraş Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ)

KASKİ, Kahramanmaraş iline ve çevre ilçelere yaklaşık 1,17 milyon nüfusa su ve atık su hizmeti vermektedir (KASKİ, b.t.). Kahramanmaraş'ın su temin sistemi, şehrin su ihtiyacını karşılamak için çeşitli su kaynaklarından beslenen isale hatlarından oluşmaktadır. İlk olarak, 2010 yılında tamamlanan Ayvalı Barajı ve su arıtma tesisinde toplam 27,2 km uzunluğunda çelik borular kullanılmaktadır (İL BANK, 2022). İkinci hat grubu ise 2006 yılında tamamlanan ve hem çelik boruları hem de cam takviyeli plastik (CTP) boruları kapsayan Karasu iletim şebekesidir. Bu şebekenin toplam uzunluğu 59,1 km olup, 5,5 km'si CTP borulardan, geri kalan kısmı ise çelik borulardan oluşmaktadır (İL BANK, 2022). Büyük ölçekli kaynaklara ek olarak kuyu sahaları, Kahramanmaraş'a ek su kaynağı sağlamak ve şehrin su ihtiyacını karşılamaya yardımcı olmaktadır (İL BANK, 2022).

Bu iletim hatları toplu olarak Kahramanmaraş'ın su tedarik sisteminin omurgasını oluşturmakta ve suyun şehir genelinde güvenilir bir şekilde dağıtılmasını sağlamaktadır. İçme suyu sistemi için 2009 yılında yapılan en son boru envanterine göre, şebekenin toplam uzunluğu 801,8 kilometre olarak tespit edilmiştir. Şebeke çeşitli boru türlerinden oluşmaktadır; asbestli çimento, dökme demir, PVC ve HDPE borular kümülatif şebeke sisteminin sırasıyla %25,3, %12,8, %48,6 ve %13,3'ünü oluşturmaktadır (İL BANK, 2022). İçme suyu sisteminin inşasında kullanılan bu farklı boru malzemelerinin her biri kendi özel amaçlarına hizmet etmekte ve dayanıklılık, uzun ömürlülük ve maliyet etkinliği açısından farklı özellikler sergilemektedir.

KASKİ, 20 Mart 2023 tarihinde su altyapısında günde ortalama 120 onarım olmak üzere yaklaşık 5.000 onarım gerçekleştirdiğini bildirmiştir. Boru sistemlerinde

farklı seviyelerde hasarlar meydana gelmiş, hasarın büyük bir kısmı bağlantı yerlerinin gevşeyerek kopmasından kaynaklanmıştır. Boru sistemlerinin birçoğu iyi performans gösterirken, bazı eski HDPE borularda lokal şişmeler görülmüştür; bu durum depremin şoklarından kaynaklanan ani hasardan veya uzun süreli basınç düşüşünden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Rapor edilen bir diğer zorluk ise boruların konumunun tespit edilmesiyle ilgilidir. KASKİ, güncel boru hattı kurulumları için CBS haritalarını kullandığını ancak bölgedeki önemli fay hareketleri nedeniyle, gömülü altyapının doğru konumlandırılmasını sağlamak için CBS koordinat sisteminde düzenlemeler yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Su arıtma tesisleri orta derecede hasar görmüş olmakla birlikte deprem sonrasında su tedarikini sürdürmeyi başaramıştır. Kahramanmaraş'ın yüksek rakımlı bölgelerinde ikamet eden vatandaşlar, öncelikle su iletim hatlarındaki hasar ve elektrik kesintilerinin birleşik etkileri nedeniyle, olaydan sonraki üç gün boyunca su hizmetinden tamamen mahrum kalmıştır. Bunun nedeni yüksek rakımlı bölgelere su akışını sağlamak amacıyla kullanılan pompa istasyonlarının, elektrik kesintileri nedeniyle çalışmaz hale gelmiş olmasıdır. Su hizmetinin yeniden sağlanabilmesi için sadece hasarlı su altyapısının onarılması değil, aynı zamanda güç kaynağı sorunlarının da çözülmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

3.2.2.1.2 Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi (GASKİ)

GASKİ, Gaziantep iline ve çevre ilçelere su ve atık su hizmeti vermektedir. Gaziantep ilinin içme ve kullanma suyu ihtiyacı dört ayrı kaynaktan karşılanmaktadır. Bu kaynaklardan üçü Kahramanmaraş il sınırları içerisinde yer alan; Kartalkaya Barajı, Düzbağ Barajı ve Mizmilli kuyularıdır. Dördüncü su kaynağı ise Gaziantep şehir merkezine açılan münferit kuyulardan oluşmaktadır (Yuce ve diğerleri, 2016; Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, 2019). Bu kaynaklar, bölge sakinlerinin ihtiyaçlarını karşılamak için temiz ve güvenli içme suyunun güvenilir bir şekilde sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

6 Şubat tarihinde meydana gelen depremler sonucunda su alma yapılarının, enerji iletim hatlarının ve isale hatlarının hasar görmesi nedeniyle Gaziantep'teki su dağıtım sistemlerinde kesintiler meydana gelmiştir. GASKİ ekibi, zorlu arazi koşullarına rağmen, içme suyunun yeniden sağlanması ve depremin ardından meydana

gelen hasarların onarılması için büyük bir özveriyle çalışmalarını sürdürmüştür. Kartalkaya pompa istasyonunun onarımı 8 Şubat'ta tamamlanarak şehre kademeli olarak yeniden su verilmeye başlanırken, Mizmilli su kaynağı da aynı gün evsel kullanım için devreye alınmıştır. 21 Şubat tarihinde Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, kapsamlı denetimlerin ardından şebeke suyunun içme ve genel kullanım için güvenli ve uygun olduğunu teyit eden resmi bir açıklama yayınlamıştır (Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, 2023).

Su dağıtım şebekesi ağırlıklı olarak düktül borulardan oluşurken, öngerilmeli beton borular, polietilen ve cam elyaf borular da kullanılmaktadır. Öngerilmeli beton boru 10'dan fazla farklı noktada hasar görmüş, hasarlı bölümler çelik borular kullanılarak onarılmıştır. Hasar gören öngerilmeli beton borular ve onarım çalışmaları Fotoğraf 3.58'de gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Fotoğraf 3.59 Nurdağı civarında faylanma nedeniyle hasar gören düktül boru hattını göstermektedir (GTU,2023). Boruda herhangi bir hasar meydana gelmemiş; ancak bağlantı noktasında ayrılımlar meydana gelmiştir.



Fotoğraf 3.58 Hasarlı öngerilmeli beton boruların çelik borularla değiştirilmesi



Fotoğraf 3.59 Düktil boru isale hattı bağlantı noktasında ayrılma

Gaziantep'teki su arzının yaklaşık %70'i Düzbağ kaynağına dayanmakta olup, bu durum kaynağın kritik önemini vurgulamaktadır (VOA, 2021). Düzbağ iletim hattı, yedek pompa da dahil olmak üzere birden fazla pompa ile donatılmış bir sisteme sahiptir. Regülatörlerden pompa yardımı ile yükleme havuzuna aktarılan içme suyu, Ø1200 mm, Ø2400 mm ve Ø2600 mm olmak üzere farklı çaplardaki çelik borular ile dağıtım şebekesine aktarılmaktadır (GASKİ, b.t.). Sistemin işlevselliğini korumak için hat üzerinde çok sayıda hat vanası, tahliye vanası ve vantuz bulunmaktadır. Ancak, meydana gelen depremler sonucunda hat boyunca yer alan bazı bileşenler hasar görmüştür. Düzbağ İçme Suyu özelinde, deprem sonrası atılan ilk adım enerji nakil hatlarındaki arızaların giderilmesi olmuştur (Gaziantep Güneş, 2023). Ancak, depremin tetiklediği tektonik hareketler nedeniyle Düzbağ su kaynağının bulanıklık seviyesi artırılabilir aralığını aşarak 2000 NTU'ya kadar yükselmiş, bu nedenle Gaziantep'e bu kaynaktan su sağlanamamıştır (Gaziantep Söz, 2023).

Fotoğraf 3.60, Düzbağ içme suyu isale hattı ve tüneline göstermektedir (GTU,2023). Uzunluğu 3.5 km olan tünel içerisinde, çapı 2.6 metre olan çelik isale borusu geçmektedir (GASKİ,2020). Tünel, boruyu korumak ve servis kolaylığı sağlamak için tasarlanmıştır. Yapılan incelemelerde tünel duvar kaplamalarında dökülmelerin ve boru destek sistemlerinde yer değiştirmelerin meydana geldiğini, ancak borunun kendisinin hasar görmediği tespit edilmiştir (GTU,2023; Çetin ve diğerleri, 2023). GASKİ ve destek ekiplerinin çabalarıyla boru üzerinde onarım ve kontrol çalışmaları gerçekleştirilmiş, isale hattından şehre su akışı başarılı bir şekilde yeniden sağlanmıştır.



Fotoğraf 3.60 Düzbağ içme suyu isale hattı ve tüneli



Fotoğraf 3.61 Tünelde ve boru desteğinde gözlemlenen hasarlar

Fotoğraf 3.62 fay hareketi nedeniyle su iletim hattında meydana gelen hasarı göstermektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Gaz şirketinin gereksinimleri nedeniyle su hattı, gaz hattına neredeyse dik olacak şekilde 80 derecelik açı ile yerleştirilmiştir. Birleşim noktasından geçen fayın yaklaşık 4,5m kayması nedeniyle, su hattının bağlantı noktalarında bükülme hasarı meydana gelmiş ve hat işlevini yitirmiştir.



Fotoğraf 3.62 Fay hareketi nedeniyle su iletim borusunda gözlemlenen hasar

Mizmilli iletim hattı, 42 km uzunluğunda Ø1200 mm çelik borudan oluşmakta ve yaklaşık 60 m derinliğinde 30 kuyu ile yeraltı su kaynağından su sağlamaktadır (Yuce ve diğerleri, 2016). Düzenli su tedarikinin yapılabilmesi amacıyla kullanılan pompalama sistemi, suyu dört aşamada depoya iletmektedir. Ancak pompa istasyonu, meydana gelen depremler sırasında yapısal hasara uğramış, pompaların daha fazla zarar görmesini engellemek ve su tedarikini sürdürmek amacıyla kontrollü bir yıkım gerçekleştirilmiştir. Pompalara Fotoğraf 3.63'te gösterildiği gibi çelik barakalar yerleştirilerek geçici koruma sağlanmıştır (Çetin ve diğerleri, 2023).



Depremden önce



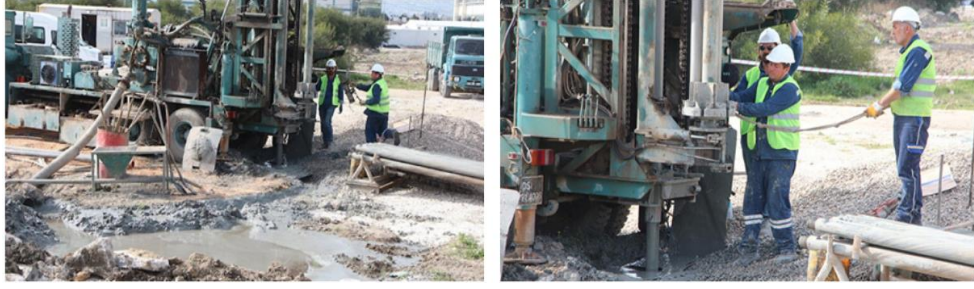
Depremden sonra

Fotoğraf 3.63 Mizmilli pompa istasyonu

3.2.2.1.3 Hatay Su ve Kanalizasyon İdaresi (HATSU)

HATSU, depremden ciddi şekilde etkilenen bölgenin güneybatısında yer almakta olan Hatay iline su ve atıksu hizmetleri sağlamaktadır. Depremin ardından, Antakya, İskenderun ve Kırıkhan başta olmak üzere HATSU'nun hizmet verdiği on beş ilçeden altısında önemli altyapı hasarları meydana gelmiştir. On beş ilçenin tamamındaki operasyonlar, olay sonrasında yaşanan nüfus hareketliliği nedeniyle büyük ölçüde etkilenmiştir. Bu etki, daha önce Suriye'den yaşanan göçler sonucu artan nüfus ve buna bağlı olarak artan içme suyu talebi ile daha da yoğunlaşmıştır.

6 Şubat depremini takip eden ilk 20 günlük süre boyunca bölgeye kamyonlar ve su depoları aracılığıyla içme suyu temin edilmiştir. Yapıların oturulamaz hale gelmesine neden olan bina hasarı ve su hatlarındaki hasarın bir araya gelmesiyle, çoğu yerleşim bölgesine su hizmeti verilmesi imkansız hale gelmiştir. Bu nedenle temel düzeyde su hizmeti sağlamak amacıyla, ana hatlara bağlanan kuyuların kullanım uygulaması hayata geçirilmiştir (DHA, 2023e). Etkilenen bölge genelinde su kuyuları açılmış ve ana hatlara bağlanmıştır. Bu uygulama, sağlam kalmış yapılarda yaşayan vatandaşların yanı sıra geçici çadır ve konteynerlerde ikamet eden vatandaşlara da su sağlamayı amaçlamıştır. Fotoğraf 3.64 Hatay'da içme ve kullanma suyu çıkarabilmek yapılan sondaj çalışmalarını göstermektedir (DHA, 2023e; Sözcü, 2023).



Fotoğraf 3.64 Hatay’da yapılan sondaj çalışmaları

19 Mart 2023 itibariyle, etkilenen bölgedeki su dağıtım sisteminin büyük bir kısmına tedarik yeniden sağlanmış ancak arıtma işleminin kalitesine ilişkin endişeler nedeniyle, tüm bölge için suyun kaynatılması uyarısı yapılmıştır (Erşan, 2023). Önemli sızılaşma sorunlarıyla karşı karşıya kalan İskenderun'un HATSU bünyesindeki sistemleri, su almakta zorluk çeken hasarlar nedeniyle tedarik edilen su hacmi, normalden 2-3 kat daha fazla olmuştur. Meydana gelen hasarlar nedeniyle İskenderun'daki yüksek binalarda, özellikle de talebin en yoğun olduğu dönemlerde, dairelere yeterli su basıncının sağlanmasında zorluklar yaşanmıştır. Ancak su dağıtım performansı, gece yarısı gibi talebin daha düşük olduğu zamanlarda bu yüksek katlardaki daireler için iyileşme sağlamıştır.

Hatay bölgesinde su temini üç ana iletim boru hattı üzerinden sağlanmaktadır. Depremi ardından, su arzının yeniden sağlanması için bu boru hatlarının onarımına öncelik verilmiştir. Hatay bölgesindeki ana iletim boru hatlarında yapılan onarım çalışmalarına bakıldığında; yaklaşık 19 km'lik dökme demir boru hattında 20 onarım, 2000'li yıllarda inşa edilen 19 km uzunluğunda düktil demir boru hattında iki onarım, en yeni inşaatı temsil eden 26 km uzunluğundaki düktil demir boru hattında dört onarım gerçekleştirilmiştir. Onarımlar, boru hatlarının bütünlüğünü ve performansını koruyarak suyun tüm bölgeye etkin bir şekilde dağıtılmasını sağlamıştır.

Hatay bölgesindeki dağıtım sistemi düktil demir, plastik, beton ve çelik gibi farklı boru çeşitlerinden oluşmaktadır. Özellikle İskenderun'da su dağıtım sisteminde, genellikle sınırlandırılmamış bağlantıların kopmasıyla ilgili ortaya çıkan hasarlar rapor edilmiştir. Dağıtım sistemindeki çok sayıda hasara yıkılan binalar ve kapanan yollar gibi faktörler nedeniyle ulaşılması oldukça zor olmuştur. Deprem sadece fiziksel altyapıya zarar vermekle kalmamış, aynı zamanda işgücüne de zarar vererek gerekli hizmetlerin sunulmasında zorluklara yol açmıştır. HATSU, olayın hemen ardından

karşılaştıkları en büyük zorluğun personelle ilgili olduğunu, ana depremi takip eden ilk günlerde operasyonları gerçekleştirebilecek personel bulmakta zorluklar yaşadığını bildirmiştir.

3.2.2.2 Su Kuleleri

Su kuleleri, suyu depolamak ve su dağıtım hatlarındaki basıncı sabit tutarak, su talebinin pompalanan sudan daha fazla olduğu zamanlarda su takviyesi sağlamak gibi iki amaca hizmet etmektedir. Hatay'da, özellikle Antakya ve İskenderun'da, benzer yapı özellikleri taşıyan çok sayıda betonarme su kulesi bulunmaktadır. Bu kuleler genellikle, yükseklikleri boyunca eşit aralıklarla dört ila beş kademeli yatay halka kirişlerle birbirine bağlanan eğimli, köşeli kolona sahiptir. Su kulelerinde meydana gelen hasarlar çoğunlukla kiriş-kolon birleşim yerlerinde gözlemlenmiş, kulenin boyutunun daraldığı yüksek noktalarda daha belirgin hale gelmiştir. Yapılan incelemelerde, kirişlerin sağlam olduğu bu nedenle hasarın büyük çoğunluğunun kolonlarda yoğunlaştığı ve bazı kulelerde kaymalar olduğu gözlemlenmiştir. Fotoğraf 3.65 Hatay'da deprem sonrası hasar görmüş su kulesi gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Kulede önemli miktarda kayma hareketinin gerçekleştiği, kiriş-kolon birleşim yerlerindeki beton kaplamasında dökülmelerin meydana geldiği ve boyuna donatıların etrafında enine donatıların bulunmadığı görülmektedir. Antakya'da bulunan su kulesinde daha az kayma tespit edilmiş, üst halka kiriş seviyelerindeki beton kolonlarda geniş çaplı dökülmeler meydana gelmiştir. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.66'da sunulmuştur (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.65 Hatay İçada'da hasar gören su kulesi

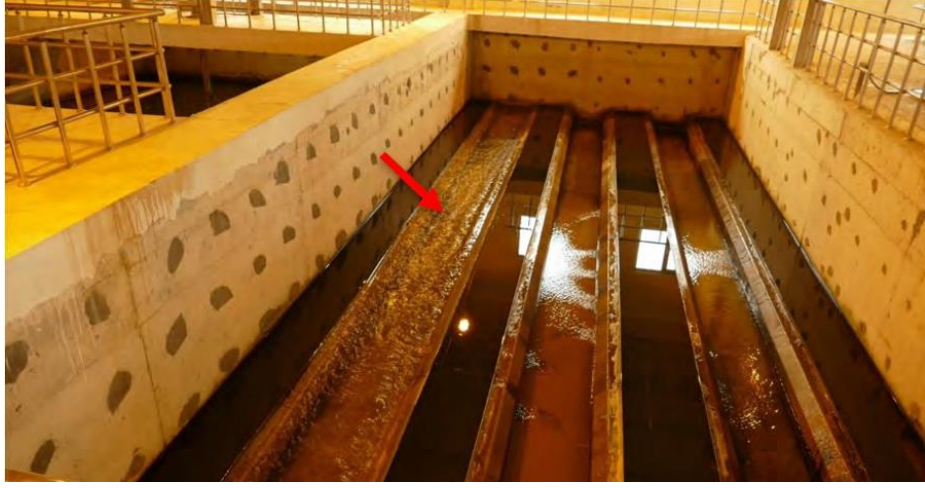


Fotoğraf 3.66 Hatay Antakya’da hasar gören su kulesi

3.2.2.3 Su Arıtma Tesisleri

Hatay, Karaçay'daki su arıtma tesisi hidroelektrik santralının altında ve hizmet verilen topluluğun yukarısında bir yamaçta yer almaktadır. Depremler sonrası yapılan incelemelerde, bazı tesis binalarında yapısal hasarların meydana geldiği ve bina çevresindeki zeminde yaklaşık 20 cm’e varan oturmalar olduğu gözlemlenmiştir. Hidrolik yapılarda işlevselliği önemli ölçüde etkileyen durumlar meydana gelmiş, bazı arıtma yapılarının sismik oturmalar karşılığında özellikle hassas olduğu görülmüştür. Yapısal hasara ek olarak, tesis içindeki bileşenlerde yapısal olmayan önemli hasarlarda meydana gelmiş, bazı boru tesisatlarında sızıntılar olduğu tespit edilmiştir.

Tesisteki çökeltme tankları, bir taban döşemesinin üzerinde savak görevi gören beton bordürlerden inşa edilmiş paralel akış kanallarından oluşmaktadır. Savak tabanlı sistemlerin, küçük çaplı oturmalar karşılığında bile oldukça hassas oldukları gözlemlenmiş, depremlerin ardından su akış şekillerinde değişiklikler yaşanmıştır. Farklı bölgelerdeki göreceli yükseklik artışlarının veya düşüşlerinin bir sonucu olarak, bazı savaklar tamamen durgunlaşırken bazıları hızla akan akıntılara dönüşmüştür. Su akışı davranışındaki bu değişiklik, tesisteki savakların çalışmasını ve işlevselliğini olumsuz yönde etkilemiştir. Fotoğraf 3.67’de kırmızı ok ile gösterilen yerde daha fazla oturma olduğu bu nedenle suyun bu kısımda toplanarak akışın daha hızlı hale geldiği; öte yandan diğer savaklardaki suyun durgun halde olduğu gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.67 İşlevini kaybeden çökeltme kanalı savakları

Depremden sonra duvar dolgu çökmeleri su arıtma tesisi ve diğer yaşam hattı tesisleri üzerinde önemli etkiler yaratmış, tesis çalışanları ve yakınındaki yerel halk için ikincil tehlikeler oluşturmuştur. Fotoğraf 3.68’de yaklaşık 8 metre yüksekliğindeki dolgu duvarın kısmen yıkıldığı gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Bu duvarın alt kısmında su arıtma sürecinde kullanılan büyük basınçlı klor gazı bidonları ve ilgili borular bulunmaktadır. Deprem sırasında dolgu duvarın kısmen çökmesi, zehirli gazın muhafazasını tehlikeye atmamış olsa da, potansiyel gaz salınımı riskine ilişkin endişelerin artmasına neden olmuştur. Bu endişelere ve yaşanan depreme önlem olarak su idaresi su arıtma işleminde sıvı klor kullanımına geçmiştir. Buna ek olarak, duvar dolgusunun çökmesi ve yapısal olmayan ekipmanların sabitlenmesindeki eksiklikler, diğer yaşam hattı yapılarındaki gözlemlere benzer şekilde yedek jeneratör bölümünü ve diğer ekipmanları etkilemiştir. Yapısal olmayan elemanların uygun şekilde sabitlenmesi, işlevselliğin sağlanması ve depremler sırasında ikincil tehlikelerin önlenmesi için büyük önem arz etmektedir.



Fotoğraf 3.68 Dolgu duvarda kısmi yıkılma hasarı

3.2.2.4 Atıksu Arıtma Tesisleri

Hatay'daki atıksu arıtma tesislerinde meydana gelen hasarlar öncelikle hidrolik yapılarda yapısal hasarlar, binalarda ve yeraltı boru tesisatında zemin oturmasından kaynaklı hasarlar, sabitlenmemiş ya da yetersiz sabitlenmiş yapısal olmayan bileşenlerde meydana gelen hasarlardan oluşmaktadır. Hidrolik yapılarda gözlemlenen yapısal hasarlar, genellikle hidrostatik yükler için tasarlanmamış duvarlarla ve özellikle de havalandırma tanklarındaki iç bölme duvarlardaki hasarlarla sınırlı kalmıştır. Havalandırma tankları, uzunluklarının çoğunu kaplayan genellikle dış duvarlarla doğrudan bağlantısı olmayan bir veya daha fazla iç duvara sahiptir. Havalandırma tanklarındaki iç duvarlar, genellikle yükseltilmiş havalandırma sistemi boruları için destek sağlarken, üst kısımlarında personelin tanklardaki ekipman ve bileşenlere ulaşmasına olanak tanıyan döşemeler bulunmaktadır. Tankların dış duvarlarına yapılan yükseltilmiş beton köprüler, genellikle tankların uç kısımlarına yakın bulunan bölme duvarlarla bağlantılıdır. Fotoğraf 3.69'da kırmızı oklarla işaretlenmiş bölümdeki iç bölme duvarının, deprem sonrası yapılan incelemeler sırasında yıkıldığı ve su altında kaldığı tespit edilmiştir (Çetin ve diğerleri, 2023). Bu durum onarım tamamlanana kadar tesisin çalışmasını engellemiştir. Fotoğraf 3.70 bir başka atıksu arıtma tesisinde bulunan tankın iç duvar hasarını göstermektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Tankın iç duvarının kısmi olarak çökmesi sonucu üzerinde bulunan borular ve bağlantılı olduğu köprünün zarar gördüğü tespit edilmiştir.



Fotoğraf 3.69 Havalandırma tankının iç bölme duvar hasarı



Fotoğraf 3.70 Kısmen çökmüş iç bölme duvar hasarı

Geoteknik faktörler, bazı tesislerde gözlemlenen hasarlara katkıda bulunmuştur; deprem sonucu oluşan zemin oturmaları yeraltı boru hatlarına ve tanklara zarar vermiştir. Narlıca Atıksu Arıtma Tesisi inşaatı sırasında, zeminin stabilitesini artırmak için jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Tanklara ve diğer yapılara yakın bölgelerde sismik zemin oturmaları yaklaşık 4 ila 15 cm arasında değişiklik gösterirken, yapıların çevresindeki serbest alan bölgelerinde sıvılaşma püskürmeleri gözlemlenmiştir. Zemin iyileştirmesi yapılmayan diğer tesislerde sismik zemin oturmalarının yaklaşık 25 cm'ye kadar ulaştığı ve döşemelerin altında 10 cm'ye kadar boşluklar oluştuğu görülmüştür. Bu oturmalar, tesislerin yeraltı boru sistemlerinde hasar ve sızıntılara neden olmuş, pompaları barındıran bodrum alanlarında su baskınları meydana gelmiştir.



Fotoğraf 3.71 Narlıca atıksu arıtma tesisi çevresinde sıvılaşma püskürmesi



Fotoğraf 3.72 Tesiste gözlemlenen zemin oturma hasarı

Bazı tesislerde, yapısal olmayan bileşenlerde meydana gelen hasarlar tesislerin çalışmasını engellemiş veya durmasına neden olmuştur. Deprem sırasında, uygun desteğe sahip olmayan borular artan kırılabilirlikleri nedeniyle yüksek hasar riski taşımaktadır. Boru tesisatının yetersiz sabitleilmesi veya desteklenmemesi, birçok tesiste boruların yerlerinden çıkmasına veya hasar görmesine sebebiyet vermiştir. Fotoğraf 3.73 Narlıca arıtma tesisinde gözlemlenen boru hasarlarını göstermektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Sol görselde kırmızı oklarla gösterilen büyük çaplı dikey boruların yerinden çıktığı ve askı desteklerinin kırılmış olduğu görülmektedir. Sağ görselde kırmızı oklarla gösterilen, destekleri olmayan uzun plastik borularda dikey çatlakların meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu hasarlar, borular için uygun desteğe ve yeterli sabitlemelere sahip olmanın kritik öneminin açık bir göstergesidir. Boruların bütünlüğünü ve işlevselliğini korumak, hasarı önlemek ve akışkan sistemlerinin sorunsuz çalışmasını sağlamak için uygun destek ve sabitlemelerin uygulanması şarttır.



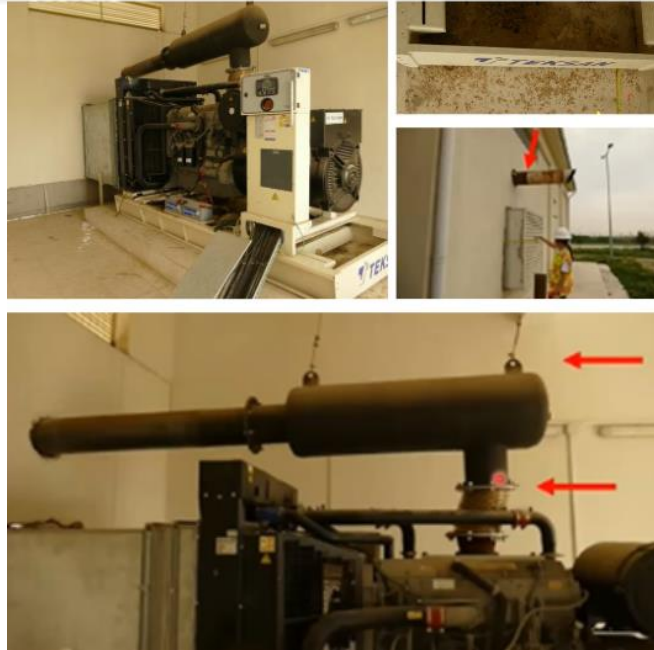
(a)



(b)

Fotoğraf 3.73 Narlıca arıtma tesisinde gözlemlenen boru hasarları

Etkilenen bölgelerde yaşanan elektrik kesintileri nedeniyle, depremden sonra atıksu arıtma tesisleri genellikle jeneratörlere veya diğer geçici güç kaynaklarına bağımlı hale gelmiştir. Elektrik bileşenleri, kontrol panelleri, pompalar ve cihazlar gibi elemanların genellikle tabanlarına veya bitişik duvarlarına sabitlenmedikleri gözlemlenmiş, bazı bileşenler devrildikten sonra sınırlı hasarla kurtulurken, bazıları deprem sonrasında çalışamaz hale gelmiştir. Örneğin Serinyol arıtma tesisinde bulunan jeneratör, döşemesine sabitlenmediği için kuzeye doğru yaklaşık 30 cm kaymıştır. Jeneratörün elektrik bağlantısı ve binaya olan egzoz bağlantısı esnek olduğu için doğu batı doğrultusundaki görece yüksek yer değiştirmeyi tolere edebilmiş fakat kuzey güney doğrultusundaki küçük miktar yer değiştirme, soğutma sisteminde hasara yol açmıştır. Hasar sonucu yağ sızıntıları meydana gelerek jeneratör kullanılamaz hale gelmiştir. Narlıca Arıtma tesisinde, depremin neden olduğu sarsıntı, arıtma tankı içerisindeki filtre membranlarını bağlantı yerlerinden çıkartarak tank içerisinde yüzmelerine neden olmuştur. Uzun süre havaya maruz kalan membranlar onarılamaz şekilde hasar görmüştür. Hasara ait görsel Fotoğraf 3.75’te gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Buna ek olarak, diğer tanklardaki membranların da uzun süre havaya maruz kaldıkları ve hasar gördükleri rapor edilmiştir.



Fotoğraf 3.74 Arıtma tesisinde bulunan jeneratörün yer değiştirmesi



Fotoğraf 3.75 Bağlantı yerlerinden çıkan membranların su üstünde yüzmesi

3.2.3 Enerji Altyapısı

Enerji santralleri, elektrik enerji sisteminin temel ünitesidir. Depremde ciddi hasar görürse, yalnızca doğrudan ekonomik kayba neden olmakla kalmayacak, aynı zamanda elektrik üretim işlevinin kaybı ve güç kaynağının kesilmesi nedeniyle bir dizi zincirleme tehlikeye neden olarak deprem sonrası acil kurtarmayı, insanların yaşamını ve afet sonrası yeniden yapılanmayı ciddi şekilde etkileyecektir. Elektrik enerjisi, termik enerji, hidroelektrik enerji, nükleer enerji, rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi gibi birçok türü içermektedir (Deyuan ve diğerleri, 2022). Türkiye'de depremden etkilenen 11 ilin elektrik enerjisi kurulu gücü 2022 yılı sonu itibariyle 24.476 MW olup, bu rakam ülkedeki toplam kurulu gücün %23,6'sını temsil etmektedir (SBB,2023). Bu iller arasında hidroelektrik santraller (HES) kurulu gücün %50'sini oluştururken, ithal ve yerli kömür santralleri sırasıyla %16 ve %14 oranında kurulu güce katkıda bulunmaktadır. Güneş ve rüzgâr enerji santralleri kapasitenin %13'ünü oluştururken, bunu %6 ile doğal gaz santralleri, kalan %1'lik kısım ise diğer santraller takip etmektedir (SBB,2023).

Elektrik enerjisi, iletişim, su temini ve atık su arıtma gibi diğer yaşam hatlarının işlevselliğini sürdürebilmesi için elzem olmakla birlikte, toplumun ekonomik canlılığında da önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, deprem gibi afetlerden sonra elektrik şebekesinin istikrarı ve sürekli işlevselliği gereklidir (Omidvar ve diğerleri, 2017). Elektrik sistemlerinin güvenilirliği, özellikle de dayanıklılığın artırılması veya

önemli depremlerden kaynaklanan hasarın sınırlandırılması, elektrik şirketlerinin giderek daha fazla ciddiye aldıkları bir konudur (Takhirov, 2014). 2021 yılı sonu itibarıyla 11 ilde bulunan toplam elektrik iletim hattı uzunluğu 10.646 km, elektrik dağıtım hattı uzunluğu 199.857 km ve toplam trafo kapasitesi ise 34.793 MVA seviyesindedir (SBB,2023). Ayrıca bölgede 2.224 km doğal gaz iletim hattı, 20.694 km dağıtım hattı ve 1.785 km ham petrol boru hattı bulunmaktadır.

3.2.3.1 Termik ve nükleer enerji santralleri

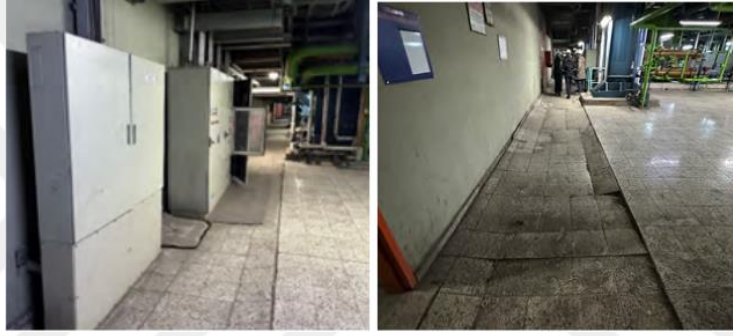
Hunutlu Termik Santrali, Adana'nın kıyısında yer alan, bölgenin elektrik ihtiyacının karşılanmasında ve genel enerji altyapısının desteklenmesinde önemli rol oynayan bir termik santraldir. Bu santral, her biri 660 MWe kapasiteli iki ithal kömür yakıtlı üniteden oluşmakta olup, toplam kapasitesi 1.320 MWe 'tır (Emba Energy, b.t.). Depremi merkez üssünden yaklaşık 110 km uzaklıkta bulunan santralde, deprem sırasında güçlü sarsıntılar meydana gelmiştir. Santral yetkilisinin verdiği bir röportajda depremin ardından, hidrojen soğutma gazı sızıntısı tespit edildiğini ancak, operasyonları askıya almadan sızan gazı izole etmek için hemen harekete geçtiklerini ve kesintisiz enerji üretimini sağlamış oldukları ifade edilmiştir.

Afşin-Elbistan A ve B Santralleri, linyit kömürü rezervlerini kullanarak Türkiye'nin artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla inşa edilmiştir (Emba Energy, b.t.). 1.355 MWe kurulu güce sahip Afşin Elbistan A Termik Santrali 1980'lerin sonunda, her biri 360 MWe kurulu güce sahip dört üniteden oluşan Afşin-Elbistan B Termik Santrali 2000'lerin başında faaliyete geçmiştir (Emba Energy, b.t.). Deprem sonrasında, aynı konfigürasyona sahip olan ancak 20 yıl arayla inşa edilen Elbistan A ve B Santrallerindeki sekiz ünitenin tamamının devre dışı olduğu tespit edilmiştir. B Santrali, ana şoktan sonra devre dışı bırakılan ve dondurucu soğuklara maruz kalan kazan sistemindeki su sızıntılarıyla ilgili sorunlar yaşarken, diğer santral daha az hasar almış gibi görünse de kalifiye işçi sıkıntısı nedeniyle inceleme ve test çalışmalarında aksamaların yaşandığını bildirilmiştir. Her iki tesisin de yeniden faaliyete geçmesinin birkaç ay sürmesi beklenmektedir. Tespit edilen hasarlar arasında beton soğutma kulesinin taban kolonlarında küçük dikey çatlaklar, kırık izolatörler, trafo arızaları, sarsıntı nedeniyle kazan binasındaki boruların çelik çerçevelere çarpışması hareketleri ve zemin oturması gözlemlenmiştir. Fotoğraf 3.76, Afşin-Elbistan B Kömür Santrali'nin trafosunda meydana gelen yağ sızıntısının neden olduğu hasarı

gösterirken; Fotoğraf 3.77, aynı santral binasının zemininde meydana gelen dikey oturmayı göstermektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.76 Afşin-Elbistan B Kömür Santrali trafosunda yağ sızıntısı hasarı



Fotoğraf 3.77 Afşin-Elbistan B kömür santral binası zemininde dikey oturma

Her biri 600 MWe kapasiteli iki üniteden oluşan İskenderun Termik Santralinin, bir ünitesi Ağustos 2014'te, diğer ünitesi ise Aralık 2014'te faaliyete geçirilmiştir (Atlas Enerji, b.t.). İskenderun Termik Santrali, 1.200 MWe kurulu gücüyle yaklaşık 2,5 milyon kişinin günlük enerji ihtiyacını verimli bir şekilde karşılamaktadır (Atlas Enerji, b.t.). Depremi ardından İskenderun santralinde yapılan kapsamlı incelemenin ardından, santralindeki ünitelerden birinin (Ünite 2) deprem sırasında devre dışı olduğu ve devrede olan diğer üniteye (Ünite 1) kıyasla daha az hasar gördüğü gözlemlenmiştir (Çetin ve diğerleri, 2023). Yüksek gerilim bileşenleri ile harici devre arasında konektör görevi gören buşingler, transformatörün düzgün çalışmasını ve güvenliğini sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Bu buşinglerin hasar görmesi yalıtım bütünlüğünü tehlikeye atarak potansiyel elektrik arızalarına veya işlev bozukluklarına yol açabilmektedir. Yapılan incelemeler sırasında, büyük yükseltici transformatör üzerindeki kırık buşinglerin transformatörün hem yalıtımına hem de destek sistemine zarar verdiği tespit edilmiştir. Trafoların genellikle zemine

veya üzerine yerleştirildikleri raylara iyi sabitlenmedikleri, bu nedenle sarsıntı sırasında yerlerinden çıkarak hasar gördükleri gözlemlenmiştir. Bahçede bulunan başka bir büyük transformatörün orijinal konumundan yaklaşık 10 cm hareket ettiği, ancak hasar görmediği tespit edilmiştir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.78 İskenderun santrali; Buşingi kırılan trafo ve yanal hareket eden trafo

CTP deniz suyu sirkülasyon boruları, tasarım toleranslarını aşan bağlantı yer değiştirmeleri sergilemiş ve bu da küçük su sızıntılarına neden olmuştur. 80 metre yüksekliğindeki kazan binasında, ana buhar borusunun sallanarak bitişikteki çelik çerçeve elemanlarına çarptığına ve bazı askıların ve amortisörlerin bükülmesine neden olduğuna dair işaretler gözlemlenmiştir. Türbin binası temeli çevresinde yaklaşık 2-4 cm'lik bir oturma gözlenmiş, bazı vana aktüatörleri çalışamaz duruma gelmiş ve yenilenmeleri gerekmiştir. Enerji santralindeki bir asansör ikinci şok sırasında rayından çıkmış, hızlı bir şekilde onarılacak şekilde çalışır hale getirilmiştir (Çetin ve diğerleri, 2023). Hasarlar nispeten küçük olarak sınıflandırılrsa da, daha fazla bozulmayı veya potansiyel güvenlik risklerini önlemek için bu sorunların gecikmeden ele alınması çok önemlidir. Onarımların yapılması, hasarlı bileşenlerin değiştirilmesi ve sistemlerin düzgün çalışmasının sağlanması, enerji santrali operasyonlarının performansını ve güvenliğini korumak için gerekli unsurlardır.

Akkuyu Nükleer Güç Santrali, Mersin'in Gülnar ilçesinde inşaatı devam eden, dört reaktörlü 4.800 megavat kurulu güce sahip olması öngörülen, Türkiye'nin ilk nükleer güç santralidir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022; Akkuyu Nükleer, b.t.). Bölgede meydana gelen depremlerden herhangi bir şekilde etkilenmediği tespit edilmiştir (NTV, 2023b). Yetkililer, santralin bina, ekipman ve vinçlerinde herhangi bir hasar tespit edilmediğini, inşaat ve montaj çalışmalarının kesintisiz devam ettiğini doğrulamıştır.



Fotoğraf 3.79 Mersin ilindeki inşaatı devam eden Akkuyu Nükleer Güç Santrali

3.2.3.2 Hidroelektrik enerji santralleri

Türkiye'nin afetten etkilenen bölgeleri, toplam 12.339 MWe ile ülkenin hidroelektrik kurulu gücünün %39'unu temsil eden 142 hidroelektrik santrale ev sahipliği yapmakta ve yılda yaklaşık 26 milyar kWh elektrik üreterek Türkiye'nin hidroelektrik üretiminin yaklaşık %40'ını karşılamaktadır (SBB,2023). Afetten etkilenen bölgelerdeki hidroelektrik santrallerinin genel performanslarının oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Tüm üniteler şebekeden güç sağlandıktan sonra yeniden çalışmaya başlamış, faaliyete geçme süreleri ise bölgeye bağlı olarak 3 ila 6 gün arasında değişiklik göstermiştir. Bölgelerde barajın dengesizliğine işaret eden önemli bir çatlak veya deformasyon gözlenmemiş, meydana gelen tahribatın baraj tepesinde küçük yanal yayılmalar, bitişik yamaçlardan araziye ve karayollarına düşen kayalar ile sınırlı kaldığı tespit edilmiştir.

Kahramanmaraş'ta Ceyhan Nehri üzerinde 1996-2001 yılları arasında inşa edilen Kılavuzlu Barajı 54 MWe kurulu güce sahiptir. Gövde tipi toprak dolgu olan baraj, sulama ve enerji üretimi olmak üzere iki amaca hizmet etmektedir (Yücel ve diğerleri, 2013). Deprem sonrası yapılan incelemelerde, barajın tepesindeki karayolu boyunca bazı küçük yanal yayılmalar gözlemlenmiştir. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.80'de gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.80 Kılavuzlu barajı kretinin yanal yayılması

Kahramanmaraş'ta Ceyhan Nehri üzerinde 1980-1989 yılları arasında inşa edilen Menzelet Barajı 124 MWe kurulu güce sahiptir. Gövde tipi kaya dolgu olan baraj, sulama ve enerji üretimi olmak üzere iki amaca hizmet etmektedir. Menzelet barajının kil çekirdeği hasar görmemiş, baraja giden yollar, depremin ardından bitişik yamaçlardan gelen kaya düşmesi nedeniyle kapanmış ve yolların ekipman kullanılarak temizlenmesini gerektirmiştir. Baraja bağlı bazı istinat duvarları da kaya düşmesi nedeniyle hasar görmüştür. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.81'de gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.81 Menzelet barajında kaya düşmesi hasarı

Osmaniye'nin Düziçi ilçesinde Ceyhan Nehri üzerinde 1995-1999 yılları arasında inşa edilen Berke Barajı, enerji üretmek amacıyla tasarlanmış hidroelektrik santralidir. Beton kemer gövde dolgu tipi olan baraj 510 MWe kurulu güce sahiptir (EUAS, b.t.). Deprem sonrası yapılan kontrollerde, Berke Barajı'nın beton kemer kısmında her 200 metrede yaklaşık 1 santimetrelilik küçük dikey eğilmeler gözlemlenmiştir. Mevcut bilgilere göre, depremden etkilenen bölgelerdeki hidroelektrik santrallerinde gözlemlenen hasarların çoğunun nispeten küçük nitelikte olduğunu, önemli yapısal dengesizliklere veya operasyonel aksaklıklara yol açmadığını, sismik olay karşısında olumlu performans sergiledikleri görülmektedir.

3.2.3.3 Elektrik Trafo merkezleri

Depremden etkilenen 11 ilde bulunan toplam trafo merkezi kurulu gücü 23.399 MVA olup Türkiye'deki toplam trafo kapasitesinin %10,8'ini oluşturmaktadır (SBB,2023). Trafo merkezleri elektrik iletimi ve dağıtımı için kritik öneme sahip olup, enerjinin üretim istasyonlarından tüketicilere aktarılmasındaki kilit merkezler olarak görev yapmaktadır (Takhirov, S., 2014). Deprem nedeniyle, toplam 4.088 MVA güce sahip trafo merkezi ve ekipmanında hasar meydana geldiği tespit edilmiştir (SBB,2023). Türkiye'de trafo merkezi binaları genellikle, çift yükseklikli beton çerçevelerle inşa edilen, duvar dolgusu ve kolonların orta yüksekliğine yerleştirilmiş beton kirişlerle oluşturulmuş yapılardır. Deprem sırasında trafo merkezi binalarında gözlemlenen hasarlar arasında; duvar dolgularının yıkılarak ekipmanların üzerine düşmesi, sarsıntının şiddetine karşı yeterince sabitlenmemiş ekipmanların devrilmesi, trafo binasını çevreleyen yamaçlardan kayaların yuvarlanması ve yakındaki yapıların trafo merkezi binalarının üzerine yıkılmaları yer almaktadır.



Fotoğraf 3.82 Trafo merkezi binalarında gözlemlenen hasarlar

Deprem sırasında meydana gelen kuvvetler önemli ölçüde harekete ve gerilime neden olarak trafo merkezi binalarının yapısal bütünlüğünü tehlikeye sokabilmektedir. Bu deformasyon genellikle yetersiz donatı veya hatalı detaylandırmanın olduğu bölgelerde gözlemlenmekte ve donatıları şekil değiştirmeye daha yatkın hale getirmektedir. Sismik olaylar sırasında trafo merkezi binalarının stabilitesini ve güvenliğini sağlamak için sismik kuvvetleri hesaba katan uygun tasarım ve inşaat uygulamalarının sağlanması önemlidir. Fotoğraf 3.83'te trafo merkez binasının

depremden önce ve sonra çekilmiş fotoğrafları gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Deprem sırasında oluşan yoğun kuvvetler ve sarsıntı nedeniyle trafo merkezi binasının duvarları yıkılmış, donatı demirleri dışarıya taşmış ve bükülmüş olduğu görülmektedir. Meydana gelen hasarın yakından çekilmiş fotoğrafı incelediğinde, donatı demirlerinde herhangi bir sınırlayıcının olmadığı görülmektedir.



Deprem Öncesi

Deprem Sonrası

Fotoğraf 3.83 Trafo merkezi binasının depremden önceki ve sonraki durumu

Fotoğraf 3.84'teki görselin sol tarafında 1970'lerde inşa edilmiş eski trafo merkezi binası, orta kısımda tahmini olarak bir ya da iki yıl önce inşa edilmiş yeni trafo merkez binası ve sağ tarafta deprem sonrasında geçici olarak yerleştirilmiş mobil trafo merkezi görülmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Eski trafo merkezi binasının çatısında bulunan kiremitlerde bir miktar deformasyon gözlemlense de, binanın nispeten hasarsız olduğu, içerisinde bulunan ekipmanlarda herhangi bir hasar gözlemlenmediği tespit edilmiştir. Ancak yeni inşa edilmiş trafo merkezi binasına bakıldığında, dolgu duvarların yıkılmış olduğu, yıkılan duvarların, içeride bulunan ekipmanların üzerine düşerek hasarın boyutunu daha da arttırdığı görülmektedir. Fotoğraf 3.85 hasar gören trafo merkezi binasının yakından çekilmiş görsellerini göstermektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Dikey takviye çubuklarına önemli yanal destek sağlayan etriyelerin yetersiz mevcudiyeti veya yokluğu, binanın yapısal bütünlüğünü ve dayanıklılığını önemli ölçüde etkilemektedir. Fotoğraflara bakıldığında, kesme kuvvetine karşı kolonun dayanımını arttıracak etriyelerin bulunmadığı görülmektedir.



Fotoğraf 3.84 Eski ve yeni inşa edilmiş trafo merkezi binalarının hasar durumları



Fotoğraf 3.85 Hasar gören trafo merkezi binasının yakından görünümü

Trafo merkezinin yapısal tasarımında, depremler sırasında dolgu duvarların potansiyel etkisi dikkate alınmalıdır. Trafo merkezi binalarının duvarları deprem sırasında yıkıldığında, içerideki ekipmana ciddi zararlar verebilmekte ve bu durum güç kaynağında kesintilere, ekipmanın arızalanmasına, kapsamlı onarım veya değiştirme maliyetlerine neden olabilmektedir. Gerçekleşen depremin ardından, trafo merkez binalarının duvarlarının yıkıldığı ve içinde bulunan ekipmanların hasar gördüğü çeşitli durumlar gözlemlenmiştir. Hasarlara ait görseller Fotoğraf 3.86 ve Fotoğraf 3.87’de gösterilmektedir.



Fotoğraf 3.86 Trafo merkez binasında deprem sonrası gözlemlenen hasarlar



Fotoğraf 3.87 Trafo merkez binasında deprem sonrası gözlemlenen hasarlar

Bölgedeki trafo binalarının, yakınlarındaki yamaçlardan ya da tepelerden kopmuş olması muhtemel kayaların, binalara çarpması nedeniyle hasara uğradıkları gözlemlenmiştir. Fotoğraf 3.88’de düşen kayaların trafo merkezi binasına vermiş olduğu hasar gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Düşen kayalar bina içerisinde bulunan ekipmanların karşı köşesine çarptığından, ekipman hasara uğramamış ve iyi durumda kalmıştır. Kırmızı ok ile işaretlenmiş kısım bina içersinde bulunan ekipmanın bulunduğu yeri göstermektedir.



Fotoğraf 3.88 Düşen kayaların trafo merkezi binasına vermiş olduğu hasar

Hasar görmeyen trafo binaları incelendiğinde, trafoların deprem bağlantılarının öncelikle yatay hareketi önleyecek şekilde tasarlandıkları görülmektedir. Ancak, depremler sırasında trafoların devrilmelerine yol açan, dikey hareketlere maruz kaldıkları gözlemlenmiştir. Sismik olaylar sırasında trafoların devrilmesini önlemek için her yönde uygun bağlantı ve stabilizeenin sağlanması çok önemlidir. Bu durum, trafoların deprem bağlantıları tasarlanırken sadece yatay değil dikey hareketlerin de dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır. Trafoların yetersiz şekilde sabitlenmesi veya doğru zemine oturtulmaması, deprem sırasında meydana gelen sarsıntılarda, trafoların devrilerek hasar görmesine neden olabilmektedir. Antakya'da trafonun yetersiz sabitlenmesinden dolayı bağlantı yerlerinden kayarak düşmesi, elektrik kesintilerine ve potansiyel tehlikelere yol açmıştır. Hasarlara ait görseller Fotoğraf 3.89 ve Fotoğraf 3.90'da gösterilmektedir (Temiz, 2023; Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.89 Yetersiz sabitleme nedeniyle devrilen trafo



Fotoğraf 3.90 Yetersiz sabitleme nedeniyle devrilen trafo

Trafo merkezi çevresindeki binaların yıkılması, trafo merkezlerinin işlevselliği ve güvenliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Trafo merkezinin çevresinde bulunan binalar deprem veya başka bir afet olayı sırasında yıkıldığında, enkazın trafo merkezi yapılarının üzerine düşme, ekipmana zarar verme ve potansiyel olarak elektrik arızalarına veya yangınlara neden olma riski bulunmaktadır. Trafo merkezi yapıları normal operasyonel yüklere ve çevresel koşullara dayanacak şekilde tasarlanmıştır, ancak çöken binalardan kaynaklanan ani ve beklenmedik yükler tasarım kapasitesini aşarak yapısal hasarlara yol açabilmektedir. Hasarın şiddeti, çöken binaların trafo merkezine yakınlığı, depremin büyüklüğü ve trafo merkezinin sağlamlığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Art arda meydana gelen depremler sonrasında, çevresindeki binaların yıkılmış olmasından etkilenen çok sayıda trafo merkezi binası gözlemlenmiştir. Fotoğraf 3.91, Antakya’da bulunan trafo merkezi binasının depremden önceki ve sonraki durumlarını göstermektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Deprem sırasında trafo merkezinin üzerine, yakınında bulunan bir caminin minaresi yıkılmış, trafo merkezi işlev göremez hale gelmiştir. Bu olay sonrasında, etkilenen bölgeye elektrik tedarikinin sağlanması amacıyla mobil trafo merkezleri kurulmuştur.



Deprem Öncesi



Deprem Sonrası

Fotoğraf 3.91 Trafo merkezi binasının depremden önceki ve sonraki durumları

Deprem sonrası trafo merkezi binalarındaki hasarlar incelendiğinde, uygulanması gereken bazı önlemler olduğu görülmektedir. Önemli sorunlardan biri, duvar dolgularının trafo merkezi içinde bulunan ekipmanların üzerine düşmesidir. Bu riski azaltmak için dolgu duvarların uygun malzeme ve teknikler kullanılarak güçlendirilmesi önerilmektedir. Duvarların güçlendirilmesiyle sismik kuvvetlere karşı dirençleri artırılabilir, böylece çökme olasılığı ve ardından ekipmanın zarar görmesi azaltılabilir. Buna ek olarak, ekipmanın etrafına koruyucu bariyerler yerleştirilmesi, düşen molozlara karşı ek koruma sağlayacağı düşünülmektedir.

Sabitlenmemiş trafo ve ekipman sorunlarını ortadan kaldırmak için, kullanılan mevcut bağlantı yöntemlerinin değerlendirilerek eksikliklerin veya iyileştirilmesi gereken alanların tespit edilmesi gerekmektedir. Özellikle hem yatay hem de dikey kuvvetlere karşı dayanabilen bağlantılar veya destekler kullanılmasına özen gösterilmelidir. Bağlantı elemanlarının güçlendirilmesi, ek destek elemanları eklenmesi ve zeminin iyileştirilmesi gibi önlemler ile stabilitenin artırılmasına yardımcı olunabileceği düşünülmektedir

Trafo merkezlerinin yakın çevresindeki kaya düşmesi riski de göz önünde bulundurulmalıdır. Kaya düşmesi olayları trafo merkezi yapıları için önemli bir tehdit oluşturabilmekte ve elektrik arzını kesintiye uğratabilmektedir. Yakındaki yamaçların veya kayalık arazinin mevcut olması, sismik olaylar sırasında kaya düşmesi olaylarının meydana gelme olasılığını artırmaktadır. Kaya düşmesi tehlikelerini belirlemek, yamaç stabilitesini değerlendirmek ve uygun hafifletme önlemlerini uygulamak için jeolojik değerlendirmeler yapılmalıdır.

Yaygın olarak gözlemlenen bir diğer sorun da trafo merkezi binalarını çevreleyen yapıların yıkılmasıdır. Trafo merkezleri kurulurken, depremler sonucunda yakınındaki binaların yıkılmasından kaynaklanabilecek hasar riskini en aza indirmek için konumun dikkatli bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Komşu yapıların sağlamlığı, sismik hareketlilik, toprak koşulları ve fay hatlarına yakınlık dahil olmak üzere potansiyel tehlikeleri değerlendirmek için kapsamlı bir saha araştırması yapıldıktan sonra trafo merkezlerinin sismik kuvvetler ve dış etkiler göz önünde bulundurularak dayanıklı malzemeler ve uygun tasarımlarla inşası yapılmalıdır.

3.2.3.4 Elektrik İletim ve Dağıtım Havai Sistemleri

Elektriğin iletimi ve dağıtımı, elektrik gücünün kaynaktan evlere ve işyerlerine aktarılması sürecindeki farklı aşamaları ifade etmektedir. Bunlar, öncelikle her bir aşamada elektriğin taşındığı voltaj seviyelerine göre birbirinden ayrılmaktadır. Elektrik, enerji santralleri gibi çeşitli kaynaklarda üretildikten sonra, ulaşacağı yere varması için elektrik kablolarından oluşan bir ağ üzerinden iletilmektedir. Bu ağ, elektrik şebekesini oluşturan iletim ve dağıtım hatlarından oluşmaktadır. İletim, üretilen elektriğin uzun mesafeler boyunca üretim tesislerinden talebin yüksek olduğu bölgelerin yakınındaki trafo merkezlerine taşınmasını içermektedir. İletim hatları, uzun mesafeler boyunca birden fazla kabloyu destekleyen daha büyük, daha uzun direkleri ve kuleleri ile karakterize edilmektedir. Dağıtım, elektrik enerjisinin üretimden tüketicilere ulaştırılmasında son adımı temsil etmektedir. Yüksek voltajlı iletim hatları üzerinden aktarılan güç, trafo merkezlerindeki transformatörler kullanılarak voltaj düşürme işlemine tabi tutulur. Daha sonra düşük voltajlı dağıtım hatları aracılığıyla dağıtılır. Caddeler boyunca görülebilen bu hatlar elektriği doğrudan evlere, işyerlerine ve diğer son kullanıcılara ulaştırmaktadır. Depremden etkilenen 11 ilin toplam elektrik iletim hattı uzunluğu 10.646 km olup, bu uzunluk ülkenin toplam iletim hattı uzunluğunun yaklaşık %14,5'ini oluşturmaktadır (SBB,2023). Buna ek olarak, etkilenen bölgedeki toplam elektrik dağıtım hattı uzunluğu 199.857 km olup, Türkiye'deki toplam dağıtım hattı uzunluğunun yaklaşık %16,2'sini oluşturmaktadır (SBB,2023). Deprem, 1.128 km uzunluğundaki elektrik iletim hattını birbirine bağlayan 11 direğin devrilmesine yol açmış; özellikle Hatay, Gaziantep, Kahramanmaraş ve Adıyaman başta olmak üzere bölgedeki elektrik dağıtım hatları ve trafo merkezlerine önemli ölçüde zarar vermiştir (SBB,2023).

Trafo merkezlerine bağlanan iletim ve dağıtım hatları, havai ve yeraltı hatlarının bir kombinasyonu şeklinde olabilmektedir. Havai hatlar, elektrik direkleri veya kuleler tarafından desteklenen görünür yapılardır, yeraltı hatları ise toprağın altına gömülü olarak inşa edilmektedir. Türkiye’de elektrik şebekesi, yeraltı elektrik şebekesi ve havai hatlı elektrik şebekesi olmak üzere şekillenmiştir. Şehir merkezlerinin imarı oturmuş bölgelerinde yeraltı şebeke oranı yüksek iken imarı henüz oturmeyen, yapılaşması bitmeyen şehirler ve kırsal kesimlerde havai hatlı elektrik şebekesi ile enerji arzı sağlanmaktadır. Depremden etkilenen bölgelerde çoğunlukla havai hatların bulunduğu ve bunların önemli ölçüde etkilendiği bilinmektedir. Havai hatlarda, direklerde bulunan özellikle alçak gerilim izolatörlerinin deprem anında kırılması ya da piminden fırlaması nedeniyle iletkenin boşa çıkması, beton trafo direklerinin ve beton şebeke direklerinin yıkılması gibi çeşitli hasar türleri meydana gelmiştir. Dört ayak üzerine kurulu yüksek gerilimli iletim kulesi, iki ayağının toprak kayması nedeniyle yaklaşık 3 metre yerinden oynaması sonucu devrilirken, kalan iki ayak toprak kaymasından etkilenmemiştir. Fotoğraf 3.92 yıkılan iletim kulesini göstermektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Heyelandan etkilenmeyen ancak benzer atalet kuvvetlerine maruz kalan, çevredeki diğer iletim kulelerinin hasar görmemiş olması dikkat çekicidir. Yapılan incelemelerde 3 metrelik bir fay kaymasından birkaç metre uzakta bulunan iletim kulesinin hasar görmediği tespit edilmiştir.



Fotoğraf 3.92 Devrilen elektrik iletim kulesi

Yukarıda bahsedilen duruma ek olarak, kaya düşmesi vakaları gibi başka geoteknik etkiler de gözlemlenmiştir. Kayalar, yüksek tepelerin üzerinden ayrılarak aşağı yuvarlanmış ve bir dizi beton dağıtım direğinin yerinden sökülmesine neden olmuştur. Bu hasar sadece bir ya da iki direkte meydana gelen münferit bir hasar olmayıp; çarpmalar yol güzergahı üzerindeki tüm direkleri etkilemiştir. Kayaların düşmesi nedeniyle ulaşım yolunun tamamen kapandığı ve araç erişiminin mümkün olmadığı bölgede, direklerin değiştirilmesi için işçiler sahaya helikopterle ulaştırılmıştır. Dağıtım direklerinin toprakla temas ettiği noktalarda meydana gelen hasarlar Antakya'da birçok noktada gözlemlenmiştir. Beton dağıtım direklerinin toprağa doğrudan gömülü olduğu ve tabanlarında önemli dönmeler meydana geldiği tespit edilmiştir.



Fotoğraf 3.93 Kaya düşmesi nedeniyle hasar gören beton direkler

Havai hatlı elektrik şebekelerinde kullanılan elektrik direkleri, şehir merkezlerinde beton veya demir, kırsalda ise demir veya ağaç direk kullanılarak tesis edilmektedir. Antakya'da bazı direklerin sabitlemesiyle ilgili problemler olduğu tespit edilmiştir. Direklerin sabitleme şekilleri incelendiğinde, onları destekleyen küçük beton temellerin ya hiç güçlendirilmediği ya da çok az güçlendirildiği, bu nedenle de çatlamaya, kırılmaya ve hatta tüm direğin çökmesine müsait durumda oldukları görülmüştür.



Fotoğraf 3.94 Beton direklerde sabitleme sorunları

Özellikle kentsel alanlardaki dağıtım direkleri, daha çok binalardan gelen enkazın doğrudan üzerlerine ya da bağlı iletkenlerin üzerine düşmesi gibi ikincil etkenlerden olumsuz etkilenmiştir. Bu durum, bina yıkımlarının çevredeki altyapı üzerindeki etkileri ile ilgili potansiyel riskleri ortaya koymaktadır. Cadde boyunca ilerleyen beton direklerin, yıkılan binalar tarafından tahrip edildiği ile ilgili örnekler Fotoğraf 3.95’te gösterilmektedir. Yıkılan binaların elektrik iletken kablolarıyla temas etmesi, kablolarda çeşitli fiziksel hasarlara ve hatta kabloların tamamen kopmasına neden olabilmektedir. Antakya’da deprem sırasında yıkılan bir bina, elektrik direğindeki iletken kabloyu aşağı doğru çekerek direğin eğilmesine ve kabloların kopmasına neden olmuştur. Hasara ait görüntüler Fotoğraf 3.96’da gösterilmektedir.



Fotoğraf 3.95 Antakya’da yıkılan binaların altında kalan elektrik direkleri



Fotoğraf 3.96 Antakya’da elektrik direğinin eğilmesi hasarı

Yaşanan yıkıcı depremin ardından binaların yollara ve altyapı alanlarına doğru çökmesi, yeraltı elektrik şebekesine ve saha dağıtım kutularına erişilememesine neden olmuştur. Ancak enkazın kaldırılmasının ardından özellikle yeraltı şebekesinde herhangi bir hasar olmadığı, genel olarak elektrik şebekesinin kablo kısmının zarar görmediği tespit edilmiştir.



Fotoğraf 3.97 Bina enkazıyla tıkanan yollar

Bazı durumlarda, beton direklerde meydana gelen hasarların, sadece atalet kuvvetinden kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Atalet kuvvetinden kaynaklanan hasarların, özellikle tasarım veya inşaat eksikliklerinin olduğu durumlarda daha yaygın olduğu gözlemlenmiştir. Etriyeler yanal destek ve kayma hasarının önlenmesi için önemli olduklarından, yetersiz sayıda olmaları, yanlış inşa edilmeleri veya korozyona uğramaları halinde dinamik yükleri taşıma kapasitesi zayıflayacağından deprem sırasında oluşan atalet gerilmeleri altında kolayca kırılacak ve direğin bütünlüğü tehlikeye atılacaktır. Boyuna donatıların ve etriyelerin direğe yeterli mukavemeti sağlayamaması, deprem sırasında direğin zemin seviyesinden yaklaşık 1 ila 3 metre yukarıda kırılmasına neden olmuştur. Hasarlı direkler yakından incelendiğinde, korozyon nedeniyle kesit alanlarının çoğunu kaybetmiş oldukları ve küçük çaplı takviyelerle güçlendirildikleri görülmüştür. Beton direklerin sismik performansı ve esnekliği uygun tasarım, sıkı denetimler, bakım ve güçlendirme çalışmaları ile artırılmalıdır.



Fotoğraf 3.98 Antakya’da hasar gören beton direk

3.2.3.5 Doğalgaz İletim ve Dağıtım Sistemleri

Etkilenen 11 ilde bulunan doğalgaz iletim hattı uzunluğu 2.224 km, doğalgaz dağıtım hattı uzunluğu 20.694 km'dir (SBB,2023). Deprem, etkilenen bölgelere hizmet veren doğalgaz ana iletim hatlarının yaklaşık 20 farklı noktasında patlamalara ve arızalara neden olmuş, bölgedeki doğalgaz dağıtım hatları ve tesislerinde hasarlar meydana gelmiştir (SBB,2023). Meydana gelen hasarlar sonucu Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş ve Adıyaman şehirlerinde doğalgaz arzı kesintiye uğramıştır (SBB,2023). Yetkililer, 11 Şubat 2023 itibariyle çelik boru hatları da dahil olmak üzere büyük hasarların onarımının tamamlandığını ve şehirlerde yaşayanlara hizmetin geri dönmesi için ek çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu bildirmiştir. Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın hazırladığı rapora göre, BOTAŞ ve bölgedeki ilgili dağıtım şirketleri tarafından yürütülen hasar kontrol çalışmalarına ilişkin olarak, doğal gaz iletim hatları ve tesislerindeki toplam hasarın 180,5 milyon TL, doğal gaz dağıtım hatlarındaki hasarın ise 646,4 milyon TL olduğu tahmin edilmektedir (SBB,2023). Tekrarlanan girişimlere rağmen, konuyla ilgili bilgi sahibi olan temsilcilerle görüşme sağlanamamış ve hasarlara dair detaylı bilgi elde edilememiştir.

Haberlerde ve sosyal medyada paylaşılan, depremlerin hemen ardından bölgede önemli patlamalar ve yangınlar meydana geldiği bilgisine ulaşılmıştır. Hatay Topboğaz köyündeki doğal gaz boru hattında meydana gelen yangın ve ardından yaşanan patlama, bölgedeki binalarda ve araçlarda ciddi hasara neden olarak elektrik kesintisine yol açmış ve doğal gaz sızıntılarıyla ilgili tehlikeleri ve önleyici tedbirler almanın önemini bir kez daha hatırlatmıştır (Hürriyet, 2023b).

3.2.3.6 LPG Depolama ve Dağıtım Tesisleri

LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı), Türkiye'de geniş bir kullanım alanına sahiptir ve araç yakıtı olarak kullanılmasının yanı sıra evlerde mutfaklarda, ısıtma sistemlerinde ve sanayi sektöründe enerji kaynağı olarak yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Deprem sonrası yapılan incelemelerde LPG terminallerinin genel olarak iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Depolama tanklarındaki hasar, destekleyici beton kolonlarda yalnızca küçük çaplı çatlaklar ve burkulmuş çelik destekler ile sınırlı kalmıştır. Bir yakıt tankının yüzer tavanı hasar görmüş ve 6,5 ton yakıtın dökülmesine yol açmış, ancak yağmurlu koşullar nedeniyle yakıtın tutuşması engellenmiştir.

Çelik gaz besleme hatlarında küçük sızıntılar fark edilmiş, ancak bunlar boru flanşlarının sıkılmasıyla giderilmiştir. İskenderun kıyısı boyunca kaydedilen ana sismik etki, sahile paralel olarak en az 10 km uzanan denize doğru yanal yayılma olmuştur. Bunun nedeni, kıyı boyunca zeminin nispeten yumuşak olması ve kolayca şekilde değiştirilebilmesidir. Deprem esnasında, bir terminalin yaklaşık 50 cm batıya doğru yer değiştirmesi, sınır duvarlarının ayrılmasına neden olmuş ve tesisin yapısal bütünlüğünü tehlikeye girmiştir. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.99’da gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Bu tesisteki ekipmanlardan herhangi biri yanal yayılma nedeniyle önemli ölçüde hasar görmemiştir.



Fotoğraf 3.99 LPG terminalinin duvarlarında gözlemlenen hasar

Antakya’da şişeleme tesisinin üretim hattını barındıran prekast yapının, zayıf bağlantı noktaları ve yanal deprem yüklerine dayanma gücünün yetersiz olması nedeniyle çökmesi, tesisteki faaliyetlerin askıya alınmasına yol açmıştır. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.100’de gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Şişeleme ekipmanı ve gaz tüplerinin üzerindeki kirişin çökmesi sonucunda herhangi bir yangın veya patlama rapor edilmemiştir. Tesiste yatay olarak yerleştirilmiş depolama tanklarını destekleyen ayaklarda bazı çatlaklar olduğu gözlemlenmiştir. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.101’de gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.100 Antakya'da prekast üretim binasının çökmesi



Fotoğraf 3.101 Depolama tankını destekleyen ayaklarda gözlemlenen çatlamlar

Kahramanmaraş'ta hastanelere ve gıda üretim tesislerine hizmeti veren, LPG depolama tesisinde deprem sırasında şiddetli sarsıntılar meydana gelmiştir. Deprem sırasında depolama tesisindeki çok sayıda gaz tüpü ve sabitlenmemiş dikey silindirik tank devrilmiş ya da yanal olarak yer değiştirmiştir. Devrilen tüplerin hepsi boş veya kapalı olduğundan devrilme sonucu gaz salınımı gerçekleşmemiştir. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.102, Fotoğraf 3.103 ve Fotoğraf 3.104'te gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023). Bu olaylar, özellikle sismik eğilimli bölgelerde gaz depolama tesislerinin güvenliğini ve bütünlüğünü sağlamada emniyetli sabitlemenin ve uygun depolama uygulamalarının önemini vurgulamaktadır.



Fotoğraf 3.102 LPG depolama tesisinde devrilmiş gaz tüpleri



Fotoğraf 3.103 Sabitlenmemiş dikey tankın devrilmesi



Fotoğraf 3.104 Sabitlenmemiş dikey tankın yanal olarak yer değiştirmesi

Türkoğlu'ndaki LPG üretim tesisi 2017 yılında bir sanayi bölgesinde inşa edilmiştir. Tesis sahibi, tesis binasının yönetmeliğin gerektirdiğinden daha yüksek deprem standartlarına göre tasarlandığını, bunun da inşaat maliyetlerini %30 artırdığını, ancak sanayi sitesindeki yirmiden fazla tesis arasında depremden sonra faaliyette olan tek tesis olduğunu belirtmiştir. Sismik dayanıklılığın artırılmasına yönelik yapılan bu yatırımın, deprem sonrasında ne kadar önemli olduğu gözler önüne serilmiştir. Üretim tesisi çalışır durumda olmasına karşın, deprem sırasındaki yoğun sismik sarsıntının bazı etkilerine maruz kalmıştır. Depolama tanklarının sallanması, bağlantıların kırılması ve bir jeneratörün raylarından düşmesi gibi olumsuz durumlar meydana gelmiştir. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.105'te gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.105 Hasar görmüş jeneratör ve deforme olmuş bağlantılar

3.2.3.7 Ham Petrol ve Akaryakıt İstasyonları

Etkilenen 11 ilde 1.785 km ham petrol boru hattı bulunmakta olup, Türkiye’deki ham petrol boru hattı uzunluğunun %56’sına karşılık gelmektedir (SBB,2023). Yapılan kontroller sonucu ham petrol boru hatlarında küçük ölçekli hasarların olduğu ve üretim sahalarının depremden olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir (SBB,2023).

Deprem sonrasında bazı akaryakıt istasyonları ve yakıt depolama tesisleri, yeraltı depolama tanklarının ve bağlantı noktalarının çökmesi de dahil olmak üzere hasar görmüştür. Akaryakıt istasyonları genel olarak, kanopi yapısıyla kapatılmış pompa istasyonlarından ve bunlara bitişik tek katlı mağaza binasından oluşmaktadır. Pompa istasyonlarını kaplayan kanopi yapıları hasar görmezken, bitişikteki tek katlı mağaza binalarının çoğunlukla ağır hasara uğradığı gözlemlenmiştir. Hasara ait görseller Fotoğraf 3.106’da gösterilmektedir (Çetin ve diğerleri, 2023).



Fotoğraf 3.106 Ağır hasar görmüş benzin istasyonu örneği

3.2.3.8 Rüzgar Türbinleri

Depremi altyapı üzerindeki etkisi rüzgâr türbinleri gibi yeşil enerji kaynaklarını da etkilemiş ve bazı bölgelerde elektrik altyapısının hasar görmesi nedeniyle bu türbinlerin faaliyetlerinin durmasına neden olmuştur. Depremi ardından, etkilenen bölgedeki rüzgar enerjisi santralleri hasar açısından değerlendirilmiş ve hasar görmedikleri tespit edilmiştir. İletim şebekesinde gerekli onarımlar yapıldıktan ve şebeke eski haline döndürüldükten sonra rüzgar santralleri tam kapasiteyle çalışmaya devam etmiştir. Ancak şebekenin çalışmadığı dönemde, üretilen elektriğin dağıtım noktalarına ulaştırılamaması nedeniyle santraller geçici olarak faaliyetlerini durdurmak zorunda kalmıştır (Anadolu Ajansı, 2023d).

3.2.4 İletişim Altyapısı

Deprem sırasında iletişim altyapısında meydana gelen hasarın sonuçları, iletişim ağlarında yaşanan kesintilerin ötesine geçebilmektedir. Çeşitli sektörlerin iletişime olan bağımlılığı, altyapıların ve hizmetlerin işleyişini etkileyen hayati bir bağlantı haline dönüşebilmektedir. Örneğin, acil durum hizmetleri, müdahalelerini koordine etmek ve kaynakları etkilenen bölgelere verimli bir şekilde dağıtılması için büyük ölçüde iletişim sistemlerine güvenilmektedir. Doğru iletişim olmadan müdahale süreleri uzayabilir, insanların hayatları tehlikeye girebilir ve afetin etkisi daha da kötüleşebilir.

Elektrik şebekeleri, su tedarik sistemleri ve gaz boru hatları gibi kritik kamu hizmetlerinin kesintisiz işleyişi, izleme ve kontrol açısından büyük ölçüde iletişim sistemlerine bağlıdır; dolayısıyla iletişimdeki herhangi bir kesinti restorasyon çalışmalarının sektöre uğramasına veya hizmet kesinti sürelerinin uzaması gibi sonuçlar doğurabilmektedir. Devlet kurumları ve sivil toplum kuruluşları da dahil olmak üzere kamu hizmetleri de koordinasyon ve destek için iletişime ihtiyaç duymakta; iletişimin işlevsiz kaldığı durumlarda, etkilenen topluluklara temel hizmetlerin sunulması zorlaşmaktadır.

Mobil iletişim ağlarının kritik bileşenleri olarak hizmet veren baz istasyonları, ağ performansını optimize etmek ve iletişim kapasitesini arttırmak amacıyla farklı lokasyonlara kurulabilmektedir. Kırsal ve seyrek nüfuslu bölgelerde daha geniş kapsama alanı elde etmek için genellikle kule tipi baz istasyonları kurulurken, şehrin yoğun nüfuslu bölgelerinde yüksek veri trafiği ihtiyacını karşılamak amacıyla genellikle bina çatılarına kurulmaktadır. Baz istasyonlarının iletişim hizmeti sağlayabilmeleri için elektrik gücüne ihtiyaçları vardır. İstasyonlar, elektrik kesintileri sırasında çalışmaya devam edebilmek için ortalama 6 saatlik kullanım süresine sahip batarya sistemleri ile desteklenmektedir. Depremler sırasında iletişim aksaklıkları sadece baz istasyonlarının hasar görmesiyle değil, aynı zamanda elektrik kesintileriyle de ortaya çıkabilmektedir.

Depremler sonucunda, başta elektronik haberleşme olmak üzere fiziksel altyapı hasar görmüş, baz istasyonları, şebeke altyapısı, santral noktalarındaki operatör cihazları ve son kullanıcı ekipmanları da dahil olmak üzere iletişim şebekesinin çeşitli

bileşenlerinde büyük ölçekli hasarlar meydana gelmiştir. Yapılan incelemelerde etkilenen bölgelerdeki toplam 8.900 baz istasyonunun 2.451'inin devre dışı kaldığı tespit edilmiştir (TÜRKONFED, 2023). Bina çatılarında bulunan baz istasyonları, binaların ağır hasar görmesi veya yıkılması nedeniyle kullanılamaz hale gelirken, kule tipi baz istasyonlarının çoğunlukla hasarsız veya az hasarlı olduğu gözlemlenmiştir (Cumhuriyet,2023).



Fotoğraf 3.107 Depremde hasar gören baz istasyonları

Depremi ardından, elektrik santralleri, iletim hatları da dahil olmak üzere elektrik altyapısında meydana gelen hasarlar nedeniyle, yaygın elektrik kesintileri meydana gelmiştir. Baz istasyonları, işlevlerini yerine getirmek için elektrik şebekesinden gelen elektriğe bağımlı olduklarından çalışamaz hale gelmiş, mobil iletişim ve internet hizmetlerinde yaşanan kesintilerin temel kaynağı, etkilenen illerde meydana gelen elektrik kesintileri olmuştur (SBB,2023). İletişim kesintilerine müdahale olarak bölgeye 3.500'ün üzerinde jeneratör ve 241 adet mobil baz istasyonu sevk edilmiştir (m-TOD, 2023). Ancak jeneratörlerin verimliliği yakıt gereksinimlerinden dolayı sınırlı kalmıştır. Her jeneratör yaklaşık 3-4 saat enerji sağlayabilmiş, bu da iletişim hizmetlerinin kesintisiz sürdürülmesinde zorluklara neden olmuştur (Türkiye Bilişim Derneği, 2023). Yakıt depolama tesislerinde ve ulaşım altyapısında meydana gelen hasarlar, jeneratörler için düzenli bir yakıt tedariki sağlamayı zorlaştırmıştır (Toplumsal, 2023). Elektrik kesintilerinin kademeli olarak azalması sonucunda, iletişim hizmetleri de yeniden sağlanmaya başlanmış ve daha uzun süreler boyunca hizmet verilebilmiştir. Fotoğraf 3.108, afet bölgesine gönderilen jeneratör ve mobil baz istasyonunu göstermektedir (Yıldız, 2023).



Fotoğraf 3.108 Afet bölgesine gönderilen jeneratör ve mobil baz istasyonu



Fotoğraf 3.109 Artçı depremler nedeniyle hasar gören mobil baz istasyonu

Deprem gibi geniş çaplı bir afet durumunda, insanlar etkilenen bölgedeki aile ve arkadaşlarıyla irtibata geçerek onların güvenliği ve refahı hakkında bilgi alma eğiliminde olduklarından, telefon görüşmelerinde önemli bir artış meydana gelmektedir (Satoh ve diğerleri, 2018). Bölgedeki bu ani arama yoğunluğu, telefon şebekesini aşırı yük altında bırakarak şebeke tıkanıklığına ve bağlantı kurmada zorluklara sebebiyet verebilmektedir. Ağ tıkanıklığının meydana gelmesi, ses ve veri trafiği akışını engelleyerek kritik anlarda iletişim kesintilerine neden olabilmektedir. Şebeke operatörleri ve hizmet sağlayıcıları acil durumlarda bu tür talep artışlarını karşılamak için sistemlerini optimize etmeye ve kapasiteyi artırmaya çalışsa da, deprem gibi önemli olaylar sırasında şebeke tıkanıklığı sorunu devam etmektedir.

Sosyal ağ hizmetleri ve özel afet acil durum mesaj hizmetleri gibi alternatif iletişim araçları mevcut olmasına rağmen, büyük ölçekli afetler sırasında çok sayıda insan ses bandı üzerinden arama yapmayı tercih etmektedir. Kısa mesajlar veya internet tabanlı uygulamalar gibi alternatif iletişim araçları, yüksek çağrı hacimleri nedeniyle sismik olaylar sırasında daha güvenilir iletişim kurulmasını sağlamaktadır.

İletişim araçları ve sosyal medya, insanların yaşadıkları deneyimleri paylaşmalarına, yardım teklif etmelerine ve olayları gerçek zamanlı olarak rapor etmelerine olanak tanımış, depremin yarattığı etki hakkında bilgi toplanmasında önemli bir rol oynamıştır. Oluşturulan bu veriler, müdahale ekipleri ve yetkililer için değerli bilgiler sağlayarak hem gerekli kaynakların tahsis edilmesine hem de acil müdahale gerektiren alanların belirlenmesine yardımcı olmuştur. Buna ek olarak, iletişim ağları gönüllülerin ve yardım kuruluşlarının hızla harekete geçmesini kolaylaştırarak, afetten etkilenenlere destek olmak için işbirlikçi yaklaşımı teşvik etmiştir. Sonuç olarak, deprem sırasında iletişim altyapısının zarar görmesinin yarattığı etki, anlık zorlukların ötesine geçerek dayanıklı iletişim sistemlerine öncelik verilmesinin kritik önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir.

Deprem anında ve sonrasında insanlar, ortaya çıkan durumu mümkün olan en kısa sürede anlama ihtiyacıyla hareket etmektedir. Böylesi felaket durumlarında medyanın hızlı ve doğru bilgi yayma rolü daha da kritik hale gelmektedir. Güvenilir medya kaynaklarından gelen bilgi akışındaki herhangi kesinti, söylentilerin ve doğrulanmamış iddiaların yayılmasına yol açarak toplumda bir belirsizlik ve korku ortamı yaratabilmektedir. Yanıltıcı bilgilerin yayılmasını önlemek ve olası paniği engellemek amacıyla medyanın güvenilir kaynaklara erişmesi, kamuoyunun eksiksiz ve doğru bir şekilde bilgilendirme sorumluluğunu özenle yerine getirmesi şarttır. Medya, güvenilir güncellemeler ve doğrulanmış ayrıntılar sağlayarak yalnızca hayati bilgilerin yayılmasına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda halkın bilinçli kararlar almasına ve deprem sonrasında etkili bir şekilde müdahale etmesine yardımcı olmada da önemli bir rol üstlenmektedir.

4 YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın amacı, yöntemi, çalışma grubu, veri toplama aracı, verilerin toplanması ve analizi ile geçerlilik ve güvenilirliğe ilişkin bilgiler yer almaktadır.

4.1 Araştırmanın Amacı ve Önemi

Depremler, can kayıplarının yanı sıra maddi ve çevresel sorunlara da neden olan, en yıkıcı doğal afetlerden bir tanesidir. Türkiye, Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer aldığından, deprem meydana gelme olasılığı yüksek bir ülkedir.

Günümüzde kentsel altyapı sistemleri, hizmet ettikleri toplumların ekonomik refahı, güvenliği ve sosyal dokusu ile yakından ilişkilidir. Elektrik, iletişim, doğalgaz, ulaşım, su ve atıksu hizmetlerini kapsayan, genellikle yaşam hatları olarak adlandırılan bu sistemler, ihtiyaç duyulan mal ve hizmetlerin üretimini, dağıtımını kolaylaştıran önemli kanallar olarak hizmet vermektedir. Kentsel yaşamın sürdürülebilirliği, bu kritik sistemlerin işlevselliği ve güvenilirliğine bağlıdır. Deprem sonrası kentsel altyapı sistemlerinin hasar görmesi ve bu hasarlar sonucu meydana gelen hizmet kesintileri, acil durum faaliyetlerinin yürütülmesi ve toplumun hayatta kalması için gerekli olan temel ihtiyaçların karşılanabilmesi açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır. Yaşanabilecek bu kesintiler en kötü durumlarda bölgesel, ulusal ve hatta küresel ölçekte sosyal ve ekonomik etkilere yol açabilmektedir.

Kentsel altyapı, birbirine bağlı sistemlerden oluşan karmaşık bir ağıdır. Sistemin bileşenlerinde meydana gelen bir hasar domino etkisi yaratarak depremin genel etkisini daha da ağırlaştırabilmektedir. Örneğin, elektrik kesintisi durumunda, sabit hatlar, mobil ağlar ve internet hizmetleri elektrik olmadan çalışamayacağından iletişim açısından kritik bir zorluk ortaya çıkar; bu durum hayati önem taşıyan bilgilerin yayılmasını ve acil durum müdahale çabalarını potansiyel olarak engeller. Pompaların ve filtreleme sistemlerinin çalıştırılması için gerekli gücün sağlanamadığı durumlarda, temiz ve güvenli içme suyu sağlayan su arıtma faaliyetleri durma noktasına gelir; bunun yanı sıra atık su arıtma işlemlerini de sekteye uğraması potansiyel olarak çevresel risklere ve halk sağlığı sorunlarına yol açabilir.

Kentsel altyapı sistemleri arasındaki karşılıklı bağımlılıkların ve basamaklı etkilerin anlaşılabilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araştırma, deprem nedeniyle kentsel altyapı sistemlerinde meydana gelen hasarları, bu hasarlar sonucu oluşan kesintilerin yarattığı etkileri, altyapının hasar görmesine neden olan faktörleri ve kentsel altyapı sistemlerinin birbirleriyle olan bağımlılıklarının ortaya konulmasını amaçlamıştır.

4.2 Araştırmanın Yöntemi/Modeli

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Nitel çalışmada gözlem, görüşme, doküman analizi gibi veri toplama yöntemlerinden yararlanılmakta olup; algıların ve olayların doğal ortamda, gerçekçi ve bütüncül şekilde ortaya konulmasına ilişkin nitel bir süreç takip edilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2008; Creswell, 2020). “Nitel araştırma çalışmalarının sonuçları, hem bilgilendiren hem de ileride yapılacak olan çalışmalara ilham kaynağı olan bilimsel anlatılardır.” (Ersin ve Bayyurt, 2017). Nitel çalışmalara nicel çalışmalara kıyasla daha az sayıda kişi katıldığından, genellemeler daha az yapılabilir olsa da; bu tür çalışmalarda incelenen durum derinlemesine irdelenmekte ve alana büyük katkılar sunan çalışmalar ortaya çıkmaktadır (Ersin ve Bayyurt, 2017).

Bu araştırma, nitel araştırma yönteminin bir deseni olan durum çalışması modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Durum çalışmaları belirli bir konu hakkında toplanmış verilerin detaylı bir şekilde araştırılmasına olanak sağlar; bir veya birkaç duruma ilişkin etkenleri araştırmak için bütüncül bir yaklaşımı benimseyerek, bu etkenlerin ilgili durum üzerindeki etkilerini ve bu durumdan nasıl etkilendiklerini anlamaya odaklanmaktadır (Zainal, 2007; Yıldırım ve Şimşek, 2013; Patton, 2018). Deprem sonrası kentsel altyapı sistemlerinin hasar görmesi ve bu hasarlar sonucu oluşan kesintilerin, diğer altyapı sistemlerini nasıl etkilediğinin detaylı bir şekilde incelenmesini amaçlandığından, bu desen tercih edilmiştir.

Durum çalışmalarında eldeki durumun incelenmesinde nasıl ve neden sorularına yanıt aranır ve bu yolla duruma ilişkin derinlemesine bilgi edinmek amaçlanır (Saban ve Ersoy, 2016). Bu çerçevede eldeki çalışmada deprem sonrası kentsel altyapıda meydana gelen hasarlar irdelenmiş ve hem hasara neden olan faktörler (neden) hem de hasar sonrası kesintiye uğrayan altyapının genel müdahale

ve iyileştirme çabalarını nasıl etkilediği (nasıl) konusunda derinlemesine inceleme yapılmıştır.

4.3 Çalışma Grubu

Nitel araştırmalarda örneklem seçimi genellikle nicel araştırmalardaki gibi genellemeler yapmaktan ziyade, evren içerisindeki çeşitliliği betimleyebilme, farklı ve benzer durumları ortaya koyabilme amacına uygun olarak yapılır (Berg, 2004:142). Nitel araştırmaların esnek bir yapıya sahip olmasından dolayı örneklem seçiminde birden fazla yöntem kullanılmıştır.

Bu çalışmada katılımcıları belirlemek için amaçlı örneklem türlerinden “ölçüt örnekleme” ve “kolay ulaşılabilir durum örnekleme” kullanılmıştır. Ölçüt örnekleme yöntemi ile kentsel altyapının farklı sektörlerinde çalışan, her sektörden on katılımcı seçilmiştir. Ölçüt örnekleme yönteminin temel amacı, önceden belirlenmiş bir ölçütü karşılayan durumların çalışılmasıdır. Burada bahsedilen ölçüt ya da ölçütler araştırmacı tarafından oluşturulabilir. Araştırmada deprem sonrası kentsel altyapıda meydana gelen hasar incelemeleri veya onarım çalışmalarında görev almış kişiler ölçüt olarak belirlenmiştir.

Kolay ulaşılabilir durum örnekleme araştırma hız ve pratiklik kazandırmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). İki örnekleme yönteminin bir arada kullanılmasının nedenlerinden biri de nitel araştırmaların doğası gereği esnek bir yapıya sahip olmalarıdır. Bu konuyla ilgili olarak Yıldırım ve Şimşek (2006), araştırmacıların örnekleme ile ilgili karar verirken birden fazla örnekleme yöntemini aynı anda kullanabileceklerini ya da araştırmanın herhangi bir aşamasında ihtiyaç duymaları halinde, başlangıç aşamasında olmasa bile herhangi bir zamanda yeni örnekleme yöntemlerini uygulamaya koyabileceklerini belirtmişlerdir. Bir diğer neden ise kolay ulaşılabilir durum örnekleme yönteminde araştırma sonuçlarının güvenilirliği ve kullanılabilirliği düşük olduğu için ölçüt örnekleme yöntemi ile yeterli güvenilirliğin sağlanması hedeflenmiştir.

Araştırmaya katılan katılımcılara ilişkin bilgiler, dört farklı altyapı sektörü bazında incelenmiş ve sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur. Tablolar, katılımcıların cinsiyet, eğitim durumu, çalıştıkları sektör ve sahip oldukları görev/unvan gibi bilgileri

içermektedir. Tablo 4.1, elektrik altyapısı ile ilgili katılımcıların bilgilerini; Tablo 4.2, ulaşım altyapısı ile ilgili katılımcıların bilgilerini; Tablo 4.3, telekomünikasyon altyapısı ile ilgili katılımcıların bilgilerini; ve Tablo 4.3 ise su ve atıksu altyapısı ile ilgili katılımcıların bilgilerini içermektedir.

Tablo 4.1 Elektrik Altyapısı Katılımcı Bilgileri

	Cinsiyet	Eğitim Durumu	Çalışma Sektörü	Görev/Unvan
E1	Erkek	Yüksek lisans	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Operasyon müdürü
E2	Kadın	Yüksek lisans	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Şebeke operasyonları mühendisi
E3	Erkek	Lisans	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Şebeke operasyonları mühendisi
E4	Erkek	Lisans	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Yapım işleri mühendisi
E5	Erkek	Lisans	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Sistem işletme uzmanı
E6	Kadın	Lisans	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Sistem işletme uzmanı
E7	Erkek	Ön lisans	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Elektrik teknikeri
E8	Erkek	Ön lisans	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Elektrik teknikeri
E9	Erkek	Ön lisans	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Elektrik teknikeri
E10	Erkek	Lise	Özel-elektrik dağıtım şirketi	Elektrik teknisyeni

Tablo 4.2 Ulaştırma Altyapısı Katılımcı Bilgileri

	Cinsiyet	Eğitim Durumu	Çalışma Sektörü	Görev/Unvan
U1	Erkek	Yüksek lisans	Karayolu taşımacılığı	Proje müdürü
U2	Erkek	Yüksek lisans	Karayolu taşımacılığı	Geoteknik ve tünel tasarım mühendisi
U3	Kadın	Yüksek lisans	Karayolu taşımacılığı	İnşaat mühendisi
U4	Erkek	Lisans	Karayolu taşımacılığı	İnşaat mühendisi
U5	Erkek	Lisans	Karayolu taşımacılığı	İnşaat mühendisi
U6	Kadın	Yüksek lisans	Karayolu taşımacılığı	İnşaat mühendisi

U7	Kadın	Lisans	Karayolu taşımacılığı	Kontrol mühendisi
U8	Erkek	Yüksek lisans	Demiryolu taşımacılığı	Sinyalizasyon ve sistem mühendisliği proje müdürü
U9	Erkek	Lisans	Demiryolu taşımacılığı	Yol bakım onarım müdürü
U10	Erkek	Ön lisans	Demiryolu taşımacılığı	Demiryolu sinyalizasyon bakım onarım teknikeri

Tablo 4.3 Telekomünikasyon Altyapısı Katılımcı Bilgileri

	Cinsiyet	Eğitim Durumu	Çalışma Sektörü	Görev/Unvan
T1	Erkek	Yüksek lisans	Özel-telekomünikasyon ve bilgi teknolojileri	Uzman telekomünikasyon mühendisi
T2	Erkek	Lisans	Özel-telekomünikasyon ve bilgi teknolojileri	Kıdemli telekomünikasyon mühendisi
T3	Erkek	Lisans	Özel-telekomünikasyon ve bilgi teknolojileri	Fiber optik teknisyeni
T4	Erkek	Lisans	Özel-telekomünikasyon ve bilgi teknolojileri	Saha operasyonları teknik personeli
T5	Erkek	Lisans	Özel-telekomünikasyon ve bilgi teknolojileri	Saha operasyonları teknik personeli
T6	Erkek	Lisans	Özel-telekomünikasyon ve bilgi teknolojileri	Saha operasyonları teknik personeli
T7	Erkek	Ön lisans	Özel-telekomünikasyon ve bilgi teknolojileri	Baz istasyonu teknisyeni
T8	Erkek	Lisans	Kamu-telekomünikasyon hizmetleri	Telekomünikasyon mühendisi
T9	Erkek	Lisans	Kamu-telekomünikasyon hizmetleri	Saha operasyonları teknik personeli
T10	Erkek	Lisans	Kamu-telekomünikasyon hizmetleri	Saha operasyonları teknik personeli

Tablo 4.4 Su ve Atıksu Altyapısı Katılımcı Bilgileri

	Cinsiyet	Eğitim Durumu	Çalışma Sektörü	Görev/Unvan
S1	Kadın	Yüksek lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	Tasarım mühendisi
S2	Erkek	Yüksek lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	Elektrik bakım onarım şefi
S3	Erkek	Lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	Proje müdürü
S4	Erkek	Lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	Kontrol şefi
S5	Erkek	Lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	İçme suyu bakım onarım şube müdürü
S6	Kadın	Lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	İşletme müdürü
S7	Erkek	Lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	Kontrol şefi
S8	Kadın	Lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	Tesis sorumlusu
S9	Erkek	Lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	Tesis sorumlusu
S10	Erkek	Lisans	Kamu-su ve atıksu arıtma hizmetleri	Atıksu geri kazanım sorumlusu

4.4 Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada verilerin toplanmasında nitel veri yöntemlerinden yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte araştırmacı, önceden sormayı planladığı soruları içeren görüşme protokolünü hazırlar. Öte yandan araştırmacı, görüşmenin akışına bağlı olarak farklı yan veya alt sorularla görüşmenin akışını yönlendirebilir ve görüşülen kişinin cevaplarını netleştirmesini ve detaylandırmasını isteyebilir (Ekiz, 2003). Görüşme formundaki sorular literatür taraması yapılarak araştırmacı tarafından hazırlanmış; her sektör için ayrı görüşme formu oluşturulmuştur. Görüşme formları kullanılarak her sektörden toplamda iki katılımcı ile ön uygulama yapılmıştır. Katılımcılardan izin alındıktan sonra görüşmeler ses kaydına alınmış; daha sonra ses kayıtları bilgisayar ortamında yazıya aktarılmıştır. Ön uygulamada elde edilen görüşme kayıtları, araştırmacı tarafından dinlenmiş ve görüşme formlarından çıkarılacak ya da görüşme formlarına eklenecek sorular belirlenmiştir. Son haliyle elektrik altyapısı ile ilgili görüşme formu beş sorudan, iletişim altyapısı ile ilgili görüşme formu beş sorudan, su ve atıksu altyapısı ile ilgili

görüşme formu beş sorudan, ulaşım altyapısı ile ilgili görüşme formu beş sorudan oluşmaktadır.

Görüşmeler, araştırmacı tarafından hazırlanan yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak yapılmıştır. Her sektörden on kişi ile görüşülmüştür. Tüm görüşmeler de olduğu gibi katılımcıların onayı alınarak görüşmeler ses kaydına alınmıştır. Ortalama 30' ile 40' dakika süren görüşme süreçleri boyunca katılımcıların samimi yanıtlar vermeleri için uygun atmosferin oluşturulmasına özen gösterilmiştir. Görüşmelerde ses kaydı alınmasının nedeni, araştırmanın analiz sürecinde meydana gelebilecek veri kaybını en aza indirmektir. Karasar (1998), niteliksel bir araştırmada geçerliği ve güvenilirliği sağlamadaki en önemli tekniklerden birinin ses ve görüntü kayıtlarının kullanılması olduğunu belirtmiştir.

4.5 Verilerin Toplanması ve Analizi

Görüşmelerin gerçekleştirilmesi sürecinde öncelikle her bir katılımcı ile e-posta ya da sosyal medya aracılığıyla iletişime geçilmiş; katılımcılara araştırmanın amacı ve veri toplama sürecine ilişkin bilgiler verildikten sonra araştırmaya katılmaya gönüllü olup olmadıkları öğrenilmiştir. Çalışmaya gönüllü olarak katılmak isteyen katılımcılardan randevu talep edilmiş; görüşme takvimi katılımcıların talepleri doğrultusunda gün, saat ve yer olarak planlanarak, görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bazı katılımcılar ile internet üzerinden görüntülü görüşmeler gerçekleştirilirken, bazı katılımcılar ile çalıştıkları iş yerlerine gidilerek görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmenin nasıl gerçekleşeceği katılımcılara bırakılmıştır. Bu doğrultuda katılımcıların görüşmeye herhangi bir çekince duymadan gelmeleri sağlanmaya çalışılmıştır. Görüşmeler sırasında kayıtların muhafaza edilebilmesi ve süreçte ortaya çıkabilecek bazı sorunların (ses kalitesinin yeterli düzeyde olmaması, kaydın etkin bir şekilde yapılamaması vb) önüne geçilebilmesi için iki adet ses kayıt cihazı kullanılmıştır. Ses kayıt cihazı kullanılmasının gerekçesi görüşme öncesinde katılımcılara açıklanmış ve izinleri alınmıştır.

Araştırmada, görüşmelerden elde edilen verilerin çözümünde nitel veri analizi yöntemlerinden içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. İçerik analizi, elde edilen verilerin derinlemesine analiz edilmesini gerektirirken; öncesinde belirgin olmayan temaların ve kodların açığa çıkarılmasına imkan tanımaktadır. Bu analiz türünün

amacı, bulguların düzenlenmiş ve yorumlanmış bir biçimde okuyucuya sunulmasıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Araştırma kapsamında elektrik, haberleşme, ulaşım, su ve atıksu dahil olmak üzere kentsel altyapının farklı alanlarında aktif olarak görev alan uzmanlar ve mühendislerle yapılan görüşmeler kayıt altına alınmıştır. İçerik analizi öncesinde kayıt altına alınan görüşmeler metin halinde Microsoft Word'e aktarılmış ve analize uygun veri metinleri haline getirilmiştir. Verilerin işlenmesini kolaylaştırmak amacıyla kısa, basit ve anlaşılır sembollerle amaca uygun bir biçimde ifade edilmesine kodlama denir (Karasar, 1998). İlk okuma sürecinde sayfaların kenarlarına basit kodlama olarak adlandırılabilir taslak kodlar yazılmıştır. Ardından görüşmelere ilişkin veri metinleri, defalarca okunarak, satır satır okuma tekniği ile değerlendirilmiş ve kod listesi oluşturulmuştur.

Kod listesi oluşturulurken ilgili literatür ve görüşmeler sonucunda elde edilen veriler göz önünde bulundurulmuştur. Taslak kodların gözden geçirilmesi ve yeni kodların ortaya çıkarılması suretiyle kodların nihai hale getirilmesi sağlanmıştır. Kodlama sürecinin ardından elde edilen kodlar bir araya getirilerek ortak noktaları belirlenmiş ve böylece araştırma bulgularının ana hatlarını oluşturacak temalar oluşturulmuştur. Oluşturulan kod listesi ve temalar uzman bilgisine başvurularak kesinleştirilmiştir. Son olarak, veriler QDA Miner programı kullanılarak analiz edilmiş ve okuyucunun anlamasını kolaylaştıran grafikler elde edilmiştir. Bu grafikler, araştırma bulgularının daha anlaşılır bir şekilde sunulmasına katkıda bulunmuştur. Araştırmanın analiz süreci sonunda ortaya çıkan kod listesi ve kod listesiyle uyumlu temalar, bulgular halinde tanımlanmaya ve yorumlanmaya hazır hale getirilmiştir. Görüşmelerin analizi sonucu elde edilen temalar, bulgular kısmında ayrı başlıklar halinde herhangi bir yoruma yer verilmeden, sıklıkla doğrudan alıntılar yapılarak okuyucunun anlayabileceği şekilde sunulmuştur.

4.6 Geçerlik ve Güvenirlik

Nitel araştırmalarda geçerlilik ve güvenilirliği sağlamak için inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlılık ve teyit edilebilirlik kavramları kullanılmalıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Gerçekleştirilen analiz sürecinin güvenilirliğini sağlamak amacıyla, analizlerde belirlenen tema ve alt kategoriler alan uzmanlarından destek alınarak kontrol edilmiştir. Ortaya çıkan kodlar ve temalar karşılaştırılmış ve birbirleriyle uyumlu olduklarına karar verilmiştir. Araştırma sürecinin ve analizlerin güvenilirliğini

sağlamak için belirlenen tema ve alt kategorilere ilişkin görüşme kayıtlarından ayrıntılı örnek ifadeler yer verilmiştir. Ayrıca örnek ifadeler bağlamında araştırma bulgularının derinlemesine incelemesi sağlanarak bu anlamda çalışmanın inandırıcılığı sağlanmaya çalışılmıştır.

Yöntem bölümünde, araştırma yönteminin neden seçildiği açıklanmış; örneklem ve özellikleri anlatılmıştır. Araştırmanın kuramsal çerçevesi, veri toplama ve analiz süreçleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Veri toplama sürecinde katılımcıların gönüllülüğü esas alınmıştır. Görüşmeler kayıt altına alınmış, kaydedilen ham veriler ve kodlamalar saklanmıştır.

Öte yandan, araştırmanın güvenilirliği açısından, görüşme kayıtlarının veya metinlerinin uzunluğu, ses kayıtlarının yeterli olması, analiz edilebilirlikleri ve içeriğin doğruluğu gibi konular önem arz etmektedir (Perakyla, 2004: 288). Bu kapsamda, araştırmada özellikle görüşme formlarının ön uygulamasının yapılması, hem görüşme formlarının test edilmesi hem de toplanan verilerin niteliği hakkında ön bilgi edinilmesi açısından önemli sayılmaktadır.

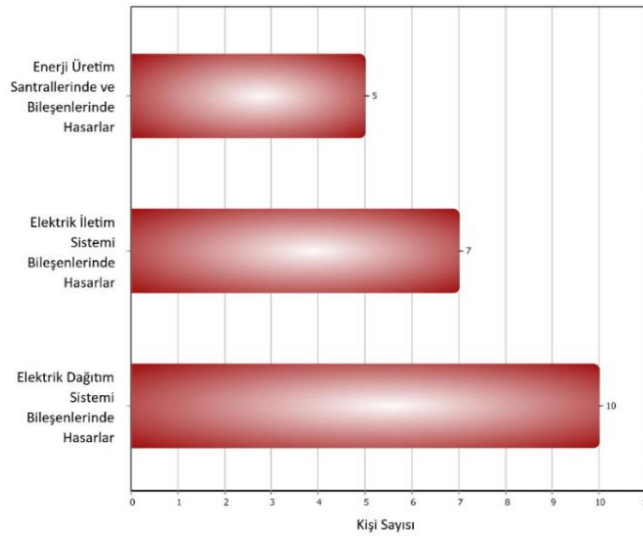
5 BULGULAR

Bu bölümde araştırmanın amacı doğrultusunda, depremlerin ardından kentsel altyapıda meydana gelen hizmet kesintilerinin nedenlerini, altyapının depremlere karşı savunmasızlığına etki eden faktörlerini, hizmet kesintilerinin oluşturduğu etkileri ve zarar azaltma önlemleri için neler yapılabileceği incelenmiştir. Konunun kapsamlı bir şekilde değerlendirilebilmesi amacıyla; elektrik, iletişim, ulaşım, su ve atık su gibi farklı kentsel altyapı sektörlerini temsil eden, bu sektörlerde görev alan uzmanların deneyim ve görüşlerine başvurulmuştur. Görüşme verilerinin analiz edilmesiyle elde edilen bulgulara aşağıda yer verilmiştir.

5.1 Elektrik Altyapısı Kapsamında Gerçekleştirilen Görüşme Analizinden Elde Edilen Bulgular

Yapılan görüşme verilerinin analizi sonucu elde edilen bulgular, “Deprem sonrası elektrik kesintilerinin nedenlerine ilişkin bulgular”, “Elektrik altyapısının depremlere karşı kırılganlığını etkileyen faktörlere ilişkin bulgular”, “Deprem sonrası elektrik kesintilerinin oluşturduğu etkilere ilişkin bulgular” ve “Depreme dayanıklı elektrik altyapısı için zarar azaltma önlemlerine ilişkin bulgular” şeklinde başlıklar altında sunulmuştur.

5.1.1 Deprem Sonrası Elektrik Kesintilerinin Nedenlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular

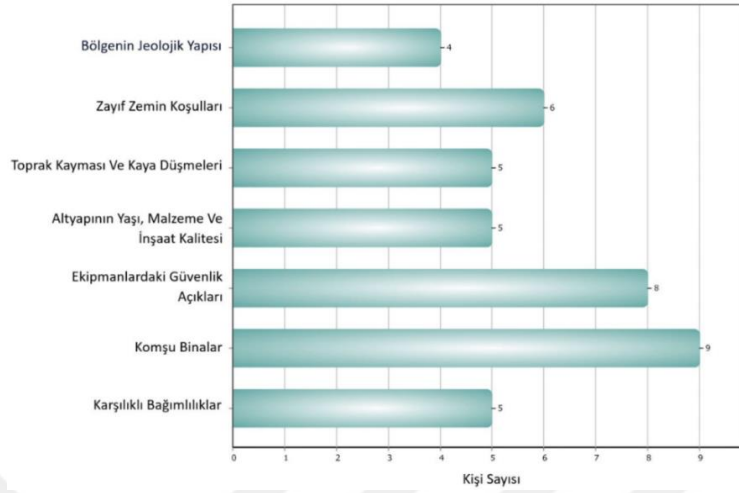


Şekil 5.1 Deprem sonrası elektrik kesintilerinin nedenleriyle ilgili katılımcıların görüşleri

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, deprem sonrası elektrik iletim sistemi bileşenlerinde meydana gelen hasarların, elektrik kesintilerine neden olan önemli bir faktör olduğunu belirtirken; 10 katılımcının tamamı, deprem sonrası elektrik dağıtım sistemi bileşenlerinde meydana gelen hasarların, elektrik kesintilere neden olan birincil faktör olduğu konusunda hem fikir olmuştur. “Elektrik iletim sistemi bileşenlerinde hasarlar” ve “Elektrik dağıtım sistemi bileşenlerinde hasarlar” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Ülkemizde yaşanan son depremde elektrik altyapısında meydana gelen hasara baktığımızda bazı hususlar dikkatimizi çekti. Örneğin, dört ayaklı yüksek gerilimli iletim kulesinin depremde sonra toprak kayması nedeniyle devrilmiş olduğunu gözlemledik. Heyelandan etkilenmeyen ancak benzer atalet kuvvetlerine maruz kalan, çevredeki diğer iletim kulelerinin hasar görmemiş olması şaşırtıcı. Bunun yanı sıra, dağıtım hatlarında meydana gelen hasarların büyük bir kısmının çevredeki binaların yıkılmasıyla ilgili olduğunu ve bunun sonucu yaygın elektrik kesintilerinin yaşandığını gözlemledik. Binaların şebekenin üzerine yıkıldığı bölgelerde, bazı elektrik direklerinin devrilmesi, trafo merkez binalarının hasar görmesi de dahil olmak üzere birçok hasarla karşılaşıldı. Bu tür yapısal hasarlardan etkilenmeyen bölgelerde, elektrik direklerimiz, trafolarımız, dağıtım merkezlerimiz ve kök binalarımız asgari düzeyde hasar görmüştür.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, deprem sonrası elektrik altyapısında meydana gelen kesintilerin, elektrik üretim santralleri ve bunlara bağlı bileşenlerin hasar görmesinden kaynaklandığını belirtmiştir. “Enerji üretim santrallerinde ve bileşenlerinde hasarlar” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Nükleer, termik ve hidroelektrik santraller, depremler sırasında önemli yapısal strese maruz kalır. Yer sarsıntısı, binaların, soğutma kulelerinin, bacaların ve tesislerdeki diğer kritik bileşenlerin yapısal bütünlüğünü tehlikeye sokarak, onları çalışmaz hale getirebilir. Enerji üretim tesislerinin depremde etkilenmesi, sadece tesislerle sınırlı değildir. Aynı zamanda enerji arzını da etkiler. Hasar nedeniyle enerji üretimi geçici veya uzun süreli olarak durabilir. Bu durum evlere, işyerlerine ve endüstrilere sağlanan düzenli elektrik arzını kesintiye uğratarak günlük yaşamı ve ekonomik faaliyetleri olumsuz etkiler. Bir de çevresel sorunlar var. Enerji santralının türüne bağlı olarak, tehlikeli maddelerin kaçak veya sızıntılar gibi sorunlar ortaya çıkabilir ki bu da depremin ardından ortaya çıkan sonuçların daha da kötüleşmesine neden olur.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

5.1.2 Elektrik Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörlere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.2 Elektrik altyapısının depremlere karşı kırılganlığını etkileyen faktörler ile ilgili katılımcıların görüşleri

Elektrik altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına etki eden çeşitli faktörler ortaya çıkmıştır. Elektrik direkleri veya trafo merkez binalarının çevresinde yer alan komşu binalar, elektrik altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına etki eden en yaygın birinci faktör olarak belirtilmiştir. “Komşu Binalar” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Deprem sırasında trafo merkezi binasının çevresinde bulunan binaların yıkılması, ciddi riskler doğuruyor. Trafo merkezi binalarına düşen enkazın, ekipmana zarar verme, elektrik arzında kesintilere ve hatta yangınlara neden olma potansiyeli vardır. Trafo binaları, çevresel koşullara dayanacak şekilde tasarlanmış olsa da, yıkılan binalardan kaynaklanan ani ve beklenmedik yükler, tasarım kapasitesini aşarak yapısal hasarlara yol açabiliyor. Hasarın şiddeti ise yıkılan binaların trafo merkezine olan yakınlığı, depremin büyüklüğü ve trafo merkezinin sağlamlığı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebiliyor.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 8’i, ekipmanlardaki güvenlik açıklarının, elektrik altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına neden olan önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Ekipmanlardaki güvenlik açıkları” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Yapısal hasara uğramayan trafo binalarını incelediğimizde, bina içerisindeki trafoların deprem bağlantılarının öncelikle yatay hareketi önleyecek şekilde tasarlanmış olduklarını gördük. Ancak trafolar, deprem sırasında devrilmelerine yol açan, dikey hareketlere de maruz kaldı. Deprem sırasında*

trafoların devrilmesini önlemek için her yönde uygun bağlantı ve stabilitenin sağlanması çok önemlidir. Bu durum, trafoların deprem bağlantıları tasarlanırken sadece yatay hareketi değil, dikey hareketlerin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6’sı zayıf zemin koşullarının, elektrik altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına neden olan önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. Bu koşullar, genellikle sıvılaşmaya eğilimli, gevşek veya kararsız zemin türlerini kapsamaktadır. “Zayıf zemin koşulları” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Bölgenin zemin özelliklerinin sismik dalgaların yayılma şeklini etkilediği biliyoruz. Yumuşak veya gevşek zeminler yer sarsıntısını artırabilirken, kayalık veya stabil topraklar sismik dalgaları zayıflatma eğilimindedir. Örneğin, sıvılaşmaya yatkın alanlarda, zeminde kaymalar ve oturmalar meydana gelirse altyapı bileşenlerinin bütünlüğü tehlikeye girer. Aslında baktığımızda zeminle ilgili zorluklar yalnızca fiziksel hasar riskini artırmıyor, aynı zamanda deprem sonrası onarım ve restorasyon çalışmalarının etkinliğini de engelliyor.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Elektrik altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına, zemin kaymaları ve kaya düşmelerinin neden olduğunu belirten 10 katılımcıdan 5’i, bu durumun iletim ve dağıtım hatlarına zarar vererek elektrik hizmetlerinin doğrudan etkilenebileceğinin altını çizmiştir. “Toprak kayması ve kaya düşmesi” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Bölgedeki yamaçlardan ya da tepelerden kopmuş olması muhtemel kayaların, trafo binalarına çarpması nedeniyle hasara uğradıkları, içerisinde bulunan ekipmanların kullanılamaz hale geldiklerini gözlemledik. Bunun beraberinde, yüksek tepelerden ayrılan kayalar bir dizi beton dağıtım direğinin yerinden sökülmesine neden oldu. Bu hasar sadece bir ya da iki direkt meydana gelen münferit bir hasar değildi, çarpmalar yol güzergahı üzerindeki tüm direkleri etkilemişti.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

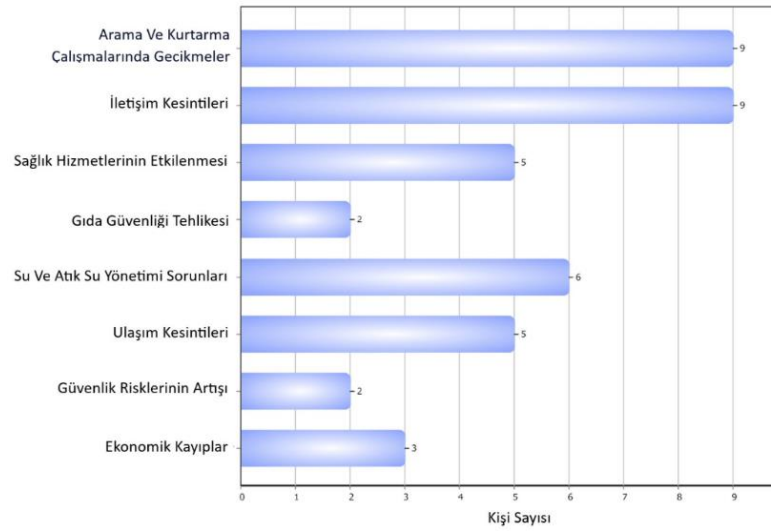
Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5’i, altyapının yaşı, malzeme ve inşaat kalitesinin, elektrik altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına neden olan önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Altyapısının yaşı, malzeme ve inşaat kalitesi” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Deprem sırasında meydana gelen kuvvetler önemli ölçüde harekete ve gerilime neden olarak trafo merkezi binalarının yapısal bütünlüğünü tehlikeye sokmaktadır. Bu deformasyon genellikle hatalı inşaat uygulamalarının olduğu bölgelerde daha sık gözlemlenmekte. Ülkemizde yaşanan son depremde oluşan*

yoğun kuvvetler ve sarsıntı nedeniyle trafo merkez binalarının duvarlarının yıkıldığı, donatı demirlerinin dışarıya taşmış ve bükülmüş olduğu örnekler ile karşılaştık. Bu binaların güvenliğini sağlamak için deprem kuvvetlerini hesaba katan uygun tasarım ve inşaat uygulamalarının hayata geçirilmesi gerekiyor.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Elektrik altyapısının iletişim, su temini ve ulaşım gibi diğer kentsel altyapı sistemleriyle karşılıklı etkileşim içinde olduğuna dikkat çeken 5 katılımcı; birbiriyle bağlantılı bu sistemlerde meydana gelebilecek herhangi bir hasarın, elektrik altyapısının onarım ve koordinasyonunu dolaylı olarak etkileyebileceğini belirtmiştir. “Karşılıklı bağımlılıklar” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Elektrik altyapısı genellikle su temini, haberleşme ve ulaşım ağları gibi sistemlerle bağlantılıdır. Depremler birbirlerine bağlı bu sistemlerden herhangi birisinin bozulmasına neden olduğunda, sonuçları elektrik altyapısını etkileyecek şekilde yansıyabiliyor. Örneğin deprem sonrası, yolların araç geçişini engelleyecek şekilde hasar görmesi, onarım sürelerinde gecikmelerin yaşanmasına neden oluyor. Onarım gecikirse, dolayısıyla kesinti süreleri uzuyor. Kesinti sürelerinin uzaması elektrik altyapısına bağımlı diğer altyapı sektörleri için tehdit oluşturuyor. Çünkü iletişim sektörü de bizden etkileniyor, su altyapısında bizden etkileniyor...*” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4’ü deprem sırasında fay hattı yakınında bulunan elektrik altyapı bileşenlerine gelebilecek potansiyel hasarın önemini vurgulamıştır. “*Bölgenin jeolojik yapısı*” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Fay hatlarına yakın olan altyapıların, depremler sırasında gerçekten büyük bir tehdit altında olduğunu söyleyebilirim. Bu bölgelerde yer alan trafo merkezleri, yeraltı kabloları ve diğer önemli bileşenler yapısal stres ve yer değiştirmeler nedeniyle ciddi sorunlarla karşılaşabiliyor. Dolayısıyla sistem üzerinde aksamalar meydana geliyor ve hatta bazı durumlarda tamamen devre dışı kalabiliyor. Bu bölgeler, deprem sonrası onarım ve restorasyon çalışmaları için de önemli zorluklar teşkil ediyor, etkilenen bölgelere erişim ve bu bölgelerde yapılacak keşifler zorlaşıyor diyebilirim.*” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.1.3 Deprem Sonrası Elektrik Kesintilerinin Oluşturduğu Etkilere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.3 Deprem sonrası elektrik kesintilerinin oluşturduğu etkiler ile ilgili katılımcıların görüşleri

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, deprem sonrası elektrik altyapısının kesintiye uğramasının, arama ve kurtarma ekipleri için önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. İletişim, aydınlatma ve elektrikle çalışan ekipmanların kullanılamaması, özellikle gece karanlık koşullarda yürütülen arama kurtarma çalışmalarını, enkaz altında kalan kişilerin yerinin tespit edilmesini ve bu kişilere yardım edilmesini önemli ölçüde engellemektedir. “Arama ve kurtarma çalışmalarında gecikmeler” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Gece yapılan arama kurtarma çalışmalarında, ışıklandırma ve güç kaynaklarının yetersiz olması gerçekten büyük bir risk oluşturuyor. Görüş mesafesinin azalması kaza ve yaralanma potansiyelini önemli ölçüde artırarak hem kurtarma ekiplerini hem de kazazedeleri tehlikeye atıyor. Dahası, acil durumlarda etkili iletişim olmazsa olmaz bir şey! Kurtarma ekipleri, devlet kurumları ve yardım kuruluşları arasında iletişimin kesilmemesi çok önemli. Ama ne yazık ki deprem sonrası elektrik kesintilerinden kaynaklı, iletişim ağlarında sorunlar yaşanabiliyor ve bu da yardımların düzgün bir şekilde dağıtılmasını engelliyor.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, deprem sonrası elektrik kesintilerinin, iletişim ağlarında kesintilere neden olacağını belirtmiştir. “İletişim kesintileri” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Deprem sonrasında elektrik altyapısındaki bazı bileşenler hasar gördüğünde, hizmet kesintileri yaşanır. Bu kesintilerden, en çok etkilenen sektörlerden biri de iletişim sektörüdür. İletişim, kurtarma operasyonlarında çok önemli bir faktör. Kurtarma çalışmalarının koordinasyonunu sağlar, hayatta kalanların yerlerini*

paylaşmayı ve kaynakların etkili bir şekilde dağıtılmasını kolaylaştırır. Fakat elektrik kesintisi olduğunda, önemli iletişim sistemleri kullanılamaz hale gelebiliyor. Sabit telefonlar, cep telefonları ve internet bağlantıları da bundan etkileniyor. Afetten sonraki ilk saatler kritiktir; zamanında bilgilendirme ve koordinasyon çok önemli olduğundan, olası gecikmeler can kayıpları ile sonuçlanabilir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6'sı, deprem sonrası elektrik kesintilerinin, su ve atıksu sistemlerinde kesintilere neden olacağını belirtmiştir. Elektrik kesintileri, su pompalarının ve arıtma tesislerinin çalışmasını olumsuz etkileyerek su temini sorunlarına, potansiyel hijyen ve sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. “Su ve atıksu yönetimi zorlukları” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Kentsel yaşam alanlarında elektrik ile çalışan pompalar, arıtılmış suyun tesislerden dağıtım depolarına sorunsuz bir şekilde taşınmasında önemli bir rol oynar. Ancak, elektrik kesintisiyle karşılaşıldığında, bu kritik pompalar çalışmayı durdurur. Bunun ilk sonucu, dağıtım şebekesi boyunca su basıncının düşmesi ve kentsel yaşamın temel yönlerinin olumsuz etkilenmesi olarak ortaya çıkar. Su basıncındaki bu düşüş, yangınla mücadele kapasitesinin etkinliğini tehlikeye atar, günlük su tüketimi faaliyetlerini engeller ve temel temizlik rutinlerini sekteye uğratar. Aynı zamanda, atık suyun arıtma tesislerine taşınmasını kolaylaştırmak için elektrikli pompalara bağımlı olan atık su pompa istasyonları da benzer hassasiyetlerle karşı karşıyadır. Elektrik kesintisi, kanalizasyon pompa faaliyetlerinin durmasına yol açarak sağlık risklerini artırır ve zararlı kanalizasyon birikintileri çevreye yayılır.” şeklinde görüş belirtmiştir.*

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, sağlık hizmetlerinin, deprem sonrası elektrik kesintilerinden olumsuz etkileneceğini belirtmiştir. Elektrik kesintilerinin hastaneler ve sağlık merkezleri üzerinde önemli bir etkisi olabileceğini belirten katılımcılar, tıbbi cihazların, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinin bu kesintilerden olumsuz etkileneceğinin altını çizmiştir. “Sağlık hizmetlerinin etkilenmesi” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Elektrik kesintilerinin hastane ve sağlık merkezlerinin işleyişine önemli bir etkisi olduğunu göz ardı edemeyiz. Bu kesintiler, tıbbi cihazların çalışmasını olumsuz etkileyerek kurumun hızlı ve etkili bir şekilde bakım sağlama yeteneğini etkiliyor. Hastaneler, tıbbi ekipmanların çalışmasını sürdürürebilmek ve elektrik kesintileri sırasında hizmetleri devam ettirebilmek için*

genellikle yedek jeneratörlere güvenir. Bu jeneratörler, birincil elektrik kaynağı kesintiye uğradığında hastaların bakımını sağlamak için kullanılır. Ancak, uzun süreli elektrik kesintileri, yedek jeneratörler içinde zorluklar yaratabiliyor. ”şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, ulaşım altyapısının, deprem sonrası meydana gelen elektrik kesintilerinden etkileneceğini belirtmiştir. Elektrik kesintilerinin başta trafik sinyalleri olmak üzere ulaşım altyapısını etkileyerek trafik akışını aksatabileceğini belirten katılımcılar, elektrik enerjisiyle toplu taşıma sistemleri arasındaki karşılıklı bağımlılığa da dikkat çekmiş; kesintilerin kentsel hareketliliği önemli ölçüde sekteye uğratma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. “Ulaşım kesintileri” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Şehirlerdeki metro hatları, günlük ulaşım ihtiyaçlarını karşılamak için kesintisiz elektrik akışına ihtiyaç duyar. Aynı şekilde, havalimanları da hava trafik kontrolü ve bagaj taşıma gibi işlevleri yerine getirebilmek için sürekli elektriğe ihtiyaç duyar. Elektrik kesintilerinin yansımaları, bu önemli ulaşım arterleri üzerinde uzun bir gölge oluşturarak, kentsel alanda yankılanan kapsamlı aksaklıklara yol açmaktadır. Bu karmaşık ilişkiyi göz önünde bulundurarak, öngörülemeyen zorluklar karşısında bile kentsel hareketliliğin engellenmemesini sağlamamız gerekmektedir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

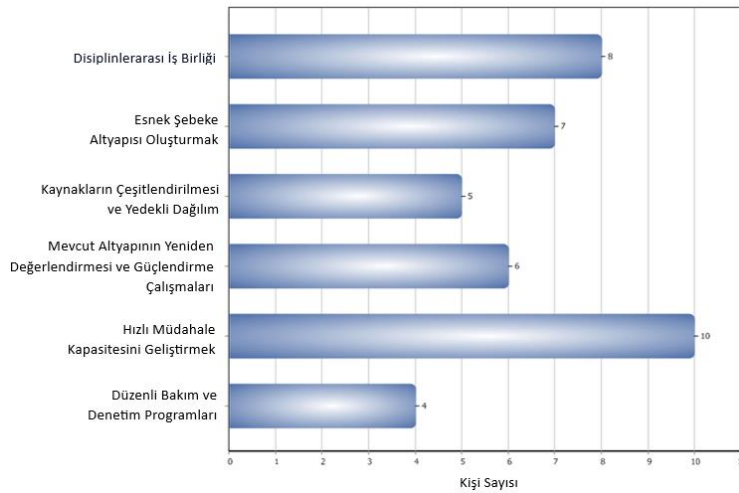
Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 3'ü, deprem sonrası elektrik kesintilerinin, ekonomik açıdan önemli yansımaları olacağını belirtmiştir. “Ekonomik kayıplar” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Özellikle üretim veya teknoloji sektörü gibi sürekli güç kaynağına ihtiyaç duyan sektörlerde, kesintiler üretimi durdurabilir, teslimatları geciktirebilir ve maddi kayıplara yol açabilir. Üretimdeki bu kesinti sadece yerel ekonomileri etkilemekle kalmaz, aynı zamanda bölgesel ve ulusal düzeyde ekonomik kayıplara yol açabilecek daha geniş tedarik zinciri etkilerine de neden olur.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 2'si, deprem sonrası elektrik altyapısının kesintiye uğramasının gıda güvenliği açısından potansiyel bir risk oluşturduğunu belirtmiştir. “Gıda güvenliği tehlikesi” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Elektrik kesintileri ısıtma ve soğutma sistemlerini bozarak iç ortam sıcaklıklarında dalgalanmalara neden olabilmektedir. Bu dalgalanma, gıda maddelerinin güvenliğini*

tehlikeye atarak, potansiyel olarak bozulmaya, tüketiciler için sağlık riskleri ve işletmeler için mali kayıplar oluşturmaktadır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 2'si, elektrik kesintilerinin, güvenlik sistemleri ve sokak aydınlatması da dahil olmak üzere çeşitli sistemleri etkileyerek güvenlik risklerini artırabileceğini belirtmiştir. Aydınlatmanın olmaması, güvenlik sistemleri ve alarm sistemlerinin devre dışı kalması, elektrik kesintileri sırasında güvenlik endişelerinin artmasına katkıda bulunmaktadır. “Güvenlik risklerinin artışı” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Depremi ardından, uzun süreli elektrik kesintilerinin yaşandığı bölgelerde yağmalama olayları, önemli bir endişe kaynağıdır. Afetten etkilenen tüm bölgelerde bu tür olaylar yaşanmasa da, elektrik kesintisi olduğunda bu olaya katkıda bulunabilecek çeşitli etkenler vardır. İlk olarak, elektrik kesintileri alarmlar ve güvenlik kameraları dahil olmak üzere güvenlik sistemlerini devre dışı bırakarak mülkleri hırsızlık olaylarına karşı daha savunmasız bırakır. İkinci olarak, depremler sırasında acil müdahale ve kurtarma çabalarına öncelik verildiği için kolluk kuvvetleri üzerindeki baskı, polis gücünün geçici olarak azalmasına yol açarak suç faaliyetleri için potansiyel fırsatlar yaratır.. Buna ek olarak, kaos ve çaresizlik hissi de dahil olmak üzere afetlerin neden olduğu sosyal bozulma, yiyecek, su ve tıbbi malzeme gibi temel kaynaklar kısıtlandığında fırsatçı hırsızlıklar görülebilir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

5.1.4 Depreme Dayanıklı Elektrik Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.4 Depreme dayanıklı elektrik altyapısı için zarar azaltma önlemleri ile ilgili katılımcıların görüşleri

Soruya yanıt veren 10 katılımcının tamamı, elektrik altyapısının depreme dayanıklılığının artırılmasında önemli bir faktör olarak, hızlı müdahale kapasitesinin geliştirilmesine duyulan kritik ihtiyacı vurgulamıştır. “Hızlı müdahale kapasitesini geliştirmek” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Enerji her sektörün temelidir, bu nedenle elektrik üretme, iletme ve dağıtma işlevlerinin mümkün olan en kısa sürede tekrar işler hale getirilmesi gerekir. Bunun için deprem öncesi uygulamamız gereken bazı kurallar vardır. Kritik ekipmanlarının bir listesi hazırlanmalı ve bu ekipmanlardan hangilerinin değiştirilebileceği, hangilerinin onarılabileceği ve hangilerinin yenilenebileceğini önceden bilinmelidir. İkinci adım, elektrik sektörü ile ilgili afet ve acil durum eylem planının oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu plan, elektriğe bağımlı olan kurum ve kuruluşların belirlenmesini, kritik önem taşıyan operasyonel altyapıların değerlendirilmesini, ilgili risklerin değerlendirilmesini , kısa ve uzun süreli güç ve enerji restorasyon planlarının detaylı bir şekilde tanımlanmasını kapsayan geniş bir plan olmalıdır. Hizmetlerde yaşanan olumsuz etkinin en aza indirilmesi için hızlı müdahale edebilme kapasitesi çok önemlidir. Mobil trafo merkezleri, gücün yeniden sağlanmasını hızlandırabilecek değerli varlıklardır. Stratejik olarak konumlandırılmalı, gereken bakımları yapılmalı ve ekipler acil durum zamanlarında bunları gereken yerlere konuşlandırmaya hazır olmalıdır.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı elektrik altyapısında disiplinler arası iş birliğinin kritik rolünü belirten 10 katılımcıdan 8’i, farklı altyapı sistemleri arasındaki karşılıklı bağımlılığın önemini vurgulamıştır. Katılımcılar, herhangi bir altyapı sistemdeki kesintinin diğer altyapı sistemleri üzerinde domino etkisi yaratabileceğini ifade etmiş; bu sorunun etkili bir şekilde ele alınabilmesi için çeşitli altyapı kuruluşları arasında koordinasyon ve iş birliğinin artırılması gerektiğini belirtmişlerdir. “Disiplinlerarası iş birliği” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Depreme dayanıklı elektrik altyapısı bağlamında, disiplinler arası iş birliği oldukça kritik bir rol üstlenmektedir. Altyapı sistemlerinin birbirine bağımlılığı, dikkate alınması gereken önemli bir husustur. Herhangi bir sektördeki kesintiler, diğer sektörlerin işlevselliğini ve dayanıklılığını da etkileyerek geniş kapsamlı sonuçlar doğurabiliyor. Bu birbirine bağımlılığı kabul etmemiz ve depreme dayanıklılık için tüm kritik altyapı bileşenlerini kapsayan kapsamlı stratejiler geliştirmek üzere iş birliği içinde çalışmamız zorunluluk haline gelmiştir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, elektrik altyapısının depremlere karşı dayanıklılığını arttırmak için esnek şebeke altyapısının gerekliliğine dikkat çekmiştir. Bu yaklaşım, zeminin sağlam olduğu bölgelere kurulum gerçekleştirilmesini, erişiminin kolay olduğu, trafo merkez binalarının diğer binalardan uzak mümkünse yeşil alanlara kurulabilmesini kapsamaktadır. Bu önlemler sayesinde şebekenin esnekliği ve dayanıklılığı artırılarak kritik altyapı üzerindeki deprem etkisinin azaltılacağı, hizmetin kesintisiz bir şekilde sunulacağı düşünülmektedir. “Esnek şebeke altyapısı oluşturmak” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Depreme dayanıklı elektrik altyapısı bağlamında, esnek bir şebeke tasarımının uygulanmasını tavsiye ediyorum. Bu yaklaşım, deprem riskinin düşük olduğu bölgelerde dikkatli yer seçimini, erişilebilirliğin mümkün olduğunca kolay kılınmasını ve trafo merkezi binalarının tercihen yeşil alanlarda ve mümkün olduğunca diğer yapılardan uzakta olacak şekilde konumlandırılmasını kapsamaktadır. Bu tür önlemler şebekenin esnekliğini ve dayanıklılığını önemli ölçüde artırarak depremin kritik altyapı üzerindeki etkisini azaltabilir ve kesintisiz hizmet sunumunu sağlayabilir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6'sı, elektrik altyapısının depremlere karşı dayanıklılığını arttırmak için mevcut altyapının yeniden değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinin kritik öneminden bahsetmiştir. “Mevcut altyapının yeniden değerlendirilmesi ve güçlendirilme çalışmaları” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Bunun akabinde, sabitlenmemiş trafo ve ekipman sorunlarını ortadan kaldırmak için, kullanılan mevcut bağlantı yöntemlerinin değerlendirilerek eksikliklerin veya iyileştirilmesi gereken alanların tespit edilmesi gerekmektedir. Özellikle hem yatay hem de dikey kuvvetlere karşı dayanabilen bağlantılar veya destekler kullanılmasına özen gösterilmelidir. Bağlantı elemanlarının güçlendirilmesi, ek destek elemanlar eklenmesi ve zeminin iyileştirilmesi gibi önlemler ile stabilitenin artırılmasına yardımcı olunabileceğini düşünüyorum.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, iletim ve dağıtım şebekelerinde yedekli dağıtım yöntemlerinin uygulanmasının kritik bir ihtiyaç olduğunu belirtilmiştir. İletim ve dağıtım şebekesi kaynaktan itibaren çok uzun mesafelerden enerjinin taşınması yoluyla kullanıcıya ulaştırılmaktadır. “Depreme dayanıklı elektrik altyapısı için zarar azaltma önlemleri” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Örneğin; bir ilçede iletim sistemine bağlı bir adet trafo merkezi bulunuyor*

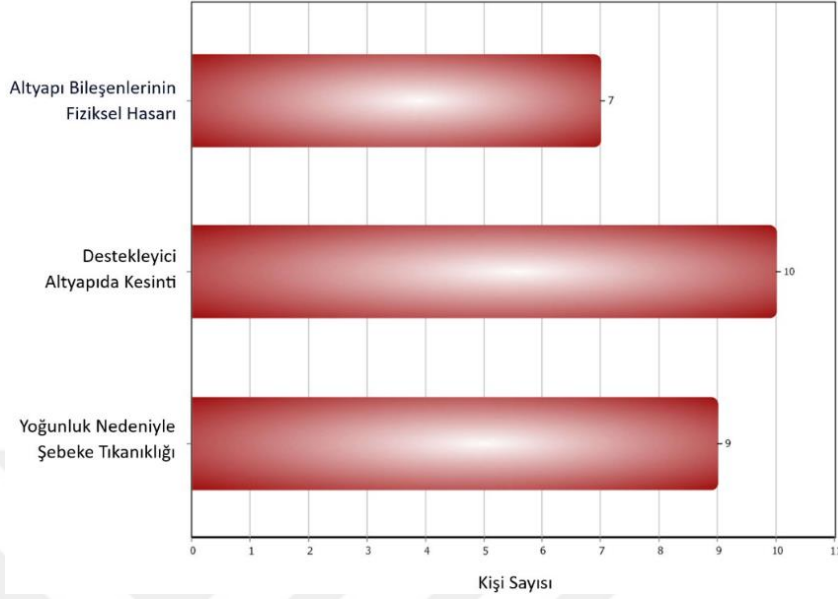
ve deprem anında bu trafo merkezi hasar görürse, dağıtım şebekesi hasar görmese bile enerji arzı sağlanamayacaktır. Bu durumların önüne geçilebilmesi için yerleşim yerlerinin birden fazla trafo merkezinden beslenecek şekilde dizayn edilmesi, trafo merkez sayılarının artırılması, kritik durumlarda mobil trafo merkezlerinin hazır bulundurulması önem arz etmektedir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4’ü, elektrik altyapısının depreme dayanıklılığını artırmada düzenli bakım ve denetim uygulamalarının önemini vurgulamıştır. Bu uygulamalar, eğitimli personelin herhangi bir hasar belirtisini tespit etmek için enerji santrallerini, trafo merkezlerini, transformatörleri, dağıtım hatlarını ve ekipmanları kapsamlı bir şekilde incelediği planlı denetimleri kapsamaktadır. “Düzenli bakım ve denetim programları” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Elektirik altyapısı bakım ve denetimlerinin sıklığını artırmak doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu uygulama kamu güvenliğini ve altyapı güvenilirliğini korumaya yönelik ileriye dönük bir sorumluluktur. Bu çerçevede, eğitimli personelin enerji santrallerini, trafo merkezlerini, trafoları, dağıtım hatlarını ve ekipmanların hasar belirtilerini tespit etmek üzere kapsamlı bir şekilde incelediği planlı denetimler gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Daha sonra, bağlantıların güçlendirilmesi ve yıpranan bileşenlerin değiştirilmesi gibi tespit edilen güvenlik açıklarının proaktif bir şekilde ele alınması için önleyici bakım tedbirleri alınmalıdır. Buna ek olarak, ayrıntılı denetim kayıtları ve bakım geçmişleri de dahil olmak üzere kayıtların özenle tutulması gerekmektedir. Çünkü bu kayıtlar, geçmişteki güvenlik açıklarını değerlendirmek ve bunların azaltılmasını sağlamak için değerli referanslar olarak hizmet eder ve bu uygulamanın önemini daha iyi bir şekilde tespit etmemize yardımcı olur.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

5.2 İletişim Altyapısı Kapsamında Gerçekleştirilen Görüşme Analizinden Elde Edilen Bulgular

Yapılan görüşme verilerinin analizi sonucu elde edilen bulgular, “Deprem sonrası iletişim kesintilerinin nedenlerine ilişkin bulgular”, “İletişim altyapısının depremlere karşı kırılganlığını etkileyen faktörlere ilişkin bulgular”, “Deprem sonrası iletişim kesintilerinin oluşturduğu etkilere ilişkin bulgular” ve “Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltma önlemlerine ilişkin bulgular” şeklinde başlıklar altında sunulmuştur.

5.2.1 Deprem Sonrası İletişim Kesintilerinin Nedenlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.5 Deprem Sonrası İletişim Kesintilerinin Nedenleriyle İlgili Katılımcıların Görüşleri

10 katılımcının tamamı, deprem sonrası iletişim kesintilerine neden olan birincil faktörün, destekleyici altyapının hizmet verememesinden kaynaklandığı konusunda hem fikir olmuştur. “Destekleyici altyapıda kesinti” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Baz istasyonları kuruldukları alanlarda enerjilerini elektrik sistemlerinden almakla birlikte olası kesinti durumunda çalışmaya devam edebilmesi için akü sistemleri ile de desteklenmektedir. Ancak bu sistemlerin süresi de çalışma durumuna göre ortalama 6 saat civarındadır. Geçtiğimiz yıllarda tüm Türkiye’de yaşanan genel elektrik kesintilerinde bu akülerin hizmet süresini arttırabilmek amacıyla GSM firmalarınca baz istasyonlarının haberleşme kalitesi 4G’den 2G seviyesine düşürülerek akülerin hizmet süreleri ortalama 10 saat civarına çıkarılarak baz istasyonlarının kesinti alanlarının kısıtlanması yoluna gidilmiştir. İşte bu nedenlerle depremlerde haberleşme sadece baz istasyonlarının yıkılması nedeniyle değil aynı zamanda elektrik kesintileri nedeniyle de sekteye uğramaktadır.*” şeklinde görüş belirtmiştir.

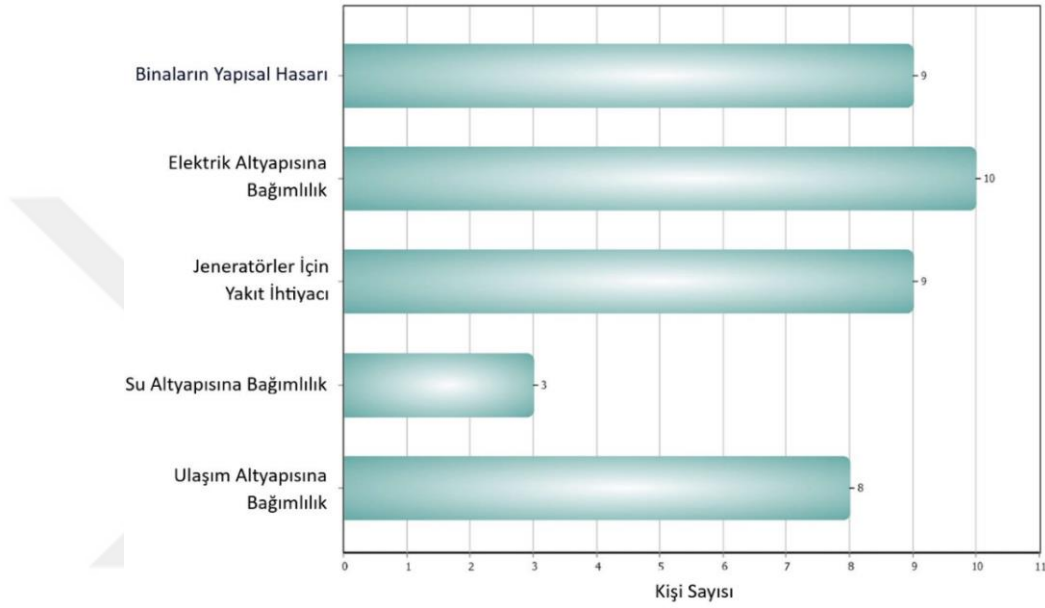
Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9’u, yüksek çağrı hacminin neden olduğu şebeke tıkanıklığının, deprem sonrası iletişim kesintilerine katkıda bulunan önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Yoğunluk nedeniyle şebeke tıkanıklığı” ile ilgili olarak

bir katılımcı; “Depremden sonra birçok kişi aynı anda arama yapmaya çalışır, bu da hücresel ağları zorlar ve aramaların kesilmesine neden olur. Baz istasyonlarının belli bir kapasitesi vardır, belirli sayıda kişi aynı anda bağlanabilmektedir. Örnek üzerinden anlatırsam daha iyi anlaşılacağını düşünüyorum; iki şeritli bir yolumuz var, biz bu yolu dört şeride veya altı şeride çıkarttık. Şerit sayısını ne kadar arttırsak arttıralım, şehirdeki tüm araçlar yola çıkar ve bu yolları kullanmaya çalışırsa, yollardan geçiş mümkün olmayacaktır. Bu sorunun etkili bir şekilde üstesinden gelebilmek için, afete hazırlık konusunda kamu bilincinin artırılması şarttır. İnsanları kriz durumlarında iletişimlerini internet tabanlı hizmetlere kaydırmaya teşvik etmek, geleneksel ağlar üzerindeki yükü önemli ölçüde hafifletecektir. Çağruları ve mesajları bu platformlara yönlendirerek veri kullanımını azaltabilir ve daha güvenilir bir iletişim ortamı oluşturabiliriz.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, iletişim altyapısı bileşenlerinde meydana gelen fiziksel hasarın deprem sonrası iletişim kesintilerine katkıda bulunan önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Altyapı bileşenlerinin fiziksel hasarı” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Mobil iletişim sistemleri bina üzerine kurulu bulunan verici/aktarıcı baz istasyonları sayesinde yapılmaktadır. Arama yaptığınızda telefonunuzdan gönderilen frekans en yakın baz istasyonuna gider, oradan o mobil iletişim şebekesinin o bölgedeki istasyonuna ulaşır, istasyonda bulunan sistemler ile arama yaptığınız telefonun en yakınındaki baz istasyonuna ve oradan da aradığınız kişinin telefonuna ulaşarak aramanın gerçekleşmesi sağlanır. Saymış olduğum bütün bu işlemler saliseler gibi kısa zamanda aralığında gerçekleşmektedir. Buradan şuraya varmak istiyorum. Mobil iletişim sisteminin çalışabilmesi için iki telefon (arayan/aranan) iki baz istasyonu (arayandan santrale/santralden aranana gidecek olan aradaki baz istasyonu) ve bütün bu bileşenlerin sonuca ulaşması için de bir ara santrale ihtiyaç vardır. Bahsetmiş olduğum iki telefon arasındaki bileşenler de fiziki yapılar (binalar/kuleler) içinde bulunmaktadır. Santraller depremlerde zarar görmeyecek şekilde gerekli inşaa özelliklere bağlı kalınarak yapılıyor olsa da yaşanan son depremde bölgede bulunan santraller de kısıtlı da olsa zarar görmüştür. Diğer bileşen olan baz istasyonları ise kiralama yoluyla yerleşim binalarının üzerine, kamu kurumlarınca tahsis edilen veya özelden kiralanan arazilerde kulelere ve aydınlatma direkleri üzerine kurulmaktadır. Yaşanan depremin büyüklüğüne göre oluşacak hasarlar iki ana unsura zarar vermektedir. Bunlardan birincisi belirtmiş olduğum bu

bina ve kule/direklerin hasara uğraması sonucunda bu yapılar üzerine kurulmuş olan baz istasyonlarının yıkılarak zarar görmesidir. İkincisi ise baz istasyonları ile santraller arasında yapılmış olan altyapı sistemlerinin zarar görmesidir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.2.2 İletişim Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörlere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.6 İletişim Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri

İletişim altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına etki eden çeşitli faktörler ortaya çıkmıştır. Elektrik altyapısına bağımlılık, iletişim altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına etki eden en yaygın birinci faktör olarak belirtilmiştir. “Elektrik altyapısına bağımlılık” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*İletişim altyapısının sorunsuz bir şekilde çalışabilmesi için elektrik enerjisine ihtiyacı vardır. Bu bağımlı olma durumu, çok sayıda ekipman ve teknolojiden oluşan iletişim sisteminin her yönüne yayılmaktadır. Elektrik tedariğindeki herhangi bir kesinti, iletişim hizmetlerinde anında kesintilere yol açabilmektedir. Bazı iletişim tesisleri jeneratör ve batarya gibi yedek güç sistemleriyle donatılmış olsa da, bu yedek güçlerin, özellikle deprem gibi olayların neden olduğu uzun süreli elektrik kesintilerinde bazı sınırlamaları vardır.*” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, binaların yapısal hasarının, iletişim altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Binaların yapısal hasarı” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Depremler sırasında baz istasyonlarının en fazla zarar gördüğü yerler, genellikle insanların ikamet ettiği konutlar üzerinde bu istasyonlara ev sahipliği yapan binaların ciddi yapısal hasara uğraması ya da yıkılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu binalar her ne kadar ilgili kamu kurumlarının izin ve ruhsatları ile yürürlükte bulunan mevzuatlar çerçevesinde yapılıyor olsa da kontrol ve takibin yeterli seviyede olmaması, imar aflarının çıkarılarak depreme dayanıksız binalara yapı ruhsatı verilmesi, inşaat ruhsatlarının verilmesi aşamasında deprem fay hatlarının dikkate alınmaması ve zemin etüdü uygun olmayan yerlere ruhsat verilmesi gibi nedenler bu binaların yıkılmasına sebep vermektedir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

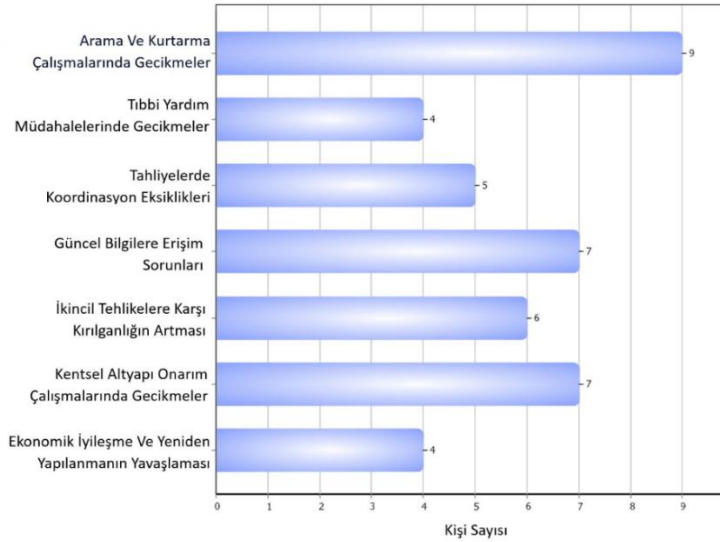
Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, jeneratörler için yakıt ihtiyacının, iletişim altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Jeneratörler için yakıt ihtiyacı” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Elektrik kesintisi durumunda, iletişim altyapısının temel hizmetleri sürdürmek için yedek jeneratörlere ihtiyacı vardır. Bu jeneratörler gerekli gücü sağlayabilmek için genellikle dizel yakıtla çalışır. Ancak deprem sırasında yakıt tedarik zincirlerinin kesintiye uğraması, bu jeneratörler için yakıt bulunabilirliğini potansiyel olarak etkilemektedir. Yedek jeneratörler için devamlı ve yeterli yakıt tedarikinin sağlanması, uzun süreli elektrik kesintileri sırasında iletişim ağlarının sürdürülebilmesi için çok önemlidir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 8'i, ulaşım altyapısına bağımlılığın, iletişim altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Ulaşım altyapısına bağımlılık” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“İletişim altyapısı, büyük ölçüde ulaşım altyapısına bağlıdır. Bu karşılıklı bağımlılık çeşitli yönleri kapsamakta olup, kritik yönlerden biri de jeneratörler için yakıt tedarikidir. Elektrik kesintileri sırasında, iletişim ağlarını çalışır durumda tutmak için jeneratörler son derece önemlidir; ulaşım sistemleri jeneratörlere yakıtın zamanında teslim edilmesini sağlar. Ayrıca, yollar ve otoyollar da dahil olmak üzere ulaşım altyapısı, onarım ekiplerinin hasar görmüş alanlarına hızlı bir şekilde sevk edilmesini*

kolaylaştırarak, kesintilerden sonra hizmetlerin hızlı bir şekilde yeniden kurulmasını sağlamada önemli bir rol oynamaktadır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 3'ü, su altyapısına bağımlılığın, iletişim altyapısının depremlere karşı savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Su altyapısına bağımlılık” ile ilgili olarak bir katılımcı; “İletişim ve su altyapısı arasındaki karşılıklı bağımlılık, iletişim ağlarının kesintisiz çalışmasını sağlamada önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu ilişki, başta veri merkezlerinin ve kritik iletişim ekipmanlarının soğutulmasında suya olan bağımlılık olmak üzere çeşitli temel bileşenleri içermektedir. Gerekli sunucuların ve ağ bileşenlerinin bulunduğu veri merkezleri, düzenli operasyonlar sırasında önemli ölçüde ısı üretir. Aşırı ısınmayı önlemek ve performansın optimum düzeyde kalmasını sağlamak için soğutma sistemleri zorunludur ve genellikle verimli sıcaklık kontrolü için sabit bir su kaynağı kullanırlar.” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.2.3 Deprem Sonrası İletişim Kesintilerinin Oluşturduğu Etkilere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.7 Deprem Sonrası İletişim Kesintilerinin Oluşturduğu Etkiler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, deprem sonrası iletişim altyapısının kesintiye uğramasının arama ve kurtarma ekipleri için önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. Arama ve kurtarma çalışmaları” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Deprem sonrasında iletişim sistemlerinin kesintiye uğraması, arama ve kurtarma çalışmaları için önemli zorluklar ortaya çıkarmaktadır. İletişim ağlarının etkili bir şekilde

çalışması, bu operasyonların hızlı ve verimli bir şekilde koordine edilmesi ve yürütülmesinin bel kemiğidir. İletişim ağları devre dışı kaldığında, hayatta kalan kişilerin konumları hakkında bilgi edinmek, hasarın boyutunu değerlendirmek ve kaynakların etkin bir şekilde harekete geçirilmesini sağlamak zorlaşır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, deprem sonrası iletişim kesintilerinin güncel bilgilere erişimi engelleyebileceğini belirtmiştir. “Güncel bilgilere erişim” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Yoğun nüfuslu kentsel alanı vuran büyük bir deprem sonrasında, enkaz altında kalan fakat hayatta kalan kişilerin en kısa sürede yerlerinin tespit edilmesi, altyapı hasarının zamanında değerlendirilerek onarılması çok önemlidir. Güncel verilere erişim olmadan, kurtarma ekipleri çalışmalarını verimli bir şekilde önceliklendirmekte zorluk çekecek, bu durum potansiyel olarak müdahale sürelerinin uzamasına neden olacaktır. Buna ek olarak, güncel ve güvenilir bilgi olmadan, yayılan söylentiler ve yanlış bilgiler durumu daha da kötü hale getirecek; bu da etkilenen nüfus arasında gereksiz korku ve endişeye yol açacaktır.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, deprem sonrası iletişim kesintilerinin altyapı onarım çalışmalarını sekteye uğratabileceğini belirtmiştir. “Kentsel altyapı onarım çalışmalarında gecikmeler” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Özellikle hasarın boyutu ve onarım için gereken öncelikli alanların belirlenmesi için zamanında ve doğru bilgi akışı çok önemlidir. Güvenilir iletişim olmadan, kentsel altyapı onarım çalışmaları sekteye uğrayacak, elektrik hizmet kesintilerinin, su tedarik kesintilerinin ve ulaşım sorunlarının süreleri uzayarak depremden etkilenen topluluk üzerindeki etki daha da ağırlaşacaktır. Radyo iletişim cihazları, kapsama alanındaki tüm alıcılar ile iletişim kurabilmesi sayesinde afet anında bilgi aktarımı için büyük önem taşır. Yüksek kapsama alanına sahip vericiler, çalışmak için önemli ölçüde enerjiye ihtiyaç duyduklarından elektrik şebekesine ya da bir jeneratöre bağımlı olsalar da, kısa mesafelerde haberleşmek için telsiz gibi pilli alıcı ve vericiler rahatlıkla kullanılabilir. Buna ek olarak uydu telefonları; cep telefonları gibi kara iletişim şebekelerine bağımlı olmayan bu sesli haberleşme cihazları, uydular aracılığı ile mesafe fark etmeksizin iletişim kurmayı sağlarlar.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6'sı, deprem sonrası iletişim kesintilerinin ikincil tehlikelere karşı kırılabilirliği artırabileceğini belirtmiştir. “İkincil tehlikelere karşı kırılabilirliğin artması” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Depremden sonra iletişimin kesilmesi afet yönetimi açısından oldukça önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Bu durum yalnızca acil müdahale çabalarını engellemekle kalmayıp aynı zamanda ikincil tehlikelere karşı kırılabilirliğin da artmasına neden olmaktadır. Yangınlar, depremleri takip eden en önemli ikincil tehlikedir. Patlayan doğalgaz hatları, yıkılan elektrik direkleri gibi çeşitli durumlar yangınların çıkmasına neden olabilir. Bu gibi olaylarda hızlı ve etkili iletişim önemli bir noktadır; itfaiye ekiplerinin hemen haberdar edilmesini, personelin ve kaynakların hızlı bir şekilde harekete geçirilmesini sağlar. Bu iletişim döngüsü ne kadar hızlı işlerse, yangını kontrol altına alma ve hem can hem de mal üzerindeki etkisini en aza indirme şansı o kadar artar.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

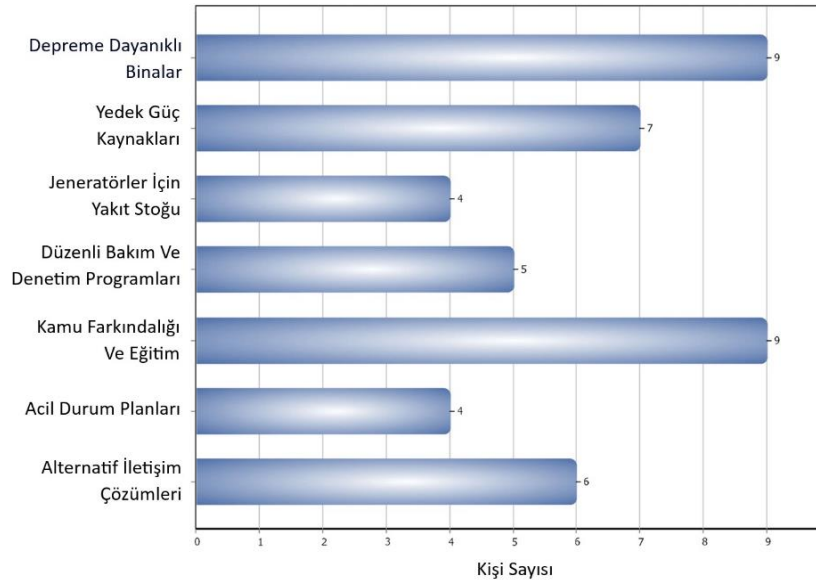
Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, deprem sonrasında yaşanan iletişim kesintilerinin, tahliye koordinasyonunu engelleyebileceğini belirtmiştir. “Tahliyelerde koordinasyon eksikliği” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Depremin ardından iletişim bağlantılarının kesilmesi, afete müdahale ve tahliye çalışmaları açısından önemli zorluklar teşkil etmektedir. Bölgede yaşayan vatandaşlar, yetkililerin doğru yönlendirmesi olmadan nereye gideceklerini ya da hangi güzergahı kullanacaklarını bilemezler ve bu da herkesin aynı anda bölgeyi terk etmeye çalışması nedeniyle trafik sıkışıklığına yol açar. Bu sıkışıklık sadece araçların hareketini engellemekle kalmayacak, aynı zamanda acil müdahale ekiplerinin zamanında ulaşmasını da engelleyecektir. Ayrıca, iletişim eksikliği bölge sakinlerinin uygun olmayan barınma yerlerinde veya ikincil tehlikelere açık alanlarda toplanmasına yol açarak güvenliklerini daha da tehlikeye atabilmektedir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4'ü, deprem sonrasında iletişim altyapısının kesintiye uğramasının, özellikle hayati önem taşıyan tıbbi yardım müdahalelerinin gerçekleştirilmesinde gecikmelere yol açarak önemli zorluklara yol açabileceğini belirtmiştir. “Tıbbi yardım müdahalelerinde gecikmeler” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“İletişim şebekelerinin çökmesiyle, vatandaşların acil tıbbi yardım talep etmeleri ya da tıbbi tesislerin müdahaleyi koordine etmeleri zorlaşabilir. Bu durum, ağır yaralı afetzedelerin tıbbi değerlendirmelerinin, tedavilerinin ve nakillerinin gecikmesine yol*

açabilmektedir. Buna ek olarak, önemli hasta bilgilerinin ve tıbbi malzeme ihtiyaçlarının iletilmemesi, kaynakların ve personelin verimli bir şekilde tahsis edilmesini engelleyerek müdahale sürelerini daha da uzatabilir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4'ü, deprem sonrasında iletişim altyapısının kesintiye uğramasının, özellikle ekonomik iyileşmeyi engellemesi ve yeniden yapılanma sürecinin yavaşlatması açısından önemli zorluklar yaratabileceğini belirtmiştir. “Ekonomik iyileşme ve yeniden yapılanmanın yavaşlaması” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Depremi ardından yaşanan iletişim kesintilerinin geniş kapsamlı ekonomik sonuçları olabileceği dikkate alınmalıdır. İşletmeler, ticari ve finansal işlemlerin sorunsuz bir şekilde yürütülebilmesi genellikle etkin iletişim ağlarına bağlıdır. Bu ağlar kesintiye uğradığında, tedarik zincirlerinin, finansal işlemlerin ve ticari faaliyetleri arasındaki koordinasyon sekteye uğrayarak, genel toparlanma ve yeniden yapılanma çabalarını sekteye uğratacaktır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.2.4 Depreme Dayanıklı İletişim Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.8 Depreme Dayanıklı İletişim Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemleri ile İlgili Katılımcıların Görüşleri

Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, depreme dayanıklı binaların kritik öneminden bahsetmiştir. “Depreme dayanıklı binalar” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Depremde baz istasyonlarının en çok zarar gördüğü yerler, vatandaşların yaşadığı konutların üzerine kurulan baz istasyonlarının binanın ağır hasar görmesi veya yıkılması neticesinde oluşmaktadır. Bu nedenle çıkarılacak özel GSM/haberleşme kanunu ile baz istasyonlarının şahıs binalarının üzerine kurulması uygulamasına son verilmeli ya da illerde kurulacak uzmanlardan oluşan bir komisyon tarafından depreme dayanıklı şekilde yapıldığı belgelerle kanıtlanmış olan binalar için ruhsat verilmesi sağlanmalıdır. Baz istasyonlarının şahıs binaları üzerine kurulmasının yasaklanmasının baz istasyonlarını azaltacağı için haberleşmenin kesintiye uğramaması için de baz istasyonlarının; kamu binaları üzerine zorunlu kurulmasının önünün yasal olarak açılması için mevzuat değişikliği yapılmalıdır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, kamu farkındalığı ve eğitimin kritik öneminden bahsetmiştir. “Kamu farkındalığı ve eğitim” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltma önlemleri arasında halkın bilinçlendirilmesi ve eğitimi de önemli bir yer tutmaktadır. Bu yaklaşım, halkı deprem riskleri, afetler sırasında etkili iletişimin önemi ve bu tür durumlarda iletişim araçlarının kullanımı konusunda eğitmeye odaklanır. Eğitimler, bölgesel deprem riskleri hakkında farkındalık yaratmayı, insanlara çeşitli iletişim platformlarını nasıl kullanacaklarını öğretmeyi ve acil durum uygulama ve hizmetlerinin kullanımını teşvik etmeyi amaçlar. Eğitim ayrıca tahliye prosedürleri, sığınak yerleri ve toplum dayanıklılığını da kapsamaktadır. Halkın bilinçlendirilmesi deprem sırasında ve sonrasında şebeke tıkanıklıklarının önlenmesinde önemli bir rol oynayabilir. İnsanlar afet riskleri ve bu tür durumlarda nasıl etkili iletişim kuracakları konusunda iyi bilgilendirildiklerinde, iletişim ağlarını gereksiz aramalar ve mesajlarla aşırı yükleme olasılıkları azalacaktır. Bu eğitim, bireyleri sesli aramalara kıyasla daha az bant genişliği gerektiren kısa mesajlar veya sosyal medya gibi alternatif iletişim araçlarını kullanmaya teşvik edecektir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, yedek güç kaynaklarının kritik öneminden bahsetmiştir. “Yedek güç kaynakları” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Elektrik kaynaklı kesintilerin haberleşmeyi etkilememesi için alınması gereken en önemli tedbir baz istasyonlarında kullanılan yedek enerji sistemlerinin çok daha uzun hatta kesintisiz enerji sağlayacak teknolojiler ile desteklenmesidir. Baz istasyonlarının güvenilir ve uzun ömürlü yedek güce sahip olmasını sağlamak, telekomünikasyon altyapısının depremlerin yarattığı zorluklara daha iyi dayanmasını ve uzun süreli elektrik kesintileri karşısında bile kesintisiz iletişim kurulmasını sağlayabilir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6'sı, alternatif iletişim çözümlerinin kritik öneminden bahsetmiştir. “Alternatif iletişim çözümleri” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Afetler sırasında etkili iletişimin sürdürülmesi, hızlı müdahale ve koordinasyon için son derece önemlidir. Afetten etkilenen bölgeye ulaştığımız andan itibaren sahadaki ekiplerin, operasyon merkezinin ve genel merkezin birbirleriyle iletişime geçebileceği bir haberleşme ağı kurulması gerekiyor. Yalnızca telsiz sistemleri ya da yalnızca karasal telefonlar gereksinimlerimizi karşılamayacaktır. Kullandığımız cihazlara baktığımızda, cep telefonları, karasal telefonlar, analog telsizler, uydu telefonları, dijital haberleşme... Örneğin bir bölgede GSM operatörü çalışmıyorsa, oradaki telefon iletişimini kaldırır ve yerine uydu telefonlarını yerleştiririz. Şayet karasal telefon sistemleri çalışıyorsa tabii ki öncelikle o sistemini kullanırız; böyle bir durumda uydu telefonunu tercih etmeyiz. Burada operasyon merkezi ile merkezimiz arasındaki uzaklık önemli; yani telsiz kapsama alanı içerisindeyse telsiz üzerinden konuşmayı tercih edebiliyoruz. Sahadaki ekipler ile genel olarak operasyon merkezleri el ve araç telsizleri ile iletişim kuruyorlar. Kullandığımız iletişim araçlarının, hepsinin artılarını ve eksilerini gözlemleyebiliyoruz. Telsiz sistemlerinin arama kurtarma ekiplerine sağladığı en büyük artı; altyapıdan bağımsız olabilmesidir, bir jeneratör ya da akü yardımıyla çalıştırabiliyor olmamız her an hareket halinde olma yeteneğini sağlıyor. Telsiz sistemlerinin eksi yönüne gelecek olursak, çevresel koşullardan etkilenmektedir; coğrafi koşullar, hava koşulları ve hatta haberleşmek istediğimiz zaman bile iletişimimizi olumsuz etkileyebiliyor. Az önce de bahsettiğim gibi hiçbir, en mükemmeli bu, diyebileceğimiz noktada değil. Her birini o anki duruma,*

gideceğimiz sahaya, yapacağımız operasyonun türüne göre karar vererek seçiyoruz. Günümüzde internet tabanlı araçlarda hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiş bulunurken, arama ve kurtarmada da önemli roller üstleniyor. Örneğin Kahramanmaraş depreminden sağ kurtulan bir kişi bizlere Twitter üzerinden ulaşarak, enkaz altında olduğunu belirterek nerede olduğunu bilgisini verdi. Bunun üzerine ekiplerimiz belirtilen yere giderek kazazedeyi enkaz altından çıkardı. Ancak yine de telsiz sistemleri bizim tercih edeceğimiz sistemler arasında yer alıyor.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, düzenli bakım ve denetim programlarının kritik öneminden bahsetmiştir. “Düzenli bakım ve denetim programları” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltıcı önlemler arasında düzenli bakım ve denetim programlarının oluşturulmasına yer verilmelidir. Bu programlar, baz istasyonları, iletim ekipmanları, kablolar ve veri merkezleri de dahil olmak üzere iletişim ağının çeşitli bileşenlerini değerlendirmek için eğitilmiş personel tarafından yapılan planlı denetimleri içermelidir. Amaç, herhangi bir hasar belirtisini erkenden tespit ederek proaktif bakım ve onarımlara olanak sağlamaktır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

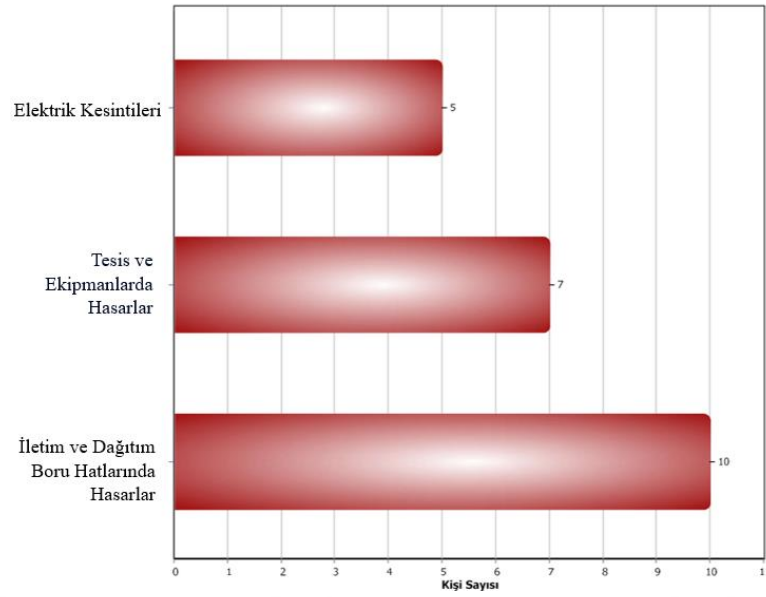
Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4'ü, jeneratörler için yakıt stoğunun kritik öneminden bahsetmiştir. “Jeneratörler için yakıt stoğu” ile ilgili olarak bir katılımcı; “İletişim altyapısının depreme karşı daha dayanıklı hale getirmek için jeneratörler yeterli yakıt stoğuna sahip olmak önemlidir. Deprem sonrasında meydana gelen elektrik kesintileri, iletişim altyapısını kesintiye uğratmaktadır. Jeneratörler bu gibi durumlarda yedek güç kaynağı olarak görev yapar. Çalışmaya devam etmelerini sağlamak için, sahada veya yakındaki tesislerde dizel veya doğal gaz gibi yeterli miktarda yakıt depolanmalıdır. Bu yakıt rezervini korumak için düzenli denetimler ve yakıt ikmali programları oluşturulmalıdır. Yakıt stoğunun olması kritik iletişim ekipmanlarının çalışır durumda kalmasını sağlayarak hizmet kesintisi riskini azaltır ve sismik olaylar sırasında ve sonrasında etkili iletişim kurulmasına olanak tanır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı iletişim altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4'ü, acil durum planlarının kritik öneminden bahsetmiştir. “Acil durum planları” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Deprem toplanma alanı, barınma alanı gibi deprem öncesinde belirlenmiş olan kriz alanlarının önceden hazırlanması amacıyla GSM firmalarınca bu alanlara ortak kule kurarak baz istasyonu kurması, bu kulelerde ayrıca karasal telsiz röle istasyonlarının da yer alması, bu kulelere ve alanlara fiber altyapısının kurulması, enerji altyapısının deprem sonrasındaki yoğunluğu kaldırabilecek şekilde hazırlanması, sabit hat telefon altyapısının da oluşturulmuş olması gerekir. İlgili mevzuatlarda GSM firmalarının altyapı geliştirme ve afet sonrası hizmetlerde aksaklık yaşanmaması amacıyla her yıl bütçelerinin yeterli düzeyde belli bir bölümünü altyapı iyileştirme/geliştirme ile mobil baz istasyonu alımına ayırmasının sağlanması ve denetlenmesi gerekir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

5.3 Su ve Atıksu Altyapısı Kapsamında Gerçekleştirilen Görüşme Analizinden Elde Edilen Bulgular

Yapılan görüşme verilerinin analizi sonucu elde edilen bulgular, “Deprem sonrası su ve atıksu kesintilerinin nedenlerine ilişkin bulgular”, “Su ve atıksu altyapısının depremlere karşı kırılganlığını etkileyen faktörlere ilişkin bulgular”, “Deprem sonrası su ve atıksu kesintilerinin oluşturduğu etkilere ilişkin bulgular” ve “Depreme dayanıklı su ve atıksu altyapısı için zarar azaltma önlemlerine ilişkin bulgular” şeklinde başlıklar altında sunulmuştur.

5.3.1 Deprem Sonrası Su ve Atıksu Kesintilerinin Nedenlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.9 Deprem Sonrası Su ve Atıksu Kesintilerinin Nedenleriyle İlgili Katılımcıların Görüşleri

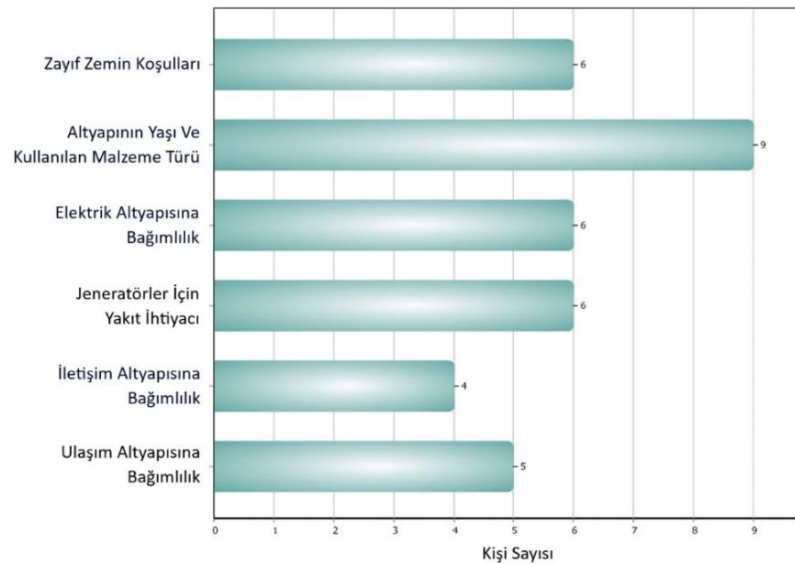
Soruya yanıt veren 10 katılımcının tamamı, deprem sonrası su ve atıksu altyapısında meydana gelen kesintilerin, iletim ve dağıtım boru hatlarında meydana gelen hasarlardan kaynaklandığını belirtmiştir. “İletim ve dağıtım boru hatlarında hasarlar” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Deprem sonrası su ve atık su altyapısında meydana gelen kesintiler genellikle yeraltına döşenmiş boru hatlarında meydana gelen hasarlarla ilişkilidir. Deprem sırasında oluşan güçlü yer sarsıntıları zeminin yer değiştirmesine ve toprağın sıvılaşmasına yol açarak boru hatlarında kopmalara veya sızıntılara neden olmaktadır. Bu tür hasarlar evlere ve işyerlerine temiz su akışını kesintiye uğratarken, su kaynaklarının kanalizasyonla kirletilmesine de yol açabilmektedir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7’si deprem sonrası su ve atıksu altyapısında meydana gelen kesintilerin, tesis ve ekipmanlarında meydana gelen hasarlardan kaynaklandığını belirtmiştir. “Tesis ve ekipmanlarında meydana gelen hasarlar” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Deprem sonrası su ve atıksu altyapısında meydana gelen kesintilerin temel nedeni, genellikle tesislerde ve yeraltı boru hatlarında meydana gelen hasarlardan kaynaklanmaktadır. Bu hasarlar, yeraltı su borularının çatlamasından depolama tanklarının zarar görmesine, su arıtma tesislerinde ekipmanların zarar görmesinden elektrik kesintilerine kadar çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir. Örneğin ülkemizde yaşanan son deprem sonrası yapılan değerlendirmelerde, bazı tesis binalarında kayda değer yapısal hasarlar ve bu*

yapıların çevresinde 20 cm'ye varan zemin oturmaları tespit edilmiştir. Hidrolik sistemlerde önemli işlevsel bozukluklar meydana gelmiş, bazı arıtma ünitelerinin zemin oturmalarına karşı yüksek hassasiyet gösterdiği görülmüştür. Bu ve benzer hasarların, su temini ve atıksu sistemlerinin işlevselliğini ciddi şekilde etkilemektedir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, deprem sonrası su ve atıksu altyapısında meydana gelen kesintilerin, elektrik kesintilerinden kaynaklandığını belirtmiştir. “Elektrik kesintileri” ile ilgili olarak bir katılımcı; *Su ve atık su altyapısında elektrik kesintileri nedeniyle meydana gelen kesintiler önemli bir sorundur. Elektrik olmadığında bazı sistemler çalışmayı durdurabilir, bu da su basıncında azalmaya, potansiyel kirlenme sorunlarına ve kanalizasyon sisteminin çalışmamasına neden olur. Elektrik altyapısı ve su altyapısı arasındaki karşılıklı bağımlılık aşıkardır; dolayısıyla depremler sırasında ve sonrasında su arıtma tesislerinin kesintisiz çalışmasını sağlayabilmek için jeneratörler gibi güvenilir yedek güç kaynakları hayati önem taşımaktadır.*” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.3.2 Su ve Atıksu Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörlere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.10 Su ve Atıksu Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, altyapının yaşı ve kullanılan malzeme türünün, su ve atıksu altyapısının savunmasızlığına etki eden en önemli faktör olduğunu belirtmiştir. “Altyapının yaşı ve kullanılan malzeme türü” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Ne yazık ki biz insanlar, yeraltında bulunan göremediğimiz tehlikeleri görmezden geliyoruz veya gözden kaçırıyoruz. Geçmişten günümüze meydana gelen depremlere ilişkin bilgi ve deneyimlere istinaden, özellikle zemin yapısının değiştiği bölgelerde, sıvılaşma tehlikesinin yüksek olduğu zayıf zeminlerde, boru hatlarının birleşim yerlerinde, önemli yer hareketinin olduğu faylarda, heyelan bölgelerinde veya geçiş bölgelerindeki boru hatlarında çeşitli hasarlar meydana geldiği gördük. 1999 Marmara depremi sonrası yapılan incelemelerde, gömülü borularda meydana gelen hasarların ana nedeninin kullanılan malzeme türü ile boruların bağlantı noktalarındaki ayrılmalardan kaynaklandığı gözlemledik; en fazla hasar, asbestli çimento borularda görülmüştür. Kullanılan malzemelerin türü ve özellikleri çok önemlidir. İçme suyunda kullanılan yüksek yoğunluklu polietilen borular, suyu taşıyan boru sistemleri için en ideal malzeme haline gelmiştir. Minimum bakımla, uzun süreler dayanabilen, sağlam ve esnek malzeme olan bu boru cinsinin, içme suyunun taşınması ve dağıtılması açısından diğer birçok boru malzemesinden daha üstün olduğu kanıtlanmıştır. Maliyetinin yüksek bulunması halinde PVC (Polivinil Klorür), GPT (cam elyaf takviyeli polyester) ya da polietilen gibi plastik borular tercih edilebilir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6'sı, zayıf zemin koşullarının, su ve atıksu altyapısının savunmasızlığını etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Zayıf zemin koşulları” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“İnsanlar gömülü borular gibi yeraltı sistemlerinin, üst yapı bileşenlerine kıyasla daha dayanıklı olduğuna inansa da, hem geçmişte hem de yakın zamanda meydana gelen büyük depremlerde gömülü borularda önemli hasarlar meydana gelmiştir. Taşıma kapasitesi düşük zeminlerin, gevşek kumlu zeminlerin, su birikintilerinden kazanılmış alanların, alüvyal ve dilüvyal zeminler arasındaki geçiş bölgelerinin, boru hatlarının gömülü olduğu ani topoğrafik değişimlerin olduğu bölgelerin, özellikle deprem kaynaklı hasarlara karşı oldukça savunmasız olduklarını söyleyebiliriz. Boru hatlarının kesişim noktaları, yapılarla birleştiği noktalar veya yüzeye yakın gömülü boru hatlarının geçmiş depremlerde önemli hasarlara maruz kaldığı durumlar olmuştur. Boru hattı özellikle fay hattından geçiyorsa, deprem sırasında fay hareketleri nedeniyle büyük yer değiştirmelere maruz*

kalabilir. Hasar oluşumuna katkıda bulunan diğer faktörler arasında zemin kaymaları ve sivilaşma sonucu boruları olumsuz etkileyen yer değişimleri bulunmaktadır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6’sı, elektrik altyapısına bağımlılığın, su ve atıksu altyapısının savunmasızlığını etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Elektrik altyapısına bağımlılık” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Elektrik kesintileri hem içme suyu ve atık su hizmetleri hem de hizmet sundukları toplumlar için ciddi sonuçlar doğurabilmektedir. Bu hizmetler, temel ekipman ve sistemleri çalıştırmak için devamlı, güvenilir güç kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Su temini sürecinin, enerjiyi en yoğun kullandığı aşaması şebeke suyunun taşınmasıdır. Su arıtma tesisinde elde edilen temiz su, dağıtım havuzlarına ulaştırılır; şebeke suyunun dağıtım havuzlarına ulaştırılmasında su pompaları kullanılmaktadır. Tesislerinde çeşitli büyüklüklerde pompalar kuruludur. Pompalar, tıpkı insan vücudunda kalp görevi gören ve elektrik enerjisi ile çalışan önemli makinelerdir. Elektrik olmadan, su arıtma tesisleri temiz ve güvenli içme suyu sağlamakta zorlanırken, atık su arıtma tesisleri de kanalizasyonun arıtılması ve yönetilmesinde önemli zorluklarla karşılaşır. Pompaların devre dışı kalması arıtılmamış kanalizasyonun nehirlerle ve akarsulara doğrudan deşarjına ya da kanalizasyonun evlere ve işyerlerine karışmasına kadar varabilir. Bu durum potansiyel sağlık risklerine, çevresel kirlenmeye ve hizmetlerde aksamalara neden olur. Tesislerdeki yedek güç sistemlerinin devreye sokulması, elektrik kesintileri sırasında halk sağlığının korunması ve altyapının işleyişinin sürdürülmesi için önemli tedbirlerdir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

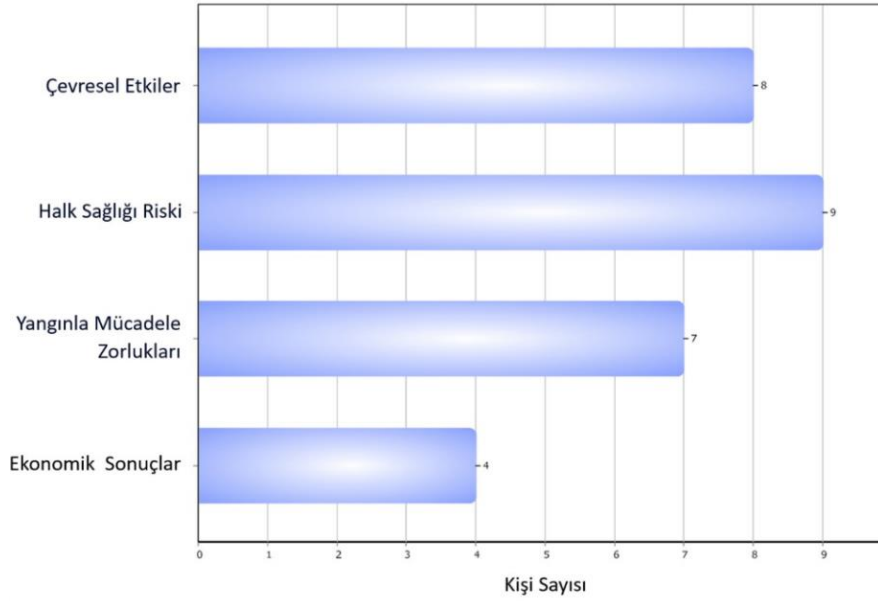
Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6’sı, jeneratörler için yakıt ihtiyacının, su ve atıksu altyapısının savunmasızlığını etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Jeneratörler için yakıt ihtiyacı” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Jeneratörler elektrik kesintileri sırasında alternatif güç sağlar. Ancak, jeneratörlerin çalışabilmesi için yakıtı ihtiyaçları vardır. Deprem yarattığı kaos ortamında, yakıt temin etmek jeneratörlerin kullanımını kısıtlayabilir. Bu durum, su arıtma tesislerinin, pompaların ve diğer kritik sistemlerin düzgün çalışmasını etkileyebilir; suyun temin edilmesi, temizlenmesi ve dağıtılması zorlaşır.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5’i, ulaşım altyapısına bağımlılığın, su ve atıksu altyapısının savunmasızlığını etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir.

“Ulaşım altyapısına bağımlılığın” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Deprem sonrası su ve atıksu tesislerinde gerçekleştirilmesi gereken inceleme, denetim ve eğer gerekliyse onarım çalışmaları, yolların hasar görmesi veya kullanılamaz hale gelmesi sonucunda, olumsuz yönde etkilenecek; bunun sonucunda birçok zincirleme sorun baş gösterecektir. Örneğin, arızalanan bir pompanın tamirinin gecikmesi, bir bölgenin su arzının azalmasına yol açacak; hızlı onarım yapılmazsa, bu sorun toplum genelinde daha büyük bir sorun haline dönüşecektir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4’ü, iletişim altyapısına bağımlılığın, su ve atıksu altyapısının savunmasızlığını etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “İletişim altyapısına bağımlılığın” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Su ve atık su hizmetleri, işletme personeli ve alt yüklenicileri ile iletişim kurabilmek için büyük ölçüde hücresel ağılara güvenmektedir. Bu ağlar, acil durum bildirimlerinin, rutin güncellemelerin hızlı bir şekilde yayılmasını, su kalitesi ve sistem performansına ilişkin önemli verilerin iletilmesini sağlayan bir kılavuz görevini üstlenmektedir. Ancak hücresel ağın uzun süreli bir kesinti yaşaması önemli komplikasyonlara yol açar. Acil durumlarda müdahale süreleri gecikebilir, ekipler ve görevliler arasındaki koordinasyon zorlaşabilir, kritik bilgiler gerekli personele zamanında ulaşmayabilir... Ayrıca, bu kamu hizmetlerinde Denetimsel Kontrol ve Veri Toplama (SCADA) sistemleri önemli bir rol oynamaktadır. SCADA sistemleri pompalar, vanalar ve arıtma tesisleri gibi çok çeşitli bileşen ve ekipmanı izlemek ve kontrol etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır; süreçleri gerçek zamanlı olarak gözlemlemesine, uzaktan ayarlamalar yapmasına ve bilinçli karar verme için önemli verileri toplamasına olanak tanırırlar. Bununla birlikte, bir SCADA sistemi arızası durumunda, kamu hizmetleri engellerle karşılaşır. Gerçek zamanlı izleme tehlikeye girer, operasyonlar üzerindeki kontrol engellenir ve arızaların tespit edilmesi ve bunlara müdahale edilmesi daha uzun sürebilir. Bu nedenle, bu ağlara olan ihtiyaç, su ve atık su hizmetlerinin verimli ve etkili bir şekilde işlemesi için oldukça önemlidir ve herhangi bir kesinti, operasyonel zorluklara ve sağlanan hizmetler üzerinde potansiyel etkilere yol açabilmektedir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

5.3.3 Deprem Sonrası Su ve Atıksu Kesintilerinin Oluşturduğu Etkilere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.11 Deprem Sonrası Su ve Atıksu Kesintilerinin Oluşturduğu Etkiler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, deprem sonrası su ve atık su altyapısının kesintiye uğramasının, halk sağlığı açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. "Halk sağlığı riski" ile ilgili olarak bir katılımcı; "Su ve kanalizasyon şebekelerinin zarar görmesi, temiz ve kirli suların birbirine karışması, elektrik ve gaz şebekelerinin kesintiye uğraması, gıda ve su kıtlığı gibi nedenlerle depremin yarattığı yıkım, halk sağlığı açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Çevresel koşulların bozulması çeşitli enfeksiyonların ortaya çıkmasına yol açarak afetten sağ kurtulanların hayatlarını risk altında bırakmaktadır; özellikle afet sonrası kamplarda yaşanan yoğunluk hijyen konusundaki sorunların daha da artmasına neden olur. Deprem sonrası çevresel koşullara bağlı olarak kısa ve uzun vadede farklı riskler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, afetten etkilenen bölgedeki su şebekesinin detaylı bir şekilde incelenmesi ve güvenilirliği teyit edilmemiş kaynaklardan gelen suyun, tüketim veya başka bir amaçla kullanılmasından kaçınılması gerekmektedir. Özellikle su kaynaklarının kanalizasyon ya da hayvan atıklarıyla kirlenme ihtimali endişe vericidir; bu durum tüm şebeke için geniş kapsamlı sonuçlar doğurabilir. Bunun yanı sıra, endüstriyel tesislerden kaynaklanabilecek kirliliğin de göz ardı edilmemesi büyük önem taşımaktadır." şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 8'i, deprem sonrası su ve atıksu altyapısının kesintiye uğramasının, çevresel etkiler açısından önemli zorluklar yaratacağını

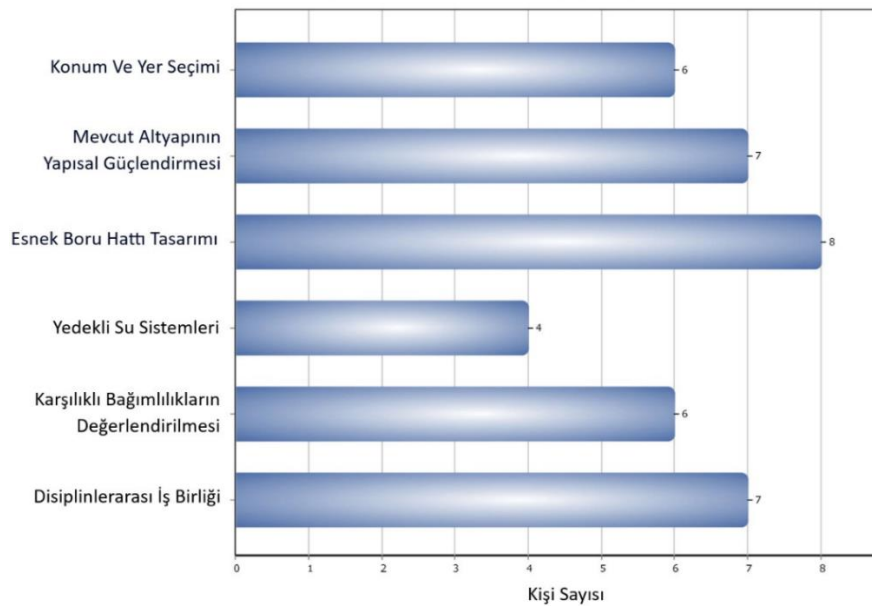
belirtmiştir. “Çevresel etkiler” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Ülkemizde, yönetmelikleri dikkate almayan kentleşme ve imar politikaları, eksik denetim ve yasadışı uygulamaların da etkisiyle doğal afet bir kez daha toplumsal bir krize dönüşmüştür. Deprem sonrası afetten sağ kurtulan kişilerin hayatlarına devam edebilmeleri için gerekli koşulların yaratılması ve aynı zamanda ikincil felaket riskinin azaltılması gerekmektedir. Dolayısıyla, depremin yarattığı çevresel etkilerin yönetilmesi için dikkatli bir planlama büyük önem taşımaktadır. Depremin çevresel etkileri su, hava ve toprak kirliliği, ekosistemin tahribatı, enkaz, tehlikeli maddeler, tıbbi atıklar ve evsel atıklar dahil olmak üzere çeşitli atıkların birikmesini kapsar; bu atıkların nasıl ve nerede depolanacağını yanı sıra nakliye süreçlerinin belirlenmesi için doğru planlama ve koordinasyon şarttır. En önemli konu ise temiz su ve hijyene olan acil erişimdir. Depremden etkilenen şehirlerdeki altyapı sistemleri hasar gördüğünden; atık su ve içme suyu sistemlerinin hasara uğramasının yanı sıra, atık suyun içme suyu kaynağına sızması gibi önemli bir risk söz konusudur. Şebekelere verilen su sistemlerindeki kirlilik riski göz önüne alındığında, doğru analiz ve incelemeler yapılmadan kesinlikle kullanılmaması gerekmektedir. Afetten etkilenen vatandaşlarımızın önemli bir kısmı kendini evlerinin dışında, sağlıklı koşullarda uzun süre yaşamaya çalışıyor. Ne yazık ki, deprem sonrasında ortaya çıkan katı atıkların uygun şekilde bertaraf edilmesi, arama kurtarma çalışmaları ve gıda tedariklerinin sağlanması gibi daha acil konuların gölgesinde kalabiliyor. Bu ihmal, istenmeyen kokular yayan ve salgın hastalıkların hızla yayılmasını kolaylaştıran katı atıkların bozunmasına neden olmaktadır.” şeklinde görüş belirtmiştir

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7’si, deprem sonrası su ve atıksu altyapısının kesintiye uğramasının, yangınla mücadele zorlukları açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. “Yangınla mücadele zorlukları” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Deprem sonrası meydana gelen yangınlar önemli bir sorundur; nadiren de olsa, depremin ardından başlayan bir yangının ciddi bir felakete dönüşebilmesi mümkündür. Küçük yangınların giderek daha büyük yangınlara dönüşme ihtimalini; deprem hasarının derecesi, rüzgar koşulları, su temini konusundaki sorunlar, bina yapısının türü ve yoğunluğu etkilemektedir. Deprem sonrası yangın hasarının en büyük nedeni şebekeye verilen suyun yetersiz kalmasıdır. Bu durum çoğunlukla yeraltı dağıtım boru şebekesinde meydana gelen hasarlardan kaynaklansa da; pompa arızaları veya depolarda meydana gelen hasarlarda etkili olmaktadır. Deprem

sonrasında ortaya çıkan yangınları söndürmek için gerekli olan suyun temin edilmesine yönelik kapsamlı bir hazırlık planı yapılmalıdır. Bu yangınlar, özellikle ulaşım imkânlarının kısıtlı olduğu durumlarda hızla yayılabilir. Dolayısıyla bu konunun deprem öncesi afet planlamasında ele alınması gerekmektedir. Deniz suyunun da kullanılabileceği, deprem etkisine dayanıklı, esnek acil durum yangın suyu takviye sistemlerinin geliştirilmesi bir zorunluluk haline gelmektedir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4’ü, deprem sonrası su ve atıksu altyapısının kesintiye uğramasının, ekonomik yansımalar açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. “Ekonomik sonuçlar” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Su tedarikinin kesintiye uğraması, işletmeler ve endüstriler için kapsamlı sonuçlar doğurur. Faaliyetler durma noktasına geldiğinde, ekonomik hareketlilikte ani bir düşüş yaşanır ve bu da önemli mali kayıplara yol açar. Bunun yanı sıra, şişelenmiş su ya da su tankerleri gibi alternatif su kaynakları sağlamanın maliyeti, özellikle kesintinin devam etmesi halinde, hızla artış gösterebilir; bu da ekonomik yükü daha da ağırlaştırır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.3.4 Depreme Dayanıklı Su ve Atıksu Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.12 Depreme Dayanıklı Su ve Atıksu Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemleri ile İlgili Katılımcıların Görüşleri

Depreme dayanıklı su ve atıksu altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 8'i, esnek boru hattı tasarımının kritik öneminden bahsetmiştir. “Esnek boru hattı tasarımı” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Özellikle deprem riski taşıyan bölgelerdeki gömülü boruların döşenmesinde dikkatli ve titiz planlama çok önemlidir; borunun yerleştirilmesi ve yataklanmasında yapılan yanlış uygulamalar, uygun olmayan malzeme ve ekipman seçimleri, deprem sonrası çeşitli hasarların oluşmasına ve dolayısıyla oluşan bu hasarlar kesintilerin yaşanmasına neden olur. Boru hatlarında karşılaşılan birinci sorun yer hareketliliğidir. Dolayısıyla, bu hareketliliğe uyum sağlayabilecek özelliklere sahip malzemelerin seçilmesi çok önemlidir. Zeminin sadece yapının üzerine yerleştiği bir bileşen olarak değil, boru hatlarının desteklenmesi ve yükün dağıtılmasında da önemli bir rol oynadığını bilmeli, borunun malzeme özellikleriyle birlikte zeminin boruyla etkileşimini de göz önünde bulundurmamızdır. Her boru malzemesinin kendine özgü güçlü ve zayıf yanları olduğunu unutmamak gerekir. Örneğin; esnek borular, dış yükleri kendi başlarına taşıyabilirler. Ancak asıl avantajları, kendilerini çevreleyen zeminden gelen yanal pasif basıncı absorbe ederken şekil değiştirme kabiliyetlerinden gelir. Yani gelen yük, boru tarafından taşındığı kadar boru etrafındaki zemin tarafından da taşınır. Rijit borular kendilerini çevreleyen zeminden her zaman daha sağlam ve serttir, bu nedenle yük borularda yoğunlaşır; borular şekil değiştiremediği için yükleri tümüyle kendi başlarına taşıyabilmeleri gerekir, bu da kırılma yani hasar görme olasılığının daha yüksek olduğu gerçeğini ortaya çıkarır.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı su ve atıksu altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, mevcut altyapının güçlendirilmesinin kritik öneminden bahsetmiştir. “Mevcut altyapının güçlendirilmesi” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Afet durumlarında su sistemlerinin zarar görme riski, kentsel alanlardaki kontrolsüz büyüme, altyapıdaki eksiklikler ve hepsinden önemlisi sistem bileşenlerinin doğal tehlikelere karşı savunmasız alanlarda bulunması gibi faktörlerle önemli ölçüde artar. Doğanın getirdiği afetler, kontrol edilemez ve karşısında hiçbir önlem alınamaz olarak görülmemelidir. Sistemleri güçlendirmek ve acil bir durumda müdahale mekanizmalarını devreye sokmak için önlemler alındığında hasar azalır. Tesislerin depreme karşı kusursuz bir şekilde güçlendirilmesi çok maliyetli olacağından uygulamanın uzun bir süreye yayılması*

gerekir. Aksi takdirde, hiçbir güçlendirme çalışması yapılmazsa, tesislerde büyük bir kayıp yaşanacaktır. Dolayısıyla, acil durum önlemleri için gerekli olan harcama, insan gücü ve restorasyon süreci çok büyük olacaktır. Su dağıtım sistemini iyileştirmek için hem boruların güçlendirilmesi hem de boru hattı sisteminin yedekliliğinin artırılması gerekmektedir. Boruların güçlendirilmesine yönelik önlemler genellikle bağlantı noktalarının güvenilirliğinin arttırılmasını kapsar. Birçok hasarın bağlantı noktalarında, yani büyük ofsetlerin neden olduğu bağlantı yerlerinden kayma şeklinde olduğu görülmektedir. Büyük kaymalar çoğunlukla fay kaymasından kaynaklanır. Bu nedenle fay geçişine yönelik önlemler en önemlileridir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı su ve atıksu altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, disiplinlerarası iş birliğinin kritik öneminden bahsetmiştir. “Disiplinlerarası iş birliği” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Hem ülkemizde hem de diğer ülkelerde meydana gelen depremlerin ardından çıkarılabilecek önemli bir ders şudur; deprem sonrası su ve çevre sağlığı hizmetlerinin sağlanması yalnızca belirlenmiş kamu görevlilerinin omuzlarına yüklenemez. Bunun yerine, sivil toplum kuruluşlarının, mahalle halkının ve meslek odalarının kaynaklarından ve uzmanlıklarından yararlanarak iş birliğine dayalı bir çaba gereklidir. Bu amaçla, sadece deprem riski taşıyan bölgelerde değil, tüm ülke genelinde sağlam bir mekanizmanın oluşturulması şarttır. Her şeyden önce, sivil toplum kuruluşları için belirli görev, yetki ve sorumluluk alanlarının belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu konuların açıklığa kavuşturulması, her bir kuruluşun hizmet sunarken herhangi bir çakışma veya kesinti olmaksızın etkin ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlayacaktır. Ayrıca, bu kuruluşlar arasında ve diğer kurum ve kuruluşlarla koordinasyon çok önemlidir. Bu iş birliği ruhu, kaynakların ve uzmanlığın sorunsuz bir şekilde akışını sağlayarak deprem sonrası hizmetlerin etkisini en üst düzeye çıkarır. Eğitim programlarına yapılan yatırım da aynı derecede önemlidir. Uzmanlık eğitimi verilmesi sivil toplum kuruluşlarını, mahalle örgütlerini ve meslek odalarını deprem sonrasında etkin bir şekilde müdahale edebilmeleri için gerekli bilgi ve becerilerle donatır. Bu sadece onların bireysel yeteneklerini güçlendirmekle kalmayıp aynı zamanda müdahale ağının kolektif gücünü de arttıracaktır. Bu yerleşik sistemin canlılığını ve uyarlanabilirliğini korumak için düzenli tatbikatlar gereklidir. Bu temsili senaryolar, kuruluşların hazırlık durumlarını*

test etmeleri, iyileştirme alanlarını belirlemeleri ve müdahale protokollerini geliştirmeleri için çok değerli fırsatlar sunar.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı su ve atıksu altyapısı için zarar azaltma kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6'sı, konum ve yer seçiminin kritik öneminden bahsetmiştir. “Konum ve yer seçimi” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Saha seçiminin kritik önemi göz ardı edilemez. İlk olarak, uygun bir yer seçmek, özellikle aktif fay hatlarına yakın alanlardan kaçınılmasını gerekir. Bunun yanı sıra, zemin ve coğrafi koşullar, sismik dalgaların zeminde nasıl iletildiğini büyük ölçüde etkilediğinden, kararlı ve iyi sıkıştırılmış topraklara sahip sahaların seçilmesi, altyapının yer hareketlerine dayanma kabiliyetini artırabilir. Tesislerin deprem sırasında toprak kayması, sıvılaşma veya diğer yer hareketlerine daha az eğilimli alanlarda konumlandırılması sağlanabilir. Yüksek rakımlı yerleşimler su baskınlarına ve sismik olaylarla ilişkili diğer ikincil tehlikelere karşı ek koruma sağlayabilir.*” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı su ve atıksu altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6'sı, karşılıklı bağımlılıkların değerlendirilmesinin kritik öneminden bahsetmiştir. “Karşılıklı bağımlılıkların değerlendirilmesi” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Depreme dayanıklı su ve atık su altyapısı için zarar azaltma önlemleri için birbiriyle ilişkili faktörlerin dikkate alınması son derece önemlidir. Daha önce de belirttiğim gibi, su ve atık su hizmetleri karmaşık bir şebeke ağına dayanmaktadır. Buna ticari elektrik, ulaşım sistemleri, iletişim altyapısı, vasıflı personel, kimyasal maddeler de dahildir. Bu sistemler birbirleriyle bağlantılıdır ve sorunsuz çalışmaları için birbirlerine bağımlıdırlar. Örneğin elektrik, su tesislerindeki önemli işlemleri yürüten temel kaynakken, ulaşım altyapısı personele erişim ve malzeme tedariği için önemli bir geçittir. Öte yandan, iletişim ağları onarımların koordine edilmesinde ve operasyonların sürdürülmesinde merkezi bir rol oynar. Birbirine bağlı bu sistemlerdeki herhangi bir arıza veya kesinti zincirleme bir reaksiyonu tetikleyebilir ve potansiyel olarak uzun kesinti sürelerine, kaynak sıkıntısına ve afet müdahale çabalarının engellenmesine yol açabilir. Bu nedenle, bu karşılıklı bağımlılıkların kapsamlı bir şekilde anlaşılması, su ve atık su altyapısını sismik etkilere karşı güçlendirecek önlemlerin etkili bir şekilde planlanması*

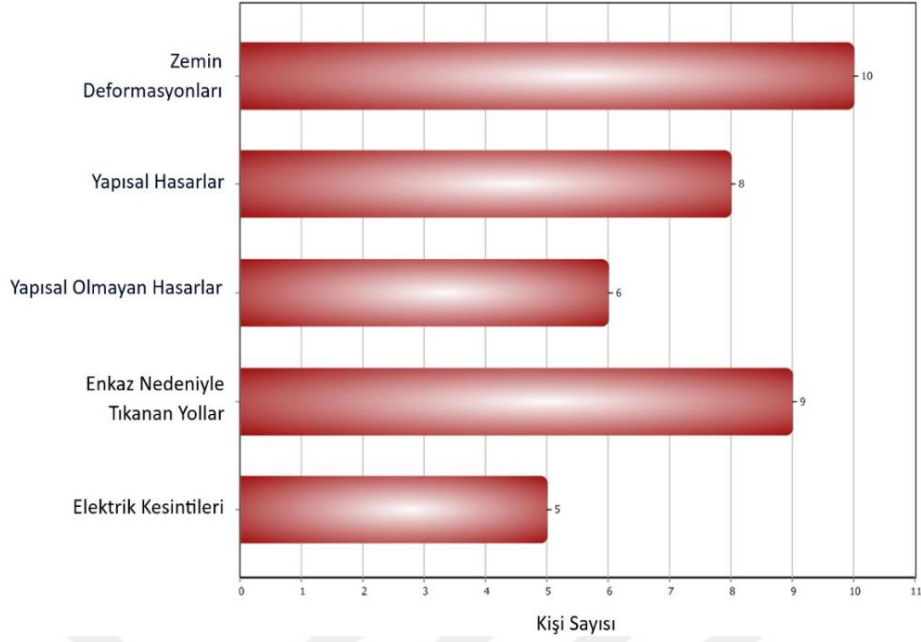
ve uygulanması için çok önemlidir ve bir deprem durumunda toplumlara hayati hizmetlerin sorunsuz bir şekilde sunulmasını sağlar.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı su ve atıksu altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4'ü, yedekli su sistemlerinin kritik öneminden bahsetmiştir. “Yedekli su sistemleri” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Bir deprem sırasında, birincil su tedarik sistemleri kesinti riski altındadır ve potansiyel olarak toplulukları güvenli içme suyuna erişimden yoksun bırakır. Acil durum depolama tankları, baraj suları veya su kuyuları gibi alternatif su kaynakları gibi yedek su sistemleri bu açığın kapatılmasında çok önemli bir rol oynar. İçme, temizlik ve yangınla mücadele amaçları için çok önemli olan güvenilir ve acil bir su kaynağı sağlarlar. Aynı zamanda, yedek su sistemleri afete müdahale ve kurtarma çalışmalarının kritik bileşenlerinden biridir. Acil durum hizmetlerinin etkin bir şekilde çalışmasını sağlayarak sağlık tesislerini, tahliye merkezlerini ve yangınla mücadele operasyonlarını destekler. Bu da sağlık risklerinin azaltılmasına yardımcı olur ve genel iyileşme sürecini kolaylaştırır. Su tedarik seçeneklerini çeşitlendirmek suretiyle, yerleşim yerleri altyapı hasarının etkilerine daha iyi dayanabilir ve deprem sonrasında daha güvenilir ve tutarlı bir su tedariki sağlanabilir.*” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.4 Ulaştırma Altyapısı Kapsamında Gerçekleştirilen Görüşme Analizinden Elde Edilen Bulgular

Yapılan görüşme verilerinin analizi sonucu elde edilen bulgular, “Deprem sonrası ulaşım kesintilerinin nedenlerine ilişkin bulgular”, “Ulaştırma altyapısının depremlere karşı kırılganlığını etkileyen faktörlere ilişkin bulgular”, “Deprem sonrası ulaşım kesintilerinin oluşturduğu etkilere ilişkin bulgular” ve “Depreme dayanıklı ulaşım altyapısı için zarar azaltma önlemlerine ilişkin bulgular” şeklinde başlıklar altında sunulmuştur.

5.4.1 Deprem Sonrası Ulaşım Kesintilerinin Nedenlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.13 Deprem Sonrası Ulaşım Kesintilerinin Nedenleriyle İlgili Katılımcıların Görüşleri

Katılımcıların tamamı, deprem sonrası ulaşım kesintilerine neden olan birincil faktörün, zemin deformasyonlarından kaynaklandığı konusunda hem fikir olmuştur. “Zemin deformasyonları” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Özellikle otoyollar, depremlerden sonra çeşitli hasar türlerine maruz kalır. Şiddetli yer sarsıntısı zemin yer değiştirmelerine, zeminin sıvılaşmasına, toprak kaymalarına ve zeminin oturmasına neden olarak yol yüzeyinde bozulmalara yol açar. Bunun yanı sıra güzergah üzerindeki sanat yapıları da hasar görebilir. Kahramanmaraş depreminden sonra yaptığımız hasar tespit çalışmalarında, hasarların çoğunlukla yol kaplamalarında yoğunlaştığını, bunun beraberinde köprüler ve tünellerde de hasarlar olduğunu gözlemledik. Yol kaplamasının bazı yerlerde blok halinde zemine oturduğu, zemindeki hacim artışlarının kaplamada gerilmelere neden olarak bunu taşıyamayan asfalt kaplamalarda kabarma ve çatlaklar oluştuğuna şahit olduk. Hasar gören otoyollar sürücüler için önemli riskler oluşturduğundan, etkilenen bölgede ulaşım durma noktasına geldi; yetkililer olası kazaları önlemek için etkilenen yolları derhal kapatarak güvenlik önlemlerini hızla uygulamaya başladı.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, deprem sonrası ulaşım altyapısında meydana gelen kesintilerin, bina enkazlarından kaynaklandığını belirtmiştir. “Enkaz nedeniyle tıkanan yollar” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Depremin ardından öncelikli*

olarak yolların durumuna odaklanan uzman ekiplerimiz kapsamlı bir hasar tespit çalışması yürüttü. Birçok otoyol güzergahında zemin çatlakları ve oturmalar gözlemledik. Bazı durumlarda, yolların güvenli ve işlevsel bir hale getirilmesi için yeniden inşası ya da onarımı gerektiği aşıkardı. Aynı zamanda, önemli ulaşım arterlerinin çeşitli enkazlar tarafından tıkanması gibi önemli sorunlarla da karşılaştık. Bunlar, kayaların yerlerinden koparak gelişigüzel etrafa saçılmasından, yıkılmış binaların enkazına kadar uzanan geniş bir yelpazeyi kapsıyordu; yol geçişlerinin bu şekilde kapanması hem araçlar hem de yayalar için oldukça zorlayıcı bir engel oluşturuyordu. Acil durum müdahale ekipleri, afetten etkilenen insanların güvenliğine öncelik vererek durmaksızın çalıştı. Düzenli trafik akışının yeniden sağlanmasının hayati öneminin bilinciyle bu engellerin hızla temizlenmesi en önemli önceliğimiz haline geldi.” şeklinde görüş belirtmiştir.

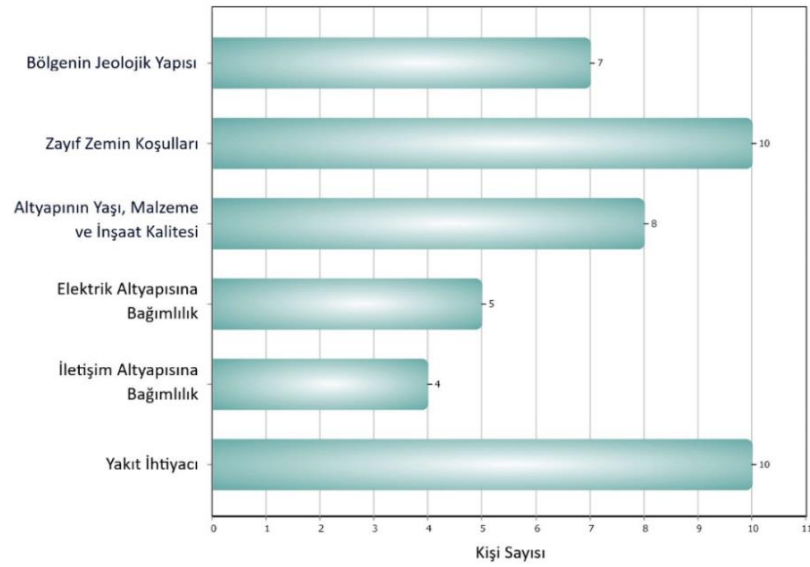
Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 8'i, deprem sonrası ulaşım altyapısında meydana gelen kesintilerin, ulaşım altyapı bileşenlerinde meydana gelen yapısal hasarlardan kaynaklandığını belirtmiştir. “Yapısal hasarlar” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Ulaşım açısından önemli bir diğer sorun da Hatay Havalimanının faaliyetlerine devam edemiyor olmasıydı. Depremin ardından havalimanının pisti parçalanmış, apron ve taksi yolu ağır hasar görmüş, zeminde çökme meydana gelmiş, drenaj, elektrik ve mekanik altyapı sistemleri çalışamaz hale gelmişti. Bu hasarlar sonrası havalimanı uçuşlara kapatılmıştı. Havayolunu kullanmak isteyen birçok kişi önce Adana'ya geliyor ve ardından otobüsle Hatay'a devam etmek zorunda kalıyordu. Havaalanının altyapısının çalışamaz hale gelmesi, temel yardım malzemelerinin, personelin ve ekipmanın zamanında ve etkin bir şekilde taşınmasını kesintiye uğratmıştır. Bu durum yardım kuruluşlarını farklı yollardan kaynak aktarmaya zorlamış, bu da çoğu zaman gecikmelere ve lojistik zorluklara yol açmıştır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6'sı, deprem sonrası ulaşım altyapısı kesintilerine, terminal binalarında meydana gelen yapısal olmayan hasarların neden olduğunu belirtmiştir. “Yapısal olmayan hasarlar” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Depremin ardından ulaşım altyapısında meydana gelen kesintilerin nedenlerine ilişkin benim görüşüm, terminal binalarında meydana gelen hasarların önemli bir etken olduğu yönündedir. Bu hasarlar, binaların yapısal bütünlüğünü doğrudan

etkilemese de, terminalin düzenli operasyonlarını engellemede önemli bir rol oynamaktadır. Havalimanları üzerinden gidelim. Örneğin, hava trafik kontrol kulesini ziyaret ettiğimizde kritik ekipmanların hasar gördüğüne şahit olduk; özellikle duvara güvenli bir şekilde sabitlenmemiş ekipmanların... Asma tavanlar ve sabitlenmemiş televizyon ekranları düşmüş, otomatik cam kapılarda çatlaklar oluşmuş, yağmurlama borularındaki sızıntılar nedeniyle bodrum katında ve bagaj alanında su baskınları yaşanmıştı. Bu örnekler, terminaldeki düzenli operasyonları ve hizmetleri engelleyerek nasıl önemli bir etki yaratabileceğini açıkça göstermektedir. Gerekli onarımlar tamamlanmadan uçuşların yeniden başlatılması hem yolcular hem de personel için önemli riskler oluşturacağından havalimanı bir süre hizmet verememiştir. Bu durum acil durum müdahale çabalarının engellenmesi, yardım ve destek ulaştırılmasının yavaşlaması, uzman personelin ve temel ekipmanların gelişindeki gecikme açısından da problem yaratmıştır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, deprem sonrası ulaşım altyapısında meydana gelen kesintilerin, elektrik kesintilerinden kaynaklandığını belirtmiştir. “Elektirik kesintileri” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Ulaşım altyapısı, trafik sinyalizasyon sistemleri, aydınlatma, trenler ve metrolar için kontrol sistemleri ve iletişim sistemleri de dahil olmak üzere çeşitli işlevlerin yerine getirilebilmesi için büyük ölçüde elektriğe ihtiyaç duyar. Elektrik olmadığında, bu tür bileşenlerin düzgün çalışması durur ve bu da ulaşım hizmetlerinde kesintilere neden olur. Doğrudan elektriğe bağlı olmamakla birlikte, benzin istasyonlarındaki birçok yakıt pompasının çalışması için elektrik gerekir. Uzun süreli bir elektrik kesintisi, araçlarda yakıt yetersizliği yaşanmasına neden olabilir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.4.2 Ulaştırma Altyapısının Depremlere Karşı Kırılganlığını Etkileyen Faktörlere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.14 Ulaştırma Altyapısının Depremlere Karşı Kırılabilirliğini Etkileyen Faktörler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri

Soruya yanıt veren 10 katılımcının tamamı, zayıf zemin koşullarının, ulaştırma altyapısının savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Zayıf zemin koşulları” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Depremlerin ulaşım sistemlerine verdiği hasarın başlıca nedenlerinden bazıları toprak kaymaları, yanıl yayılmalar, kısmi oturmalar ve zemin çatlakları şeklinde görülen zemin bozulmalarıdır. Güçlü yer sarsıntıları sırasında, özellikle yeraltı suyunun yüzeye yakın olduğu yerlerde kil içermeyen kum ve silt bölgeleri geçici olarak mukavemetini kaybedebilir ve viskoz sıvılar gibi davranabilir. Dolayısıyla, deprem sırasında sivilaşan zemin üzerinde bulunan karayolları ve demiryolları oturma veya kayma yaşayabilir; zeminin mukavemetini kaybetmesi nedeniyle zeminin akması veya yanıl yayılması sonucu parçalanabilir. Basitçe söylemek gerekirse, bir köprü, yol veya diğer ulaşım altyapı bileşenlerinin altındaki zemin yeterince sağlam veya güçlü değilse, deprem sırasında hasar görme olasılığı daha yüksektir. Bu nedenle zemin koşullarının iyi değerlendirilmesi ve anlaşılması, depreme yatkın bölgelerde dayanıklı ulaşım sistemlerinin tasarlanması ve inşa edilmesinde kritik bir öneme sahiptir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcının tamamı, yakıt ihtiyacının, ulaştırma altyapısının savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “Yakıt ihtiyacı” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Deprem sonrasında ne kadar benzin ya da mazota sahip olduğumuz, hareket etme imkanımızı artırabilir ya da azaltabilir.*

Otomobil, kamyon ve otobüs gibi içten yanmalı motorlara dayanan araçları düşünecek olursak, bunların hepsinin motorları düzenli bir yakıt kaynağına ihtiyaç duyar. Bu demektir ki, yollar sağlam olsa bile, deprem yakıt ikmal hatlarını bozarsa, bu araçlar hareket edemez. Durumu bir de şu şekilde değerlendirelim; hastanelerin jeneratörlerini çalıştırmak için yakıta ihtiyacı var; itfaiye ve polis gibi acil servisler araçlarının ihbarlara cevap verebilmesi için yakıta ihtiyacı var; gıdadan tıbbi malzemeye kadar tüm tedarik zincirlerinin, faaliyetlerini sürdürmek için kamyonlara ve trenlere ihtiyacı var. Yani şunu anlatmaya çalışıyorum, yakıt sıkıntısı yaşandığında, zarar gören sadece ulaşım değil; toplumun bağımlı olduğu tüm hizmetler ağıdır. Dolayısıyla, deprem sonrası ulaşım altyapısının dayanıklılığını artırmak istiyorsak, yakıtın istikrarlı ve erişilebilir bir şekilde tedarik edilmesini sağlamak öncelikler listesinin en başında yer almalıdır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 8'i, altyapının yaşı, malzeme ve inşaat kalitesinin, ulaştırma altyapısının savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtilmiştir. “Altyapının yaşı, malzeme ve inşaat kalitesi” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Eski yapılar, yıllarca çevresel etkilere maruz kaldığından zamanın izlerini üzerlerinde taşıyor olabilir. Bu yapıların yenilenmesi için yatırım yapmak, sismik zorlukların üstesinden gelmek için onları güçlendirmek ve takviye yapmak elzemdir. Kalite önemlidir. Kullandığımız malzemeler, kullandığımız teknikler, uyguladığımız titiz kalite kontrol önlemleri gibi unsurlar dirençli altyapının yapı taşlarıdır. Bu konuyu açıklamak için bir örnek ele alalım; bir tanesi modern deprem standartlarına ve gelişmiş malzemelere göre inşa edilmiş, diğeri ise uzun yıllar önce daha eski ve depreme daha az dayanıklı tekniklerle inşa edilmiş iki köprü olduğunu farz edelim. Deprem durumunda, daha yeni olan, yüksek kaliteli malzemelerle inşa edilen ve günümüzün deprem tasarımı ilkelerine göre tasarlanan köprünün durumu çok daha iyi olacaktır. Köprü, sismik enerjiyi dağıtacak ve absorbe edecek şekilde tasarlandığından, önemli bir hasar görmeden esneme ve sallanmalara izin verecektir. Bu köprü minimum onarım gerektirebilecek ve güvenlik açısından hızlı bir şekilde denetlenebilecektir, bu da potansiyel olarak normal çalışmaya daha hızlı bir şekilde geri dönülmesini sağlayacaktır. Buna karşılık, eski deprem yönetmelikleriyle ve malzemeleriyle inşa edilen eski köprü daha ciddi hasar görebilir. Tasarımı, bir depremin uyguladığı kuvvetleri hesaba katmıyor olabilir, bu da yapısal hasarlara ve hatta göçmelere neden olabilmektedir. Bu eski köprünün yeniden kullanıma

açılabilmesi için kapsamlı onarımlar ve kapsamlı bir değerlendirme yapılması gerekebilir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

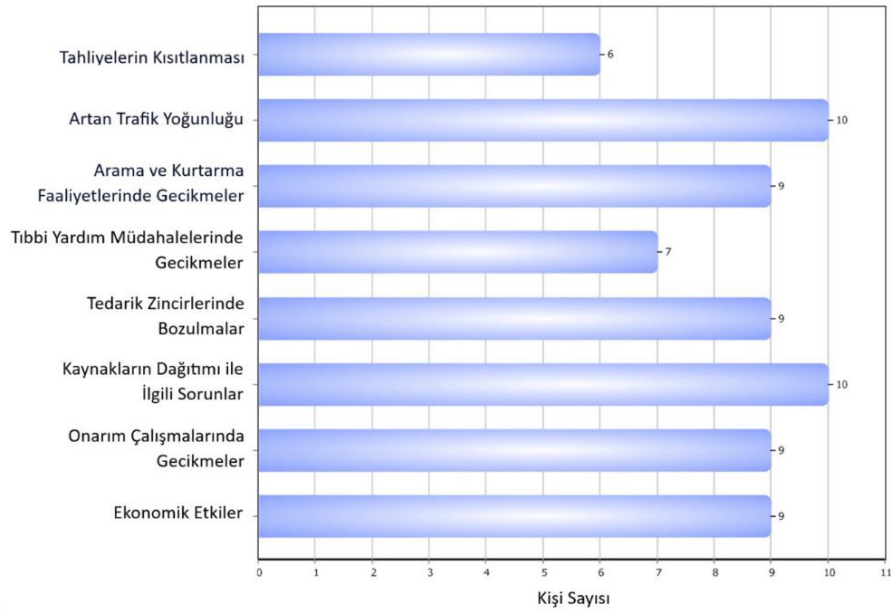
Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, bölgenin jeolojik yapısının, ulaştırma altyapısının savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. *“Bölgenin jeolojik yapısı” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Fay kırılmaları zeminde önemli yer değiştirmelere neden olur; bu durum fay hatlarından geçen ulaşım sistemlerinde büyük hasara sebebiyet verebilir. Hatay ve Gaziantep illerinde yakın zamanda meydana gelen depremler önemli yapısal hasarlara ve zemin kaymalarına yol açmıştır. Bu etkiler kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve çeşitli altyapı türlerinde kayda değer kayma ve kırılmalar tespit edilmiştir. Yollarda, tarlalarda ve demiryollarında meydana gelen bu yer değiştirmeler, bizlere sismik güçlerin etkilerini göstermektedir. Özellikle fay hatlarına yakın bölgelerde trenlerin raydan çıkması ve demiryolu raylarının bozulması, yer sarsıntısı ve yer değiştirmelerin doğrudan bir sonucudur. Bu durum sadece yolcular ve yük taşıma açısından risk oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda faaliyetlere devam edilmeden önce kapsamlı onarım ve değerlendirmeler yapılmasını da gerektirir. Genel olarak bu yaşananlar, ulaşım altyapısının planlanması, tasarımı ve bakımında jeolojik faktörlerin, özellikle de fay hatlarına yakınlığın dikkate alınmasının kritik önemini hatırlatmaktadır.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, elektrik altyapısına bağımlılığın, ulaştırma altyapısının savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. *“Elektrik altyapısına bağımlılık” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Elektrik kesildiğinde benzin istasyonları, kamu hizmetleri ve ulaşımı destekleyen diğer kritik varlıklar durma noktasına gelebilir; bu da hem tahliye çabalarını hem de ardından gelen toparlanma sürecini ciddi şekilde sekteye uğratar. Havaalanları, tren istasyonları, metrolar, köprüler, tüneller ve limanlar gibi büyük ulaşım ağları büyük ölçüde elektrik enerjisine bağımlıdır. Bu güç kaynakları aydınlatma, mekanik işlemler ve yangın güvenliği önlemleri de dahil olmak üzere çeşitli işlevler için gereklidir. Ancak bu tek yönlü bir ilişki değildir; enerji sektörünün kendisi de ulaşım sisteminin dayanıklılığına bağlıdır. Afet meydana geldiğinde, onarım ekiplerinin etkilenen bölgelere hızlı ve engelsiz bir şekilde erişmesi gerekir. Bu da enkazın temizlenmesi ve*

yolların onarılmasıyla başlar ki bunlar, özverili çalışan ekiplerimizin hizmetleri yeniden tesis etmesini sağlayan ana arterlerdir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 4'ü, iletişim altyapısına bağımlılığın, ulaştırma altyapısının savunmasızlığına etki eden önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. “İletişim altyapısına bağımlılık” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Özellikle yoğun nüfuslu bölgelerde veya afet durumlarında trafik akışının koordinasyonu büyük ölçüde etkili iletişime dayanır. İletişimin kesintiye uğraması halinde trafik sinyalleri, kontrol sistemleri ve sinyalizasyon sistemleri etkisiz hale gelebilir ve bu da trafik sıkışıklığına, karmaşaya ve güvenlik tehlikelerine davetiye çıkarabilir. Örneğin havaalanları, uçakların kontrollü faaliyetleri için gelişmiş iletişim ağlarına ihtiyaç duyar. Bu ağlar, uçuş durumu güncellemeleri ve kapı değişiklikleri gibi önemli ayrıntılar da dahil olmak üzere yolcuların ulaşım bilgilerini ve uçuş planlamalarını aktarır. Deprem nedeniyle bu iletişim sistemlerinin devre dışı kalması halinde, iletişim yeniden sağlanana kadar uçuşlarda gecikmeler yaşanabilir, hatta uçuşlar durdurulabilir. Ücretli otoyollar ve köprüler, iletişim ve ulaşım sistemleri arasındaki kesişmenin bir başka yönünü temsil etmektedir. Ödemelerin sorunsuz bir şekilde işlenmesi için elektronik ücret toplama sistemleri kesintisiz iletişim altyapısına dayanır ve araçların gişelerden hızlı bir şekilde geçmesini sağlar. Bu sadece yolcular için kolaylığı artırmakla kalmaz, aynı zamanda ulaşım ağının genel verimliliğine de katkıda bulunur. Bu hizmetler sekteye uğrarsa, gişelerde gecikmeler yaşanabilir ve bu da yolcular için trafik sıkışıklığına ve zahmete yol açar.” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.4.3 Deprem Sonrası Ulaşım Kesintilerinin Oluşturduğu Etkilere İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.15 Deprem Sonrası Ulaşım Kesintilerinin Oluşturduğu Etkiler ile İlgili Katılımcıların Görüşleri

Soruya yanıt veren 10 katılımcının tamamı, deprem sonrası ulaştırma altyapısının kesintiye uğramasının, artan trafik yoğunluğu açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. “Artan trafik yoğunluğu” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Kahramanmaraş depreminin ardından, etkilenen bölgedeki yollarda, köprülerde ve viyadüklerde önemli hasarlar meydana gelmiş, bu durum ulaşımın kesintiye uğramasına ve seyahat güvenliğinin tehlikeye girmesine yol açmıştır. Özellikle afet müdahale çalışmalarının verimli bir şekilde yürütülebilmesi için ulaşımın etkin bir şekilde sağlanması kritik önem taşımaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğü, afetten sonra hasar gören güzergâhlar hakkında ayrıntılı bilgi vererek, bazı yollarda meydana gelen yapısal göçmeler nedeniyle ulaşımı kapatıldığını bildirmiştir. Ulaşım ağımızdaki meydana gelen bu bozulma, zaten zor olan yardım çalışmalarını daha da zorlaştırmış ve etkilenen bölgelere gerekli malzeme ve personel akışının engellenmesine neden olmuştur. Bu zorluğu daha da zorlaştıran bir diğer unsur ise eş zamanlı olarak başlayan yoğun kar yağışıdır. Bu çifte zorluk, depremden etkilenen bölgeye doğru giden araçlar için seyahati daha da riskli hale getirmiş, kazalarda kayda değer bir artış yaşanmıştır. Vatandaşların ve yardım için seferber olan çeşitli kuruluşların gösterdiği çabalar takdire şayan olsa da, yoğun trafik ve trafik sıkışıklığı yardım çalışmalarının önünde engel teşkil etmiş; yardımların yalnızca belirli bölgelere gönderilmesi trafik sorunlarını daha da kötü bir hale getirmiştir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcının tamamı, deprem sonrası ulaştırma altyapısının kesintiye uğramasının, kaynakların dağıtımı ile ilgili sorunlar açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. “Kaynakların dağıtımı ile ilgili sorunlar” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Son dönemde ülkemizde meydana gelen depremler, ulaşım altyapısında kayda değer bir kesintiye neden olmuştur. Bu durum kuşkusuz, yardım malzemeleri ve gerekli personelin afet bölgesine etkin bir şekilde ulaştırılmasında önemli zorluklara mahal vermiştir. Örneğin, 2007 yılında itirazlara rağmen hizmete açılan Hatay Havalimanı'na bağlanan yollar ve havalimanı pisti, depremler nedeniyle ciddi hasar görmüştür. Dolayısıyla, hayati önem taşıyan yardım sevkiyatlarının Hatay'a hızlı bir şekilde ulaştırılmasında büyük güçlükler meydana gelmiştir. İnsanların birbirlerine yardım etme arzusu takdire şayan olmakla birlikte, yardım girişimimizi koordineli bir şekilde yürütmemiz büyük önem taşımaktadır. Arama ve kurtarma çalışmalarını istemeden de olsa engelleyebileceğinden, fiziksel yardım göndermeye yönelik bireysel girişimleri ben şahsen tavsiye etmiyorum. Bunun yerine, yetkili kuruluşlar ve derneklerle iş birliği yaparak çabalarımızın eş zamanlı ve etkili olmasını sağlamalıyız. Yolların büyük ölçüde hasar gördüğü ve ulaşımın ciddi şekilde etkilendiği bir ortamda, organize yardım çalışmalarına öncelik verilmesi şarttır.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, deprem sonrası ulaştırma altyapısının kesintiye uğramasının, arama ve kurtarma faaliyetleri açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. “Arama ve kurtarma faaliyetleri” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Yakın zamanda meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremler, ulaşım altyapımızdaki açıkları acı bir şekilde bizlere hatırlatmıştır. Bu depremlerin ardından, zemin bozulmasından faylanmaya ve doğrudan deprem hasarına kadar bir dizi sorun ortaya çıkmıştır. Bu sorunlar, mevcut ulaşım sistemlerimizin bu tür doğal felaketlere karşı hazırlıksız olduğunun altını çizmektedir. Yollar, viyadükler ve tüneller hasarın en ağır yükünü çekmiş ve bunların onarılması birkaç gün sürmüştür. Bu gecikme, hayati önem taşıyan ilk aşamalarındaki arama ve kurtarma çalışmalarını önemli ölçüde sekteye uğratmıştır. Daha da kötüsü, koordinasyon konusunda yaşanan ve kısmen lojistik sorunlardan kaynaklanan kaos, etkili bir müdahale gerçekleştirme kabiliyetimizi de engellemiştir. Ambulansların, itfaiye ekiplerinin, arama ve kurtarma operasyonlarında görev alan ekiplerin hareket kabiliyetini kısıtlanmıştır. Bu sınırlı*

hareketlilik, afetten etkilenen bölgelere zamanında erişimi engelleyerek kritik müdahalelerin gecikmesine neden olmuştur.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9’u, deprem sonrası ulaştırma altyapısının kesintiye uğramasının, onarım çalışmalarında gecikmeler açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. “Onarım çalışmalarında gecikmeler” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Depremın karayollarında yarattığı hasar, ulaşım ile ilgili sorunların ötesine geçmektedir. Yani ne demek istiyorum? Yolların hasar görmesi sadece arama kurtarma ekiplerinin hareket kabiliyetini engellemekle kalmıyor, aynı zamanda hasar tespit ve onarım çalışmalarının yürütülmesini, onarım çalışmaları için gereken ağır ekipman ve malzemelerin taşınmasını, gerekli değerlendirmeleri ve onarımları yapmak üzere ekiplerin, mühendislerin görevlendirilmesini de engelleyebiliyor. Bu durum, özellikle domino etkisi yaratarak temel hizmetlerin ve altyapının restorasyonunu geciktirdiği için önemlidir. Örneğin, hasar görmüş bir köprüye giden yollar kullanılamaz hale gelirse, bu köprünün onarımı ve yeniden inşası ciddi şekilde sekteye uğrayacaktır. Benzer şekilde, yollar kapanırsa, onarım ve restorasyon için gaz, elektrik ve su gibi kamu hizmetlerine erişim de tehlikeye girebilir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9’u, deprem sonrası ulaştırma altyapısının kesintiye uğramasının, tedarik zincirlerinde bozulmalar açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. “Tedarik zincirlerinde bozulmalar” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremler, küresel mal hareketinde önemli bir rol oynayan ülkemizin tedarik zinciri ağları üzerinde derin izler bırakmıştır. Limanlar, otoyollar, havaalanları ve demiryolları gibi bu süreç için hayati önem taşıyan altyapılar depremin şiddetinden nasibini almıştır. Bazı bölgelerde karayolu trafiğinin askıya alındığına, bu bölgelerin erişilemez ve taşımacılık için uygun olmadığına şahit olduk. Ulaşım ağlarındaki hasara ek olarak yaşanan elektrik kesintileri endüstriyel faaliyetleri sekteye uğrattı, teslimatlarda gecikmelere yol açtı ve tedarik zincirinde ciddi darboğazlarla sonuçlandı. Afete hazırlıklı olmanın bir lüks değil, mutlak bir gereklilik olduğu açık bir şekilde ortadadır.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9’u, deprem sonrası ulaştırma altyapısının kesintiye uğramasının, ekonomik etkiler açısından önemli zorluklar yaratacağını

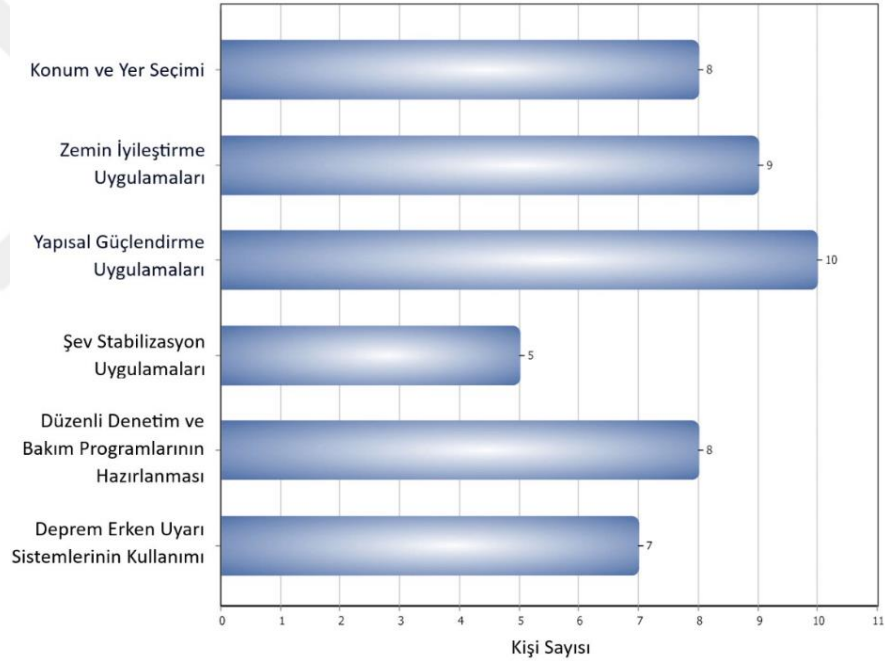
belirtmiştir. “Ekonomik etkiler” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Kahramanmaraş merkezli son depremin ardından, özellikle lojistik ve ihracat açısından kritik öneme sahip demiryolu ağıımız ciddi şekilde etkilenmiş ve taşımacılık sektöründe şok etkisi yaratmıştır. Lojistikçiler artan nakliye taleplerini karşılamakta zorlanırken, başta madencilik olmak üzere ihracatçılar da büyük zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. Bu zorluklarla karşı karşıya kalan bazı şirketler, sevkiyat gecikmelerinden kaynaklanan cezalardan kaçınmak için uluslararası siparişleri iptal etmek zorunda kalıyor. Bazı sevkiyatların karayolu taşımacılığına kaydırılması için girişimlerde bulunulmuştur, ancak bu sınırlı bir çözüm önerisidir. Özellikle yaz aylarında karayollarına olan yüksek talep ve yüksek maliyetler, bu taşıma yöntemini büyük ölçekli maden ihracatı için kullanışsız hale getiriyor. Sonuç olarak diyebiliriz ki; depremin etkisiyle lojistik ağlarında meydana gelen kesinti, ekonomi üzerinde kalıcı bir iz bırakmıştır.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7’si, deprem sonrası ulaştırma altyapısının kesintiye uğramasının, tıbbi yardım müdahalelerinde gecikme açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. “Tıbbi yardım müdahalelerinde gecikme” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Bir depremin hemen sonrası genellikle kaotik ve endişe vericidir. Hayatlar pamuk ipliğine bağlıdır ve her saniye önemlidir. Bu gibi afet durumlarda, tıbbi yardıma ihtiyaç duyan kişilere ulaşmadaki gecikmeler hayati sonuçlar doğurabilir. En öncelikli sorunlardan biri, enkaz altında kalan ya da tıbbi yardıma ihtiyaç duyan bireylerin durumudur. Ulaşım ağlarının hizmet dışı kalması, yolların enkaz nedeniyle kapanması, müdahale ekiplerinin etkilenen bölgelere zamanında ulaşmasını engeller. Hastaneler yapısal olarak sağlam olsalar bile, yollardaki hasar zaten vahim olan durumu daha da kötü hale getirebilir.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 6’sı, deprem sonrası ulaştırma altyapısının kesintiye uğramasının, tahliyelerin kısıtlanması açısından önemli zorluklar yaratacağını belirtmiştir. “Tahliyelerin kısıtlanması” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Havaalanının pisti çatlayınca kurtarma uçakları günlerce arama kurtarma ekiplerini ve tıbbi malzemeleri gönderemedi. Deprem nedeniyle zaten bozuk olan yollar, yoğun kar yağışı nedeniyle daha da kötüleşmiş ve seyahat etmenin son derece zor olduğu bir ortam oluşmuştu. Başka illerde yaşayan akrabalarına ulaşmak isteyen bölge sakinlerinin oluşturduğu akın, tamamen anlaşılabilir olmakla birlikte, zaten hasarlı*

olan yollarda trafiğin artmasına neden oldu. Buna ek olarak, birçok kişi, yardım malzemelerini kendi araçlarına yükleyerek depremde etkilenen bölgeye doğru yola koyuldu. Bu plansız hareketlilik, her ne kadar iyi niyetli olsa da, halihazırda depremin sonuçlarıyla mücadele eden şehirlerde kaosa neden olmuş; istemeden de olsa şehir içinde önemli bir trafik sıkışıklığı ve düzensizlik meydana gelmiştir. Bu durum da Hatay'ı terk etmek isteyen depremzedeler için önemli bir zorluk teşkil etmiş ve hatta depremzedeler üzerindeki doğrudan etkinin ötesinde, söz konusu yoğunluk karşısında, ihtiyaç sahiplerine zamanında tıbbi müdahale sağlamada engellerle karşılaşmıştır.” şeklinde görüş belirtmiştir.

5.4.4 Depreme Dayanıklı Ulaştırma Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemlerine İlişkin Katılımcıların Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular



Şekil 5.16 Depreme Dayanıklı Ulaştırma Altyapısı İçin Zarar Azaltma Önlemleri ile İlgili Katılımcıların Görüşleri

Depreme dayanıklı ulaşırma altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcının tamamı, yapısal güçlendirme uygulamalarının kritik öneminden bahsetmiştir. “Yapısal güçlendirme uygulamaları” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Güçlendirme, riskleri azaltmanın en yaygın yöntemidir; ancak maliyeti o kadar yüksek olabilir ki köprüyü kullanmaktan vazgeçmek, erişimi kısıtlayarak tamamen veya kısmen kapatmak veya tamamen yeni bir yapıyla değiştirmek tercih edilebilir. Alternatif olarak, hiçbir şey yapmamak ve hasarın

sonuçlarını kabullenmek de bir diğer olası seçenektir. Güçlendirme, mevcut yapıyı kullanma, değiştirme veya hiçbir şey yapmama kararı, yapının hem öneminin hem de güvenlik açığı derecesinin dikkatle değerlendirilmesini gerektirir. Kaynakların sınırlı olması, genellikle zayıf köprülere öncelik verilmesini ve yüksek riskli bölgelerdeki önemli köprülere güçlendirme için ilk önceliğin verilmesi gerekir. Eğer bir köprü sismik açıdan riskli bir bölgede bulunuyorsa ya da kalan kullanım ömrü sınırlıysa güçlendirmeden muaf tutulabilir; geçici köprüler veya trafiğe kapalı olanlar da muaf tutulabilir. Şöyle de bir gerçek var ki, bir köprünün güçlendirilmesi kararı, birçoğu mühendislik alanının dışında olan bir dizi faktöre bağlıdır. Nedir bu faktörler? Örneğin finansman durumu var. Bir takım siyasi meseleler var. Sosyal ve ekonomik konular var...” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı ulaştırma altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 9'u, zemin iyileştirme uygulamalarının kritik öneminden bahsetmiştir. “Zemin iyileştirme uygulamaları” ile ilgili olarak bir katılımcı; “Deprem, zemin, yapı arasındaki ilişkinin anlaşılması, özellikle de zemin konusunda gelişen teknolojilerin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Depremlerin yerini ve zamanını öncesinde kesin olarak bilmediğimizden, deprem sırasında herhangi bir önleyici tedbir alamayız. Fakat yer seçimleri dikkatli bir şekilde planlayabilir ve dayanıklılığı arttırmak için zemini güçlendirebiliriz. Depreme dayanıklı yapılar inşa etmek, bilimsel standartlara uymak, can ve mal kaybını önleyecektir. Depremler, bilgisizliği, ihmali ve tedbirsizliği affetmez, önlem alınmazsa faturası ağır olacaktır. Zemin iyileştirme yöntemleri farklı zemin parametrelerine, proje hedeflerine ve depremsellik koşullarına göre uyarlanmalıdır. Vibrasyonlu yer değiştirme sıkıştırma, enjeksiyon, taş kolon, kazık forekazık, dinamik kompaksiyon gibi sahada uzun zamandır yaygın olarak kullanılan yöntemlerin yanı sıra jet grout gibi daha uygun maliyetli ve hızlı uygulanabilen teknikler kullanılmaya başlanmıştır. Teknik nedenlerin yanı sıra, iyileştirme yapılacak zeminin bulunduğu ortamın büyüklüğü, üzerindeki yapının ne kadar önemli olduğu, mobilizasyon maliyeti, kullanılacak malzemelerin tedarik koşulları, işin süresi ve maliyeti ile işverenin tutumu gibi diğer faktörler de seçilecek iyileştirme yöntemini belirleyen unsurlardır. Ne yazık ki, yanlış yönlendirme neticesinde, yeterli iyileştirme yapılmayan zeminin sorunu çözmediği durumlar görülebilir. Bu gibi durumlarda bilirkişi yorumuyla zemini iyileştirmek için ek çalışma veya yeni bir yöntem

kullanılabilir; ancak bunun çok daha pahalıya mâl olacağını söyleyebilirim.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı ulaştırma altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 8'i, konum ve yer seçiminin kritik öneminden bahsetmiştir. “Konum ve yer seçimi” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Jeolojik ve jeoteknik bilgiye gerekli önem verilmeden yanlış alanlarının seçildiği, aktif fay hatlarının hemen üzerinde veya çok yakınından geçen ulaşım yolları deprem durumlarında yüksek riskle karşı karşıyadır. Kil, silt ve kum gibi yumuşak, gevşek zeminler sarsıntı sırasında oturma ve deformasyona karşı hassastır ve potansiyel olarak ulaştırma altyapımızı tehlikeye sokarlar. Depreme dayanıklı ulaşım altyapısı oluşturmak istiyorsak, öncelikle yer seçimi konusunda dikkatli planlama yapmalıyız. Hatay havalimanı örneğine bakacak olursak; Hatay havalimanı, hem önemli bir fay hattının üzerinde hem de eski Amik Gölü sınırları içerisinde yer aldığından oldukça riskli bir konumdadır. Ayrıca havalimanının inşaatı sırasında bu durumun birçok kez gündeme getirildiğini de belirtmek isterim. Ancak ne yazık ki gerekli önlemler alınmamış ki yaşadığımız son depremde havalimanında büyük hasarlar meydana geldi. Ne oldu? Havalimanı pisti kırıldı. Ne oldu? Havalimanına giden bağlantı yolları çatladı. Tabiatın şakası yok, karşımıza alamayız. Mümkünse, doğrudan aktif fay hatları üzerinde proje inşa etmekten kaçınılmalıdır. Ancak kaçınılmazsa, ek güvenlik önlemleri uygulama yoluna gidilmelidir. Havalimanının başka bir yere taşınması kolay olmayacağından güçlendirme yapılması şarttır; temeli derin çelik veya beton kazıklarla güçlendirmek, havalimanının depreme karşı güçlendirilmesinde atılacak önemli bir adımdır.”* şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı ulaştırma altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 8'i, düzenli denetim ve bakım programlarının hazırlanmasının kritik öneminden bahsetmiştir. “Düzenli denetim ve bakım programlarının hazırlanması” ile ilgili olarak bir katılımcı; *“Mevcut yönetmeliklerin uygulanıp uygulanmadığı çok sıkı bir şekilde kontrol edilmelidir. Yolların, köprülerin, tünellerin ve ulaşım ağının diğer önemli bileşenlerinin durumunu kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için düzenli kontroller, periyodik değerlendirmeler ve denetimler yürütülmesi çok önemlidir. Bu tür ileriye dönük tedbirler, öngörülemeyen deprem etkilerine karşı önemli bir koruma kalkını vazifesi*

görecektir. Sorunları başlangıç aşamasında tespit edip gidererek, küçük sorunların büyük yapısal sorunlara dönüşme riski ortadan kalkar. Dahası, bu tür tedbirler uzun vadede maliyet tasarrufuna da önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Kapsamlı ve pahalı onarım veya değiştirme ihtiyaçlarının önüne geçerek kaynakları daha verimli bir şekilde tahsis edebilir ve sonuçta altyapı bakımının ekonomik etkisini azaltabiliriz. Bunun yanı sıra, düzenli bakım çalışmaları sayesinde ulaştırma sistemindeki kritik varlıkların kullanım ömrü de uzar. Zamanında yapılan onarımlar ve güçlendirmeler, yapıların ömrünü ve dayanıklılığını artırarak güvenlik ve işlevselliklerinin devam etmesini sağlar. Bu sadece yolcuları korumak ve malların sorunsuz bir şekilde taşınmasını kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda özellikle deprem sırasında ve sonrasında temel hizmetlerdeki kesintileri de en aza indirir.” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı ulaştırma altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 7'si, deprem erken uyarı sistemlerinin kullanımının kritik öneminden bahsetmiştir. “Deprem erken uyarı sistemlerinin kullanımı” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Deprem nedeniyle demiryollarında meydana gelebilecek hasarları en aza indirmek için demiryolu ağı ve terminal binalarının depreme karşı dayanıklılığını iyileştirmek esas olmakla birlikte, bir deprem durumunda tren operasyonlarını hızlı ve uygun bir şekilde kontrol ederek kazaları önlemek de bir o kadar önemlidir. Türkiye’de şu anda kamuya açık bir deprem erken uyarı sistemi bulunmamaktadır. Ancak böyle bir sistemin hayata geçirilmesi halinde, güçlü sarsıntılar başlamadan önce insanların kendilerini korumaları için zaman kazanmaları ve hayatta kalmaları sağlanabilir. Deprem erken uyarı sistemlerinin ulaşım altyapısı üzerindeki etkisi de oldukça önemlidir. Örneğin toplu taşıma hizmetlerinin, trenlerin yavaşlatılması veya durdurulması, trafiğin yeniden yönlendirilmesi, köprü ve tünel gibi kritik tesislerin güvenliğinin sağlanması gibi...*” şeklinde görüş belirtmiştir.

Depreme dayanıklı ulaştırma altyapısı için zarar azaltma önlemleri kapsamında, soruya yanıt veren 10 katılımcıdan 5'i, şev stabilizasyon uygulamalarının kritik öneminden bahsetmiştir. “Şev stabilizasyon uygulamaları” ile ilgili olarak bir katılımcı; “*Deprem riski taşıyan bölgelerde, özellikle de tepelik veya eğimli alanlarda, deprem sonrasında yamaçların stabilitesinin korunması büyük önem taşımaktadır.*

Depremelerin ardından bu yamaçlar, özellikle karayolu güzergahları boyunca toprak kayması gibi potansiyel tehlikelere karşı savunmasız hale gelir. Hem yolcuların can güvenliğini sağlamak hem de acil müdahale ekiplerinin erişimini hızlandırmak için bu risklerin azaltılmasında hızlı ve etkili önlemler alınması şarttır. Ayrıca, bu yamaçların daha fazla aşınmasını ve bozulmasını önlemek, etkilenen otoyolların uzun vadeli bütünlüğünü korumak için de çok önemlidir. Uygun stabilizasyon sisteminin seçilmesi, genellikle sahaya özgü olan çeşitli hususlara bağlıdır. Bu konular arasında hizmet ömrü, otoyol yapısının önemi, çevresel faktörler, inşaat süresi, ekonomi ve benzer konular yer almaktadır.” şeklinde görüş belirtmiştir.



6 SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 Elektrik Altyapısı

Depremler, elektrik şebekelerinin istikrarı ve işlevselliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Söz konusu doğal afetler ekipman hasarlarına, yangınlara yol açarak yaygın elektrik kesintilerine ve ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Deprem sonrası elektrik kesintilerine neden olan faktörler konusunda katılımcılar arasında genel bir fikir birliği bulunmaktadır. Katılımcıların birçoğu elektrik iletim sisteminde meydana gelen hasarların, kesintilerde önemli bir etken olduğunu belirtmiştir. Ancak, tüm katılımcılar arasında bu kesintilerin birincil nedeninin elektrik dağıtım sistemindeki hasarlar olduğu konusunda görüş birliği mevcuttur. Bunun yanı sıra yapılan çalışmada, elektrik üretim tesislerinde ve ilgili bileşenlerinde meydana gelen hasarın da deprem sonrası elektrik altyapısındaki kesintilere neden olan bir diğer önemli faktör olduğu görülmüştür. Bu bulgular, elektrik altyapısının depremlere karşı savunmasız olan birden fazla katmanı olduğunu göstermektedir. Elektrik şebekelerini depremlere karşı korumak ve olumsuz etkilerini azaltmak için etkili yöntemlerin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda;

- Elektrik şebekelerinin depreme dayanıklılığını artırmak için altyapının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi ve gerekli görülen noktalarda güçlendirme çalışmalarının uygulanması gerekmektedir. Mevcut şebeke durumuna ilişkin ayrıntılı bir değerlendirme yapılmalı, özellikle de hasar görmeleri halinde kesintilere neden olabilecek önemli bileşenlerin başında gelen iletim hatları, trafolar ve trafo merkezlerine odaklanılmalıdır.
- Esnek bağlantıların ve konektörlerin iletim hatlarına entegre edilmesi, depreme karşı dayanıklılığı artırmak için tavsiye edilen bir yaklaşımdır. Bu esnek bileşenler, hatların deprem sırasındaki hareket ve titreşimler karşısında uyum sağlayarak sismik enerjiyi etkili bir şekilde absorbe etmesini ve dağıtmasını sağlayacaktır.
- Trafo merkezi binalarında taban izolasyon tekniklerinin uygulanması değerlendirilmelidir. Bu ileri mühendislik yöntemi, yapıyı yer hareketlerinden izole etmeyi, böylece sismik kuvvetlerin iletimini

azaltmayı ve deprem sırasında yapısal hasarı en aza indirmeyi sağlayacaktır.

- Deprem sarsıntılarına karşı, jeneratörler, devre kesiciler ve kontrol sistemleri gibi ekipmanların güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu bileşenler, şebekenin düzgün çalışması için hayati öneme sahiptir ve depremin şiddetli sarsıntılarına karşı hasar alma riski taşımaktadırlar. Bu bileşenlerin korunmasıyla, maliyetli onarımların ve değişimlerin engellenebileceği düşünülmektedir.
- Depreme dayanıklı sağlam kuleler, direkler ve temeller inşa etmek oldukça önemlidir; elektrik direklerinin ve kulelerinin yanal kuvvetlere ve yer sarsıntılarına dayanacak şekilde güçlendirilmesi tavsiye edilmektedir. Bu yapılar elektrik şebekesinin bel kemiğini oluşturduğundan ve deprem sırasında şebekenin genel istikrarını doğrudan etkilediğinden, yapısal bütünlüğü artıran malzeme ve tasarımların kullanılması burada kilit önem taşımaktadır.
- Mevcut yapıların depreme dayanıklılığını artırmak için betonarme duvarlar, çelik destekler ve diğer güçlendirme önlemlerinin eklenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu tür bir iyileştirme uygulamaları, yapıların ömrünü ve dayanıklılığını önemli ölçüde artırarak sismik kuvvetlere karşı daha dayanıklı olmalarını sağlayacaktır.
- Sektöre özgü sismik tasarım kılavuzları, dayanıklı malzemeler kullanmanın, güçlendirilmiş yapılar oluşturma ve güvenli ankraj teknikleri uygulamanın önemini vurgulayan kılavuzlardır. Bu standartlar takip edilerek elektrik şebekeleri depremlerin yarattığı stresle başa çıkabilecek şekilde daha iyi donatılabilir ve böylece dayanıklılıkları ve güvenilirlikleri artırılabilir.
- Deprem kaynaklı tehlikelere karşı koruyucu bir önlem olarak, elektrik hatlarının gömülmesi ihtiyatlı bir yaklaşım olacaktır. Yeraltı hatları, düşen enkaz ve ağaçlar gibi yüzeydeki bozulmalardan daha az etkilenme olasılığına sahiptir. Bu nedenle, deprem sırasında ve sonrasında daha güvenilir bir güç kaynağı sağlarlar. Örneğin, deprem riski taşıyan bir bölgede, havai elektrik hatları ağaçların veya enkazın düşmesi sonucu kesintiye uğrayabilir. Bununla birlikte, gömülü

elektrik hatları bu tür yer üstü etkilerden korunarak sürekli bir güç kaynağı sağlar ve deprem sonrası acil onarım ihtiyacını azaltır. Bu nedenle, yeraltı elektrik hatlarının sismik açıdan aktif bölgelerde elektrik şebekesinin dayanıklılığı ve istikrarı için önemli bir yatırım olduğu düşünülmektedir.

- Elektrik şebekesinin depreme karşı dayanıklılığını artırmak için iletim yollarının çeşitlendirilmesi, yedek transformatörlerin ve trafo merkezlerinin entegre edilmesi ve otomatik yeniden yapılandırma sistemlerinin kurulması tavsiye edilmektedir. Bu önlemler tek bir hatta olan bağımlılığı azaltacak, elektrik yüklerini eşit bir şekilde dağıtacak ve kesintiler sırasında güç akışını yeniden yönlendirerek istikrarlı ve sürekli bir güç kaynağı sağlayacaktır.

6.2 İletişim Altyapısı

Depremler, iletişim altyapısının bütünlüğüne zarar vererek, temel iletişim servislerinin kesintiye uğramasına neden olmaktadır. Bu durum, acil durum müdahale etkinliğini azaltmakta, toplumun bilgiye erişiminde ve afetle mücadele süreçlerinde ciddi aksamalar meydana getirmektedir. Deprem sonrası iletişim kesintilerine neden olan faktörler konusunda katılımcılar arasında genel bir fikir birliği bulunmaktadır. Katılımcıların önemli bir kısmı, yüksek çağrı hacminin neden olduğu şebeke tıkanıklığının, deprem sonrası iletişim kesintilerine katkıda bulunan önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. Ancak, tüm katılımcılar, deprem sonrası iletişim kesintilerine neden olan birincil faktörün, destekleyici altyapının hizmet sağlayamaması olduğu konusunda ortak görüşe sahiptir. Buna ek olarak, iletişim altyapısı bileşenlerinde meydana gelen fiziksel hasarın da deprem sonrası iletişim kesintilerinde önemli bir faktör olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan bulgular, iletişim altyapısının depremlere karşı savunmasız olan birden fazla katmanı olduğunu göstermektedir. İletişim altyapısının depremlere karşı korunması ve oluşabilecek yıkıcı etkilerin azaltılması için uygun önlemler alınması büyük önem taşımaktadır. Dayanıklı iletişim altyapısı oluşturabilmek için aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Özel konutlarda bulunan baz istasyonlarının deprem kaynaklı hasarlara karşı artan kırılganlığı göz önünde bulundurulduğunda, dayanıklı bir altyapı oluşturmak için baz istasyonlarının konuşlandırılma planlarının yeniden

değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu tür baz istasyonlarının özel mülkler üzerine kurulmasının sonlandırılması ya da depreme dayanıklı yapıldığı belgelerle kanıtlanmış olan yapılarla sınırlı tutulması önerilmektedir. Aynı zamanda, bu kısıtlamadan kaynaklanan baz istasyonu sayısındaki potansiyel azalmayı dengelemek için mevzuat değişiklikleri yapılması gerekebilir. Bu değişiklikler, baz istasyonlarının kamu binalarına kurulmasını kolaylaştırmalı veya bunu zorunlu hale getirmelidir; böylelikle etkili afet yönetimi ve müdahale için gereken kesintisiz ve sağlam iletişim ağı korunabilir.

- Depreme dayanıklı iletişim sistemlerinin güçlendirilmesinde kamu bilinci ve eğitiminin oynadığı önemli rolün bilinciyle, kapsamlı eğitim girişimlerinin hayata geçirilmesi şarttır. Bu programlar, halkın deprem riskleri, etkili afet iletişim yöntemleri ve bu tür durumlarda iletişim araçlarının etkin kullanımı hakkında bilgilendirilmesine odaklanmalıdır. Amaç, bölgesel deprem tehlikelerinin anlaşılmasını sağlamak, çeşitli iletişim platformlarının kullanımı konusunda talimat vermek, acil durum uygulamaları ve hizmetlerinin benimsenmesini teşvik etmektir. Ayrıca, bu eğitim çalışmaları tahliye prosedürleri, sığınak yerlerinin belirlenmesi ve toplum direncinin artırılması konularında rehberlik etmeyi de içermelidir. Bilinçli bir halkın deprem sırasında ve sonrasında iletişim ağlarını gerekli olmayan aramalar ile meşgul etme olasılığı daha düşüktür. Bu nedenle eğitimde, sesli aramalardan daha az bant genişliği tüketen kısa mesaj veya sosyal medya gibi alternatif iletişim yöntemlerinin önemi anlatılmalıdır.
- Depremler sırasında elektrik kesintilerinin iletişim ağları üzerindeki etkisini azaltmak için, baz istasyonlarının yedek güç sistemleri ile uzun süreli ve mümkün olduğunca kesintisiz enerji sağlayabilen ileri teknolojilerin yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu iyileştirme, özellikle uzun süreli elektrik kesintileri sırasında telekomünikasyon altyapımızın çalışır durumda kalmasını sağlamak için hayati önem taşımaktadır. Baz istasyonlarının kesintisiz çalışmasını sağlamak ve deprem sonrasında iletişimi sürdürmek için yüksek kapasiteli bataryalar, yenilenebilir enerji kaynakları veya yakıt hücreleri gibi son teknoloji yedek güç çözümlerinin uygulanmasını önerilmektedir.
- Afet müdahalesinin etkinliğini artırmak için kapsamlı ve uygulanabilir bir iletişim yaklaşımı benimsenmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım cep telefonları,

karasal telefonlar, telsizler ve uydu telefonları gibi çeşitli iletişim araçlarının entegrasyonunu kapsamalıdır. Her bir iletişim aracı, afetten etkilenen bölgenin özel koşullarına uygunluğuna göre kullanılmalıdır.

- İletişim altyapımızı depremin etkilerine karşı güçlendirmek için düzenli bakım ve denetim programlarının uygulanması tavsiye edilmektedir. Bu programlar, baz istasyonları dahil olmak üzere tüm kilit bileşenlerin uzman personel tarafından düzenli olarak değerlendirilmesini içermelidir. Bu denetimlerin birincil amacı, herhangi bir hasarın erken tespit edilerek hızlı ve proaktif onarımlara olanak sağlamaktır. Bu yaklaşım, sismik zorluklar karşısında iletişim ağımızın bütünlüğünü ve işlevselliğini korumak için gereklidir.
- Jeneratörler için yeterli yakıt rezervi bulundurulması gerekmektedir. Depremlerin yaygın bir sonucu olan elektrik kesintilerinin iletişim sistemlerini sekteye uğrattığı düşünüldüğünde, jeneratörler yedek güç kaynakları olarak önemli bir rol oynamaktadır. Kesintisiz çalışmalarını sağlamak için, sahada veya yakın tesislerde yakıt stoğunun hazır bulundurulması önerilmektedir.

6.3 Su ve Atıksu Altyapısı

Depremler su ve atık su altyapı sistemlerinde önemli hasarlara yol açabilmektedir; örneğin boru hatlarında kopmalar, bağlantı noktalarında ayrılmalar ve sistem entegrasyonunda aksamalar meydana gelmektedir. Bu tür hasarlar içme suyu kaynaklarının kirlenmesine ve atık suyun kontrolsüz bir şekilde çevreye sızmasına yol açarak hem insan sağlığına hem de ekosisteme zarar vermektedir. Deprem sonrası su ve atık su altyapı sistemi kesintilerine neden olan faktörler konusunda katılımcılar arasında genel bir fikir birliği bulunmaktadır. İletim ve dağıtım boru hatlarındaki hasarın birincil neden olduğu konusunda katılımcıların çoğunluğunun hemfikir olduğu gözlemlenmiştir. Katılımcıların önemli bir bölümü, su ve atık su yönetimiyle ilgili tesis ve ekipmanların hasar görmesinin kesintilerin nedeni olduğunu vurgularken, yaklaşık yarısı elektrik kesintilerinin su ve atık hizmetlerindeki aksaklıklara katkıda bulunan bir faktör olduğunu belirtmiştir. Su ve atıksu altyapısını depremlerden korumak ve olumsuz etkilerini en aza indirmek için etkili yöntemlerin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda;

- Kentlerin hızla büyümesi, mevcut altyapının yetersiz kalması ve özellikle de sistem bileşenlerinin riskli bölgelere yerleştirilmesi gibi hususlar, afet

durumunda su ve atıksu altyapısının hasar görme olasılığını artırmaktadır. Doğal afetleri, kontrolümüz dışında gerçekleşen kaçınılmaz felaketler olarak görmek yerine, önleyici tedbirlerle olumsuz etkilerini azaltabileceğimiz riskler olarak kabul etmemiz gerekmektedir. Altyapıyı depreme karşı güçlendirme çalışmaları ve acil durumlarda uygulanabilecek müdahale prosedürlerine yönelik alınacak tedbirler, afet durumlarında meydana gelebilecek hasarları etkili bir şekilde azaltacaktır. Altyapının tam kapsamlı depreme dayanıklı hale getirilmesi oldukça maliyetli olacağından, bu sürecin zaman dilimlerine yayılması sağlanmalıdır. Aksi takdirde hiçbir güçlendirme çalışması yapılmaz veya zamanında başlatılmazsa, deprem sonrası altyapıda ciddi hasarlar meydana gelme olasılığı bulunmaktadır; bu durum ortaya çıkan hasarın onarılması için daha fazla maliyet, zaman ve çaba harcanmasını gerektirecektir.

- Deprem riski taşıyan bölgelerde, gömülü boru hatlarının yer seçimi ve kurulumu sırasında dikkatli bir planlama yapılmalı ve yerel zemin koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Yeraltı boru hatlarında, toprak hareketleri, korozi ortam, mekanik etkenler ve hatalı boru bağlantıları nedeniyle hasarlar meydana gelebilmektedir. Zeminin dinamik yapısıyla uyum sağlayan malzemelerin seçilmesi, dayanıklı ve esnek altyapı için çok önemlidir. Rijit borular, dayanıklı olmalarına rağmen, yer hareketlerine uyum sağlayamamaları ve tüm yükleri tek başlarına taşıyamamaları nedeniyle kırılmaya karşı daha yatkındırlar. Bu nedenle, yer hareketlerine uyum sağlayan ve yükünü çevresindeki toprakla paylaşarak hasar riskini azaltan esnek borular tercih edilmelidir. Altyapı sistemlerinde yüksek yoğunluklu polietilen boruların kullanılması uygundur. Ancak maliyetlerin yüksek olduğu durumlarda Polietilen, Polivinil Klorür veya GRP gibi plastik borular da tercih edilebilir. Bunun yanı sıra sıvılaşma potansiyeli yüksek olan zeminlerden boru geçişinin engellenmesi projelerin güvenliği açısından önemlidir. Dolayısıyla zemin özellikleri göz önünde bulundurularak uygun malzeme seçimi yapılması gerekmektedir.
- Deprem sırasında altyapının zarar görmesini önlemek amacıyla, su ve atık su şebekelerinin fay hatlarından uzak bölgelere kurulması, kentsel yaşamın sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır. Bu yaklaşım hem insan hayatının korunması hem de altyapı hasarından kaynaklanan ekonomik kayıpların

minimize edilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Buna bağlı olarak, aktif fay hatları boyunca belirli genişlikte ağaçlandırma şeridi oluşturulmalı ve bu şerit içerisinde herhangi bir yapılaşmaya izin verilmemelidir. Ancak fay hatları üzerinde inşa edilmesi söz konusuysa, bu yapıların olası fay atımlarının etkisini en aza indirecek şekilde özel tasarım ve esnek geçişlerle inşa edilmesi gerekmektedir.

- Su ve atıksu altyapısının depreme dayanıklılığını artırmak amacıyla, diğer kritik altyapılarla olan karşılıklı bağımlılıkların değerlendirilmesi gerekmektedir. Elektrik, tesislerdeki faaliyetlerin ana kaynağını oluştururken, ulaşım altyapısı personel erişimi ve malzeme tedariği için gereklidir; iletişim ağları ise onarımları koordine eden ve faaliyetleri kontrol eden önemli araçlar olarak görev yapmaktadır. Bu sistemler arasındaki bir arıza veya kesinti, zincirleme bir reaksiyonu başlatabilir ve bu durum potansiyel olarak uzun süreli kesintilere, kaynak sıkıntılarına ve afet müdahale çabalarının engellenmesine neden olabilir. Bu nedenle, karşılıklı bağımlılıkların tam anlamıyla anlaşılması, altyapı bileşenlerindeki potansiyel zayıf noktaların tespit edilmesi ve bu alanlarda gerekli güçlendirme önlemlerinin alınması esastır.
- Alt yapı sistemleri, olası deprem durumlarında minimum hasar görecektir şekilde tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. Ancak hasar oluşması durumunda, deprem sonrası hijyen ve sağlık açısından içme suyu ve atık su konuları öncelikli hale gelir. Bu nedenle yerleşim bölgelerinde belirlenmiş noktalarda içme suyu için hazneden su temini sistemleri ve atık sular için altyapısı hazırlanmış prefabrik tuvalet ve lavabo gibi çözümler için alanlar belirlenmeli ve bunların kullanıma hazır halde bulundurulmalıdır.
- Deprem sonrasında sağlık açısından içme suyu temini ve atık su yönetimi kritik önem taşımaktadır. Bu nedenle, içme suyunun güvenli olduğundan emin olmak için, belirli yerlerde numune almaya uygun su ağızları kurulmalıdır. Mobil sağlık ekipleri ve laboratuvarlar aracılığıyla hızlı tahliller yapılmalı ve sonuçlar halka ivedilikle iletilmelidir. Bunun beraberinde, atık su ve yağmur suyu sistemlerinin hasar görmesi durumunda, suların yeraltına sızma riski göz önünde bulundurularak yeraltı suyundan beslenen içme suyu sistemlerinin belirli aralıklarla kontrol

edilmesini sağlayacak bir sistem kurulmalıdır. Bu, içme suyu kalitesinin güvence altına alınması için kritik bir adımdır.

6.4 Ulaştırma Altyapısı

Depremler, ulaşım altyapısında geniş çaplı hasarlara neden olarak karayolu kaplamalarında göçme ve çatlama, köprü, viyadük ve tünellerin yapısal bütünlüğünde bozulma, demiryolu hatlarında deformasyon, havaalanı pistlerinde ve liman tesislerinde yapısal hasarlara yol açmaktadır. Bu tür yapısal hasarlar, ulaşım ağlarının işlevselliğinin önemli ölçüde azalmasına, acil müdahale kapasitesinin kısıtlanmasına ve ekonomik faaliyetlerin aksamasına neden olarak geniş kapsamlı sosyoekonomik etkilere sebep olmaktadır. Katılımcıların görüşleri, deprem sonrası ulaşım altyapısında meydana gelen kesintilerin çeşitli nedenlerden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. İlk olarak, tüm katılımcılar kesintilerin büyük çoğunluğunun zemin deformasyonlarından kaynaklandığı konusunda hem fikir olmuştur. Bunun yanı sıra, bazı katılımcılar ulaşım altyapısındaki kesintilerin bina enkazlarının yol açtığı engellerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Öte yandan, ulaştırma altyapısındaki kesintilerin hem altyapı bileşenlerinde meydana gelen yapısal hasarlardan hem de terminal binalarındaki yapısal olmayan hasarlardan kaynaklandığı belirtilmiştir. Son olarak, elektrik kesintilerinin de altyapıda kesintilere neden olduğu yönünde ortak görüşler bulunmaktadır. Bu tür yapısal ve yapısal olmayan hasarların ulaşım altyapısında yol açtığı kesintilere karşı önleyici tedbirlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda;

- Deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde ulaşım altyapısının güçlendirilmesi, zemin güçlendirme çalışmalarının etkin bir şekilde planlanması ve uygulanması ile mümkündür. Bu planlama sürecinde bölgenin zemin özellikleri ve olası deprem riski detaylı bir şekilde analiz edilmelidir. Uygulanacak zemin iyileştirme yöntemleri bölgenin ihtiyaçlarına ve teknik gereksinimlerine göre özenle seçilmeli, maliyet açısından verimli çözümlere ağırlık verilmelidir. Bunun yanı sıra bölgenin mevcut durumu, yapılacak çalışmanın süresi, gerekli malzemenin temini ve proje bütçesi gibi faktörlerin yanı sıra projenin sosyal ve çevresel etkilerinin de dikkate alınması, projenin başarılı bir şekilde yürütülmesi için gereklidir. Bu kapsamlı yaklaşımın, deprem riskinin azaltılmasında önemli bir rol oynayacağı ve altyapı

yatırımlarının uzun vadeli sürdürülebilirliğine önemli ölçüde katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

- Depreme dayanıklı ulaşım altyapı projelerinde yer seçimi ve jeolojik koşullar dikkatle değerlendirilmelidir. Özellikle aktif fay hatlarının yakınında veya jeolojik açıdan riskli bölgelere yapılan yatırımlar, bu alanlardaki yapıların deprem riskine daha fazla maruz kalmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, yeni projelerde yer seçimi yapılırken detaylı jeolojik çalışmalar yapılmalı, mevcut riskli yapılarda ise güçlendirme çalışmaları önceliklendirilmelidir. Özellikle gevşek ve oturmaya eğilimli zeminlerde, derin temel kazıkları, zemin stabilizasyonu ve sismik izolasyon teknikleri gibi güçlendirme yöntemleri dikkate alınmalıdır. Hatay Havalimanı örneği, yanlış yer seçiminin ciddi sonuçlar doğurabileceğini göstermekte olup, bu tür hatalardan ders alarak gelecekteki altyapı yatırımlarını daha güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde planlamak gerekmektedir. Bu yaklaşımın, hem maliyet etkinliğini hem de altyapının uzun vadeli dayanıklılığını arttıracaklarını, olası bir doğal afet durumunda can ve mal kaybını en aza indireceği düşünülmektedir.
- Altyapı bileşenlerinin düzenli olarak kontrol edilmesi ve yönetmeliklere uygun şekilde bakımının yapılması, hem deprem sırasında hem de sonrasında altyapının güvenliğini ve işlevselliğini sağlayacaktır. Bu nedenle, yollar, köprüler ve tüneller gibi kritik yapılar için kapsamlı bakım ve denetim programları oluşturulmalı ve bu programlar sıkı bir şekilde uygulanmalıdır. Erken aşamada tespit edilen sorunların hızla giderilmesi, büyük yapısal hasarların ve sonrasında ortaya çıkabilecek yüksek maliyetlerin önüne geçecektir. Ayrıca, bu yaklaşım, altyapının genel kullanım ömrünü uzatırken, toplumun ve ekonominin karşı karşıya kalabileceği riskleri azaltacaktır.
- Depreme dayanıklı ulaştırma altyapısının geliştirilmesinde, demiryolu ağı ve terminal binalarının fiziksel dayanıklılığını artırmak kadar, deprem erken uyarı sistemlerinin entegrasyonu da büyük önem taşımaktadır. Türkiye'de bu alanda mevcut bir eksiklik olduğu göz önüne alındığında, kamuya açık ve etkin bir deprem erken uyarı sistemi geliştirmek, ulaşım güvenliğini önemli ölçüde artırabilir. Bu sistem, deprem anında trenlerin ve diğer ulaşım araçlarının hızlı bir şekilde durdurulmasını veya yavaşlatılmasını sağlayarak kazaları önleyebilir ve yolcu güvenliğini arttırabilir.

- Limanlar için geçerli olan yangın kontrol yönetmeliği, afetler göz önünde bulundurularak tekrar gözden geçirilmelidir.
- İl nüfusu, yolcu trafiği ve bölgenin afete ne kadar yatkın olduğu gibi çeşitli kriterlere dayalı bir önceliklendirmeye bağlı olarak, yolcu ve kargo uçaklarının havaalanlarına iniş ve kalkışına olanak sağlayacak "acil taksi yolları" inşa edilmelidir.



7 KAYNAKLAR

A Haber. (2023a). Yüzyılın felaketinde ağır hasar alan TAG otoyolu trafiğe açıldı, valilikten vatandaşlara kritik uyarı. <https://www.ahaber.com.tr/gundem/2023/02/07/yuzyilin-felaketinde-agir-hasar-alan-tag-otoyolu-trafige-acildi-valilikten-vatandaslara-kritik-uyari>

A Haber. (2023b). Depremin ardından İskenderun Limanı'nda yangın çıktı. <https://www.ahaber.com.tr/gundem/2023/02/06/depremin-ardindan-iskenderun-limaninda-yangin-cikti>

AFAD. (2014a). Açıklamalı afet yönetimi terimleri sözlüğü. <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu>

AFAD. (2014b). Kritik altyapıların korunması yol haritası belgesi (2014-2023). Ankara, s14. <https://www.afad.gov.tr/Dokuman/TR/123-20141010111330-kritikaltyapi-son.pdf>

AFAD, TÜBİTAK-BİLGEM. (2016). Ulusal kritik altyapı, varlık ve tesisleri belirleme, risk değerlendirme ve önceliklendirme projesi sonuç raporu.

AFAD. (2018). 17 Ağustos 1999 depreminin üstünden 17 yıl geçti. <https://mersin.afad.gov.tr/17-agustos-1999-depreminin-ustunden-17-yil-gecti>

AFAD. (2020a). İzmir Seferihisar depremi-duyuru 3. <https://izmir.afad.gov.tr/izmir-seferihisar-depremi---duyuru-3-30102020-1720>

AFAD. (2020b). İzmir Seferihisar depremi-duyuru 63. <https://www.afad.gov.tr/izmir-seferihisar-depremi-duyuru-63-03112020---0020>

AFAD. (2020c). Basın duyurusu-8 Elazığ'da meydana gelen 6,8 büyüklüğündeki deprem hakkında.

AFAD. (2021). İl afet risk azaltma planı. <https://van.afad.gov.tr/kurumlar/van.afad/KUTUPHANE/IL-PLANLARI/VAN-IRAP.pdf>

AFAD. (2023a). Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 depremlerine ilişkin ön değerlendirme raporu.

AFAD. (2023b). 06 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan Kahramanmaraş (Mw: 7.7 – Mw: 7.6) depremleri raporu. https://deprem.afad.gov.tr/assets/pdf/Kahramanmara%C5%9F%20Depremi%20%20Raporu_02.06.2023.pdf

AFAD. (2023c). Kahramanmaraş-Pazarcık'ta meydana gelen deprem hakkında-10. <https://www.afad.gov.tr/kahramanmaras-pazarcikta-meydana-gelen-deprem-hk-basin-bulteni10>

AFAD. (2023d). Kahramanmaraş-Pazarcık'ta meydana gelen deprem hakkında basın bülteni-6. <https://www.afad.gov.tr/kahramanmaras-pazarcikta-meydana-gelen-deprem-hk-basin-bulteni6>

AFAD. (t.y.). Van depremi hakkında. <https://www.afad.gov.tr/van-depremi-hakkinda>

Akkuyu Nükleer. (t.y.). Proje hakkında. <https://akkuyu.com.tr/about/info>

Aktürk, İ., Albeni, M. (2002). Doğal afetlerin ekonomik performans üzerine etkisi: 1999 yılında Türkiye'de meydana gelen depremler ve etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte Dergisi*, 7(1): 18.

Akyıldız, N. A. (2020). Kentleşme ve Kentsel Gelişim Bağlamında Açık Kamusal Alanların Sürdürülebilir Kentler Açısından Değeri. *Milli Folklor*, 16(125):188-201.

Altunışık, A. C., Arslan, M. E., Emiroğlu, M., Demir, A., Tatar, T., Aykanat, B. (2023). Kahramanmaraş (Pazarcık = Mw 7.7 Elbistan Mw = 7.6) depremleri ve artçılarını, saha gözlemlerini, yapısal hasarları ve ileriye yönelik önerileri içeren değerlendirme raporu.

Amjadian, M., Kalantari, A. ve Agrawal, A. K. (2016). Analytical study of the coupled motions of decks in skew bridges with the deck-abutment collision. *Journal of Bridge Engineering*. 21(12),04016090. <https://doi.org/10.1177/1077546316659781>

Anadolu Ajansı. (2023a). Kahramanmaraş'ta depremin etkisiyle kayan demir köprü görüntülendi. <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/kahramanmarasta-depremin-etkisiyle-kayan-demir-kopru-goruntulendi/2886533>

Anadolu Ajansı. (2023b). Depremler, Adıyaman'daki demir yolunda bükülmeye neden oldu. <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/depremler-adiyamandaki-demir-yolunda-bukulmeye-neden-oldu/2836100>

Anadolu Ajansı. (2023c). Depremden zarar gören Hatay Havalimanı hizmet vermeye başladı. <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/depremden-zarar-goren-hatay-havalimani-hizmet-vermeye-basladi/2817037>

Anadolu Ajansı. (2023d). Depremden etkilenen 7 ilde kurulu rüzgar enerjisi santralleri elektrik üretmeye devam ediyor. <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/depremden-etkilenen-7-ilde-kurulu-ruzgar-enerjisi-santralleri-elektrik-uretmeye-devam-ediyor/2822814>

Applied Technology Council (ATC). (2016). Critical Assessment of Lifeline System Performance: Understanding Societal Needs in Disaster Recovery, NIST GCR 16-917-39 Report. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, Maryland

American Society of Civil Engineers (ASCE). (2013). 2013 Report Card for America's Infrastructure. American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784478837>

Atlas Enerji. (t.y.). Enerji Üretim Tesislerimiz. <https://atlasenerji.com.tr/enerji-uretim-tesislerimiz>

Avşar, Ö., Bozer, A., Tunaboyu, O., Sülev, E. ve Demirtaş, Y. (2023). Mw 7.7-7.6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde 2000 Sonrası Yapılmış Betonarme Binalar ile Bölgedeki Karayolu Köprülerinin Sismik Performansı: Hatay Saha Gözlemleri Teknik Raporu. Doi:10.13140/RG.2.2.22933.40166

Baral, A., Shahandashti, S.M. (2022). Identifying Critical Combination Of Roadside Slopes Susceptible To Rainfall-Induced Failures. Natural Hazards, 113, 1177–1198. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05343-6>

Bayrak, O.F., Bikçe, M., Erdem, M.M. (2021). Türkiye'de 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi Sırasında Yapılarda Meydana Gelen Hasarlar. Natural Hazards 108 , 1943–1969 <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04764-z>

Bi, K. ve Hao, H. (2013). Numerical Simulation of Pounding Damage To Bridge Structures Under Spatially Varying Ground Motions. Engineering Structures. 46,62–76. DOI: 10.1016/j.engstruct.2012.07.012

Brown, G., Carlyle, M., Salmerón, J., Wood, K. (2006). Defending Critical Infrastructure. Interfaces. 36(6), 530–544. Doi: 10.1287/inte.1060.0252

Brown, T., Beyeler, W., Barton, D. (2004). Assessing Infrastructure Interdependencies: The Challenge of Risk Analysis for Complex Adaptive Systems. International Journal of Critical Infrastructures 1(1), 108-117.

Cemre. (2023). Sarsıntı yollarda büyük hasar oluşturdu. <https://cemre.com/sarsinti-yollarda-buyuk-hasar-olusturdu/>

Chen S., Wu, Y., Hou G.(2021). Post-Earthquake Resilience Assessment And Long-Term Restoration Prioritization Of Transportation Network. Reliability Engineering & System Safety. Doi: 10.1016/j.res.2021.107612

CNN Türk. (2023a). Kahramanmaraş'ta fayın yeryüzünü kestiği yer tespit edildi. <https://www.cnnturk.com/turkiye/kahramanmarasta-fayin-veryuzunu-kestigi-yer-tespit-edildi?page=1>

CNN Türk. (2023b). Gaziantep'te Depremde Devrilen 6 Tren Kaldırıldı. <https://www.cnnturk.com/turkiye/gaziantepde-depremde-devrilen-6-tren-kaldirildi?page=1>

Cowie, J. H., Ogielski, A. T., Premore, B., Smith, E. A., Underwood, T. (2004). Impact Of The 2003 Blackouts On Internet Communications, Preliminary Report. Renesys Corporation. http://www.renesys.com/tech/presentations/pdf/Renesys_BlackoutReport.pdf

Cui, L., Guo, A. ve Li, H. (2011). Investigation of The Parameters Of Hertz Impact Model For The Pounding Analysis Of Highway Bridge. Procedia Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.349>.

Cumhuriyet. (2023). Gsm operatörleri afette sınıfta kaldılar. https://www.cumhuriyet.com.tr/bilim-teknoloji/gsm-operatorleri-afette-sinifta-kaldilar-2057466#google_vignette

Çetin, K. Ö., Bray, J. D., Frost, J. D., Hortacsu, A., Miranda, E., Moss, R. E. S., & Stewart, J. P. (2023). February 6, 2023 Türkiye Earthquakes: Report on Geoscience and Engineering Impacts. Earthquake Engineering Research Institute, LFE Program & GEER Association Report 082.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). Bakan Kurum Elazığ'daki Hasar Tespit Çalışmalarını Anlattı. <https://www.csb.gov.tr/bakan-kurum-elazigdaki-hasar-tespit-calismalarini-anlatti-bakanlik-faaliyetleri-29711>

Dailysabah. (2023). Roads, railways, walls, fields moved by Türkiye quake: Report. <https://www.dailysabah.com/turkey/roads-railways-walls-fields-moved-by-turkiye-quake-report/news>

Davis, G. (1999). The Auckland Electricity Supply Disruption 1998: Emergency Management Aspects. The Australian Journal of Emergency Management. 13(4), 44–46. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.399751172586588>

Demir, F. ve Saltan, M. (2017). Deprem Etkisi Altında Demiryolu Üstyapısı Davranışının İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5(3), 615-620. <https://doi.org/10.21923/jesd.283161>

Deniz Haber Ajansı. (2023). Deprem Bölgesine Denizyoluyla Yardım Taşımaları Hızlandı. <https://www.denizhaber.net/deprem-bolgesine-denizyoluyla-yardim-tasimalari-hizlandi-haber-112419.htm>

Derrible, S. (2018). An approach to designing sustainable urban infrastructure. MRS Energy & Sustainability, 5(13). <https://doi.org/10.1557/mre.2018.14>

DEU. (2023). Deprem Raporu. <https://haber.deu.edu.tr/deprem-raporu/>

Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü. (2023). Devletimizin Tüm İmkanlarıyla Bölgedeki Havalimanlarında 7/24 Milletimize Hizmet Veriliyor. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Haber/devletimizin-tum-imknlarıyla-bolgedeki-havalimanlarinda-724-milletimize-hizmet-veriliyor.aspx>

Deyuan, T., Rushan, L., Xuyi, X. ve Zhenhui, W. (2022). Seismic vulnerability assessment of thermal power plants based on beta function. Mathematical Problems in Engineering. <https://doi.org/10.1155/2022/5799241>

DHA. (2023a). DEÜ'lü Uzmanlar, Afet Bölgesinde Ulaşım Yollarındaki Hasarları Raporladı. <https://www.dha.com.tr/foto-galeri/deulu-uzmanlar-afet-bolgesinde-ulasim-yollarindaki-hasarlari-raporladi-2219445/1>

DHA. (2023b). Prof.Dr. Sözbilir: Kahramanmaraş'ta fayın yeryüzünü kestiği yer tespit edildi. <https://www.dha.com.tr/yerel-haberler/izmir/prof-dr-sozbilir-kahramanmarasta-fayin-yeryu-2202429>

DHA. (2023c). Erkenek Tüneli'ndeki hasar görüntülendi. <https://www.dha.com.tr/yerel-haberler/malatya/merkez/erkenek-tunelindeki-hasar-goruntulendi-2205877>

DHA. (2023d). Adıyaman'da demiryolu tüneli depremle çöktü. <https://www.dha.com.tr/foto-galeri/adiyamanda-demiryolu-tuneli-depremle-coktu-2212314/1>

DHA. (2023e). Hatay'da yeni su kuyuları açılıyor. <https://www.dha.com.tr/foto-galeri/hatayda-yeni-su-kuyulari-aciliyor-2215505>

Dowell, R. K., Ph.d., ve P.e., (2023). Reconnaissance Report of Observed Structural Bridge Damage Mw 7.8 Türkiye (Turkey) Earthquake of 2023. SDSU Structural Engineering Research Project Report No. SERP – 23/03.

Elliott, W. M., McDonough, P. W. (1999). Optimizing Post-Earthquake Lifeline System Reliability. Proceedings of the 5th US Conference on Lifeline Earthquake Engineering. Seattle, Washington.

EMBA Energy. (t.y.). Hakkımızda. <https://embaenergy.com/hakkimizda.html>

Erdik, M. (2001). Report On 1999 Kocaeli And Düzce (Turkey) Earthquakes. Structural Control for Civil and Infrastructure Engineering, 149-186. https://doi.org/10.1142/9789812811707_0018

Erşan, M. (2023). Halk sağlığı uzmanı uyardı: deprem bölgesinde su kirlenmiş olabilir. Diken.com. <https://www.diken.com.tr/halk-sagligi-uzmani-uyardi-deprem-bolgesinde-su-kirlenmis-olabilir/>

Eskandari, M., Goodarzi, S., Nekooie, M. A. (2019). Seismic Damage Assessment Of Lifelines Based On Geospatial Analysis. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-4/W16, 197-203. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W16-197-2019>

EUAS. (t.y.). BERKE HES. <https://www.euas.gov.tr/santraller/berke-hes>

Evans N.L., McGhie C. (2011). The Performance Of Lifeline Utilities Following The 27th February 2010 Maule Earthquake Chile. Proceedings Of The Ninth Pacific Conference On Earthquake Engineering Building An Earthquake-Resilient Society.

Evrensel. (2023). Depremde otoyol ve kara yollarında derin yarık ve çökmeler oluştu. <https://www.evrensel.net/haber/481994/depremde-otoyol-ve-kara-yollarinda-derin-yarik-ve-cokmeler-olustu>

GASKİ. (t.y.). Belediye Su İşletmesi'nden GASKİ'ye. <https://gaski.gov.tr/kurumsal/gaski-hakkinda/>

GASKİ. (t.y.). Planlanan Projeler Düzbağ Baraj Projesi. <https://gaski.gov.tr/project/duzbag-baraj-projesi/>

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi. (2019). Düzbağ'ın Suyu Şehre Verildi. <https://www.gaziantep.bel.tr/tr/haberler/duzbagin-suyu-sehre-verildi>

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi. (2023). Deprem Sonrasında Gaziantep'in Suyu İçme ve Kullanıma Uygun. <https://www.gaziantep.bel.tr/tr/haberler/deprem-sonrasinda-gaziantepin-suyu-icme-ve-kullanima-uygun>

Gaziantep Güneş. (2023). GASKİ'den Su Kesintisi Açıklaması. <https://www.gaziantepgunes.com/haber/14141432/gaskiden-su-kesintisi-aciklamasi>

Gaziantep Söz. (2023). GASKİ'den Çok Önemli Su Açıklaması. <https://gaziantepsoz.com/gaskiden-cok-onemli-su-aciklamasi.html>

Genç, F. (2008). Kriz İletişimi: Marmara Depremi Örneği. Selçuk İletişim, 5(3), 161-175.

Ghosh, J., Padgett, J. E., Eeri, M. ve Sánchez-Silva, M. (2015). Seismic Damage Accumulation in Highway Bridges in Earthquake-Prone Regions. Earthquake Spectra. 31(1):115-135. Doi:10.1193/120812EQS347M

Giovinazzi, S., Wilson, T. (2012). "Recovery Of Lifelines" Following The 22nd February 2011 Christchurch Earthquake: Successes And Issues. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand: New Zealand Society for Earthquake Engineering: 2012 Annual Technical Conference.

Giovinazzi, S., Wilson, T., Davis, C. A., Bristow, D., Gallagher, M., Schofield, A., Villemure, M., Eidinger J., Tang A. K. (2011). Lifelines Performance And Management Following The 22 February 2011 Christchurch Earthquake, New Zealand: Highlights Of Resilience. Bullentin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 44(4), 402–417. DOI: 10.5459/bnzsee.44.4.402-417

Giovinazzi, S., Wilson, T., Davis, C., Bristow, D., Gallagher, M., Schofield, A., Villemure, M., Eidinger, J., Tang, A. (2011). Lifelines performance and management following the 22 February 2011 Christchurch earthquake, New Zealand: Highlights of resilience. Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 44(4), 402–417. <https://doi.org/10.5459/bnzsee.44.4.402-417>

GTU. (2023). 6 Şubat 2023 Maraş Depremleri (Pazarcık Mw7.7 ve Elbistan Mw7.6) Sonrasında Kuvvetli Yer Hareketi, Geoteknik, Üst Yapı ve Altyapılara İlişkin Saha Gözlemleri. https://www.gtu.edu.tr/fileman/Files/UserFiles/insaat_muhendisligi_bolumu/GTU_Maras%20Depremleri%20Deg%CC%86erlendirme%20Raporu_Final_07.03.2023.pdf

Gücek, S., Afacan, K. B., Zorluer, İ. (2023). 6 Şubat 2023 Depremleri Sonrası Zemin Büyütmesi ve Sıvılaşma Gerçeği: Antakya, Gölbaşı, Türkoğlu Örnekleri. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23(3), 740-752. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.1298648>

Gürsoy, H., Akpınar, Z., Tatar, O., Koçbulut, F., Sezen, T. F., Mesci, L., Polat, A., Kavak, K. S. ve Tunçer, D., Yaman, S. (2006), “1939 Erzincan Depremi Yüzey Kırığı Haritalama Çalışmaları (Reşadiye Batısı Koyulhisar Arası): İlk Gözlemlere Ait Bulgular”, Aktif Tektonik Araştırma Grubu (ATAG10 2-4 Kasım 2005), 37.

Haber Meydan. (2023). Deprem sebebiyle trafiğe kapanan yollar açıldı. <https://www.habermeydan.com/gundem/deprem-sebebiyle-trafige-kapanan-yollar-acildi-h16051/>

Habererk. (2023). Depremi Şiddeti Karayollarına Yansıdı: Hatay Reyhanlı Yolu Çöktü. <https://www.habererk.com/depremin-siddeti-karayollarina-yansidi-hatay-reyhanli-yolu-coktu>

Haberet. (2023). Deprem Sonrası İskenderun Limanı Hasar Aldı. <https://www.haberet.com/gundem/deprem-sonrasi-iskenderun-limani-hasar-aldi-16037>

Haçin, İ. (2014). 1939 Erzincan Büyük Depremi. Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi 30(88): 37-70.

Hallegatte, S., Rentschler, J., Rozenberg, J. (2019). Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity. Sustainable Infrastructure. World Bank. Doi: 10.1596/978-1-4648-1430-3

Hammerli, B., Renda, A. (2010). Protecting Critical Infrastructure In The EU, CEPS Task Force Report. Centre for European Policy Studies. http://aei.pitt.edu/15445/1/Critical_Infrastructure_Protection_Final_A4.pdf

Hatay.com. (2022). Hatay Havalimanı'nda 79.851 Yolcuya Hizmet Verildi. <https://www.hatay.com/hatay-havalimaninda-79-851-yolcuya-hizmet-verildi/>

Hürriyet. (2023a). Depremde Hasar Görmüştü: Demir Yollarında Onarım Çalışması. <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/depremde-hasar-gormustu-demir-yollarinda-onarim-calismasi-42220252>

Hürriyet. (2023b). Hatay'da depremin ardından doğal gaz boru hattı patladı. <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/hatayda-depremin-ardindan-dogal-gaz-boru-hatti-patladi-42215611>

İLBANK. (2022). Kahramanmaraş Merkez İçme Suyu, Kanalizasyon ve Yağmur Suyu Projesi Nihai Çevresel ve Sosyal Yönetim Planı. <https://www.ilbank.gov.tr/sayfa/cevresel-ve-sosyal-dokumanlar-2>

İşçi, P. D. C. (2008). Deprem Nedir ve Nasıl Korunuruz. Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 3(9), 959-983. <https://journal.yasar.edu.tr/arsiv/vol3/no9-vol3/>

Jankowski, R. ve Fujino, K. W. (2000). Reduction of pounding effects in elevated bridges during earthquakes. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 29(2), 195-212. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9845\(200002\)29:2<195::AID-EQE897>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9845(200002)29:2<195::AID-EQE897>3.0.CO;2-3)

Jiang, T., Zhang, Y., Wang, L., Zhang, L. ve Song, G. (2018). Monitoring Fatigue Damage of Modular Bridge Expansion Joints Using Piezoceramic Transducers. *Sensors*. 18(11),3973. <https://doi.org/10.3390/s18113973>

Kalafat, D., Zulfikar, A. C., Akcan, S. O. (2021). Seismicity Of Turkey and Real-Time Seismology Applications in Determining Earthquake Hazard. *APJHAD*, 2(2), 96–111. Doi: 10.52114/apjhad.1039670.

Karamanoğlu, M., & Ulay, G. (2017). Deprem Riski Yüksek Bölgelerde İç Mekân Düzenlemelerinin İncelenmesi (Tosya Örneği). *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(1), 186-193. Doi: 10.17475/kastorman.297200

Karayolları Genel Müdürlüğü. (2023). Deprem Nedeniyle Kapanan Yolların Güncel Listesi. Twitter. <https://twitter.com/KarayollariGM/status/1622577249542184963?s=20>

Karayolları Genel Müdürlüğü. (t.y.). Erkenek Tüneli. <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/ProjelerDetay.aspx?q=74#:~:text=28%20May%C4%B1s%202017%20tarihinde%20hizmete,Karanl%C4%B1kdere%20ge%C3%A7i%C5%9Fi%20mevkiinde%20in%C5%9Fa%20edilmi%C5%9Ftir.>

KASKİ. (t.y.). Kaski Hakkında. <https://www.maraskaski.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=595>

Kawashima, K., Unjoh, S., Hoshikuma, J. ve Kosa, K. (2011). Damage of bridges due to the 2010 Maule, Chile, Earthquake. *Journal of Earthquake Engineering*. 15(7):1036–1068. Doi: 10.1080/13632469.2011.575531

Kong, X., Li, Z., Zhang, Y. ve Das, S. (2022). Bridge Deck Deterioration: Reasons And Patterns. *Transportation Research Record*, 2676(7), 570-584. <https://doi.org/10.1177/03611981221080140>

Krzysztofik, A. (2023). The elastomeric bearing pad and its role in bridge design. *Simscale*. <https://www.simscale.com/blog/elastomeric-bearing-pads-and-their-role-in-bridge-safety/>

Ledezma, C., Hutchinson, T., Ashford, S.A., Moss, R., et al. (2012). Effects of Ground Failure on Bridges, Roads, and Railroads. *Earthquake Spectra*. 28(1-1):119-143. doi:10.1193/1.4000024

Lenz S. (2009). Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen. BBK (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe), Forschungim Bevölkerungsschutz, Vol. 4.

Li, B., Bi, K., Chouw, N., Butterworth, J. ve Hao, H. (2012). Experimental investigation of spatially varying effect of ground motions on bridge pounding. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. 41(14), 1959–76. DOI: 10.1002/eqe.2168

Li, Z., Kang, S. ve You, C. (2022). Seismic Mitigation of Curved Continuous Girder Bridge Considering Collision Effect. *Symmetry*. 14(1),129. <https://doi.org/10.3390/sym14010129>

Marzorati, S., Luzi, L., De Amicis, M. (2002). Rock falls induced by earthquakes: a statistical approach. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 22: 565–577.

Menoni, S. (2001). Chains Of Damages And Failures İn A Metropolitan Environment: Some Observations On The Kobe Earthquake İn 1995. *Journal of Hazardous Materials*. 86(1-3), 101–119. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(01\)00257-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00257-6)

Mertol, H. C., Akis, T., Tunc, G., Kantekin, Y. ve Aydın, İ. C. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Raporu. Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/369604807_6_Subat_2023_Kahramanmaraş_Depremleri_Raporu

METU/EERC. (2011). 23 Ekim 2011 Mw 7.2 Van Depremi Sismik ve Yapısal Hasara İlişkin Saha Gözlemleri. Report No: 2011-04, Kasım 2011, Ankara, 76 pp.

Miari, M., Choong, K.K., Jankowski, R. (2020). Seismic Pounding Between Bridge Segments: A State-of-the-Art Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28, 495-504. <https://doi.org/10.1007/s11831-019-09389-x>

Moehle, J. P., Eberhard, M. O. (2000). Earthquake Damage to Bridges, in: *Bridge Engineering Handbook*.

Mohamedmeki, Z. M., Esmail, F. J. ve Ajeel, E. A. (2021). Fatigue Life Analysis of Laminated Elastomeric Bearing Pad. *Mater. Today Proc.* 42, 2361–2368, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.328>

Morton, O. (2012). The Dream That Failed. *The Economist, Nuclear Energy Special Report*. The Economist Newspaper Limited, London, U.K. http://www.economist.com/sites/default/files/20120310_nuclear_power.pdf

Moteff, J. , Copeland, C. , Fischer, J. (2003). Critical Infrastructures: What Makes an Infrastructure Critical?. UNT Digital Library.

m-TOD. (2023). Bölgedeki çalışanları ve haberleşme altyapıları depremde büyük zarar gören operatörler, tüm zorluklara rağmen özveriyle çalışmaya devam ediyor. <https://m-tod.org/deprem-bilgilendirme-11022023/>

Mukherjee, M., Abhinay, K., Rahman, M. M., Yangdhen, S., Sen, S., Adhikari, B. R., Nianthi, R., Sachdev, S., & Shaw, R. (2023). Extent and evaluation of critical infrastructure, the status of resilience and its future dimensions in South Asia. *Progress in Disaster Science*, 17, 100275. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2023.100275>

Murray, A.T., Grubescic, T. H. (2007). "Overview of Reliability and Vulnerability in Critical Infrastructure," Critical Infrastructure: Reliability and Vulnerability. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68056-7>

Nakashima, M., Lavan, O., Kurata, M., Luo, Y. (2014). Earthquake engineering research needs in light of lessons learned from the 2011 Tohoku earthquake. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 13(1), 141–149. <https://doi.org/10.1007/s11803-014-0244-y>

National Research Council (NRC). (2014). Lessons Learned from the Fukushima Nuclear Accident for Improving the Safety of U.S. Nuclear Plants. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18294>.

NTV. (2023a). Depremde tren rayları kaydı: 85 gündür sefer yapılamıyor. <https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/depremden-tren-raylari-kaydi-85-gundur-sefer-yapilamiyor,g2-42Eq8xE0oy2UO3JOZPg/YzNjFii5Ea249KX2tQF5A#>

NTV. (2023b). ROSATOM: Akkuyu Nükleer Santrali'nde deprem nedeniyle hasar yok. <https://www.ntv.com.tr/dunya/rosatom-akkuyu-nukleer-santralinde-deprem-nedeniyle-hasar-yok,ogYXLS6WTUGmjcbtncKC5Pw>

O'Rourke T. D., Bonneau A. L., Pease J. W., Shi P., Wang Y. (2006). Liquefaction and Ground Failures in San Francisco. Earthquake Spectra. 22(2),91-112. Doi:10.1193/1.2185686

Olay Medya. (2023). Kullanılmayan Karayolu İçin Dev Gemiler Devreye Alındı! <https://www.olaymedya.com/haber/13982527/kullanilamayan-karayolu-icin-dev-gemiler-devreye-alindi>

Omidvar, B., Azizi, R. ve Abdollahi1, Y. (2017). Seismic risk assessment of power substations. Environmental Energy and Economics International Research. 1(1), 45–62. Doi:10.22097/eeer.2017.46456

O'Rourke, T. , Johnson, L. , Davis, C. , Duenas-Osorio, L. , Kiremidjian, A. , Kwasinski, A. , Mahoney, M. , Nishenko, S. , Nyman, D. , Poland, C., Tang, A. (2014). Earthquake-Resilient Lifelines: NEHRP Research, Development and Implementation Roadmap, NIST GCR 14-917-33 Report. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, Maryland. <https://www.nist.gov/publications/earthquake-resilient-lifelines-nehrp-research-development-and-implementation-roadmap>

O'Rourke, T. D. (2007). Critical Infrastructure, Interdependencies, and Resilience. National Academy of Engineering. 37(1), 22-29 <https://www.nae.edu/7655/CriticalInfrastructureInterdependenciesandResilience>

O'Rourke, T.D. (1998). An Overview of Geotechnical and Lifeline Earthquake Engineering. Dakoulas, P. , Yegian, M. , Holtz, B. (eds.), Proceedings of

Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics -III. University of Washington. Washington, USA.

Özkul, B. ve Karaman, A. E. (2007). Doğal afetler için risk yönetimi. TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 251-260.

Özmen, B. (2000). 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu Rakamsal Verilerle. TDV/DR 010-53, Türkiye Deprem Vakfı.

Özşahin, E. (2010). Hatay Havaalanı'nın Jeomorfolojik Özellikler ve Doğal Risk Açısından Değerlendirilmesi. Turkish Studies 5(4):1390-1411

Panjamani, A., Srinivas, S., Chandran, D. (2011). Classification Of Road Damage Due To Earthquakes. Natural Hazards, 60, 425-460. Doi: 10.1007/s11069-011-0025-0

Rele, R. R., Dammala, P. K., Bhattacharya, S., Balmukund, R., Mitoulis, S. A. (2019). Seismic Behaviour Of Rocking Bridge Pier Supported By Elastomeric Pads On Pile Foundation. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. Doi: 10.1016/j.soildyn.2019.05.018

Rigby, E. H., Boyd, M. J., Roso, S., Silveri, P. ve Davis, A. (2022). Causes And Effects of Culvert Blockage During Large Storms. doi:10.1061/40644(2002)298

Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., Kelly, T. K. (2001). Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. IEEE Control Systems Magazine 21(6), 11-25. <https://ieeexplore.ieee.org/document/969131>

Rodrigue, J.-P., Comtois C., Slack. B. (2016). The geography of transport systems. Routledge. DOI: 10.4324/9781315618159

Rojahn, C. , Johnson, L. , O'Rourke, T. , Cedillos, V. and McAllister, T. (2017). Community Resilience Of Lifeline Systems: Societal Needs And Performance Assessment. 16th World Conference on Earthquake, 16WCEE 2017. Santiago, Chile. https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=921019

Ruangrassamee, A., Kawashima, K. (2001). Relative displacement response spectra with pounding effect. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 30. Doi: 10.1002/eqe.75

Saini, A. ve Saiidi, S. (2014). Post-Earthquake Damage Repair of Various Reinforced Concrete Bridge Components. Final Report No. CA 13-2180, California Department of Transportation, Sacramento, CA, 2013, 172 pp.

Samsuri, A. B. (2010). Degradation of Natural Rubber and Synthetic Elastomers. Doi: 10.1016/B978-044452787-5.00117-7

Sathurshan, M., Saja, A., Thamboo, J., Haraguchi, M., Navaratnam, S. (2022). Resilience of Critical Infrastructure Systems: A Systematic Literature Review

of Measurement Frameworks. Infrastructures,7(5), 67.
<https://doi.org/10.3390/infrastructures7050067>

Satoh, D., Takano, Y., Sudo, R., Mochida, T. (2018). Reduction Of Communication Demand Under Disaster Congestion Using Control to Change Human Communication Behavior Without Direct Restriction. Computer Network. 134,105–115. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.01.049>

Scawthorn C., O'Rourke, T.D., Blackburn, F.T. (2006a). The 1906 San Francisco Earthquake and Fire—Enduring Lessons for Fire Protection and Water Supply. Earthquake Spectra. 22(2), 135-158. doi:10.1193/1.2186678

Scawthorn C., Ono Y., Iemura H., Ridha M., Purwanto B. (2006b). Performance of Lifelines in Banda Aceh, Indonesia, during the December 2004 Great Sumatra Earthquake and Tsunami. Earthquake Spectra. 22(3), 511-544. doi:10.1193/1.2206807

Shrestha, B., Hao, H. ve Bi, K. (2016). Devices for protecting bridge superstructure from pounding and unseating damages: An overview. Structure and Infrastructure Engineering. 13(3), 313–330. <https://doi.org/10.1080/15732479.2016.1170155>

Soto, M. G. ve Adeli, H. (2019). Semi-Active Vibration Control Of Smart Isolated Highway Bridge Structures Using Replicator Dynamics. Engineering Structures.186 (2019) 536–552. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.02.031>

Sözcü. (2023). Hatay'da yeni su kuyuları açılıyor. <https://www.sozcu.com.tr/2023/gundem/hatayda-yeni-su-kuyulari-aciliyor-7611671/>

Steelman, J., Fahnestock, L., Filipov, E. T., Lafave, J. M., Hajjar, J. F. ve Foutch, D. A. (2013). Shear And Friction Response of Nonseismic Laminated Elastomeric Bridge Bearings Subject to Seismic Demands. Journal of Bridge Engineering, 18(7), 612-623. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000406](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000406)

Stergiou, E., Kiremidjian A. (2006). “Treatment of Uncertainties in Seismic Risk Analysis of Transportation Systems. Technical report no. 154, John A. Blume Earthquake Engineering Center, Civil Engineering Department, Stanford University, Stanford, CA.

Sucuoglu, H. (2000). The 1999 Kocaeli And Düzce-Turkey Earthquakes. Middle East Technical University, Ankara.

Şahin, Ş., Çiftçi, C., Okyar, M., Öksüm, E. (2018). Doğu Akdeniz'in Kabuk Yapısı ve Sismik Hız Dağılımının Üç Boyutlu Sismik Tomografi ile Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(2), 961-971. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.19558>

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB). (2023). 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu, Ankara, Mart 2023.

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/2023-Kahramanmaraş-ve-Hatay-Depremleri-Raporu.pdf>

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Akkuyu Nükleer Güç Santrali Projesi. <https://enerji.gov.tr/neupgm-akkuyu-nukleer-guc-santrali-projesi>

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2023). Mersin-Adana-Gaziantep Otoyolu'ndaki depremde kaynaklı tüm hasarları hızlıca onardık. <https://twitter.com/UABakanligi/status/1624501979719299072>

Takhirov, S., Fujisaki, E., Xie, Q., Mosalam, K.M. (2014). Seismic Vulnerability of Power Supply: Lessons Learned from Recent Earthquakes and Future Horizons of Research. Proceedings of the 9th International Conference on Structural Dynamics (EURODYN 2014). European Association for Structural Dynamics, Porto, Portugal.

Tamima, U., Chouinard, L. (2017). Systemic Seismic Vulnerability Of Transportation Networks And Emergency Facilities. Journal of Infrastructure Systems. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000392](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000392)

Tang, A. K. (2014). Wenchuan, Sichuan Province, China Earthquake of 2008: Lifeline Performance. American Society of Civil Engineers. ISBN: 978-0-7844-1333-3

Tang, A. K., Eidinger, J. M. (Eds.). (2013). Chile Earthquake of 2010: Lifeline Performance. American Society of Civil Engineers. ISBN: 978-0-7844-1282-4

THBB. (2020). İzmir Depremi İnceleme Raporu. <https://www.thbb.org/teknik-bilgiler/deprem-inceleme-raporlari/izmir-depremi/#:~:text=tedavisi%20devam%20etmektedir.->

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan Depremleri Ön Değerlendirme Raporu. <https://www.imo.org.tr/Eklenti/8172,imo-deprem-raporupdf.pdf?0>

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası. (2023). Devlet Demiryolları Genel Müdürü İstifa Etmelidir. https://www.jmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=16440&tipi=17&sube=0

Todd, D., Carino, N., Chung, R. M., Lew, H. S., Taylor, A. W., Walton, W. D. (1994). 1994 Northridge Earthquake: Performance of Structures, Lifelines and Fire Protection Systems. NIST Interagency/Internal Report (NISTIR), National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.5396>

Tokui, J., Kawasaki, K. ve Miyagawa, T. (2017). The Economic Impact Of Supply Chain Disruptions From The Great East-Japan Earthquake. Japan and the World Economy, Elsevier, 41(C), 59-70. Doi: 10.1016/j.japwor.2016.12.005

Toplumsal. (2023). EPGİS duyurdu, 'bazı istasyonlarda akaryakıt bitti'. <https://www.toplumsal.com.tr/epgis-duyurdu-bazi-istasyonlarda-akaryakit-bitti>

Towhata, İ., Aziz, M. (2011). Earthquake-Induced Slope Failures: Recent Events and Consequences. 5th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering.

TRT. (2023). 111 Yıllık Dört Yol Tren İstasyonu Da Depremlerde Hasar Gördü. <https://www.trthaber.com/foto-galeri/111-yillik-dort-yol-tren-istasyonu-da-depremlerde-hasar-gordu/54522/sayfa-1.html>

Türk Deniz Medya. (2023). Deprem, İskenderun Limak Port'ta Büyük Hasara Neden Oldu! <https://turkdeniz.com/deprem-iskenderun-limak-portta-buyuk-hasara-neden-oldu>

Türkiye Bilişim Derneği. (2023). Türkiye'nin Deprem Gerçeği: Bilişim Çözümleri Deprem ve Bilişim Çalıştayı Raporu. Ankara Kent Konseyi, Ankara. <https://www.tbd.org.tr/tbd-deprem-ve-bilisim-calistayi-raporu/>

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları. (2023). TCDD Genel Müdürü Hasan Pezük Deprem Bölgesindeki Demiryolu Hatlarında İncelemelerde Bulundu. <https://www.tcdd.gov.tr/haberler/tcdd-genel-muduru-hasan-pezuk-deprem-bolgesindeki-demiryolu-hatlarinda-incelemelerde-bulundu>

Türkiye. (2023). Deprem bölgesine yardım yağdı, yollarda kilometrelerce kuyruk oluştu. <https://www.turkiyegazetesi.com.tr/gundem/deprem-bolgesine-yardim-yagdi-yollarda-kilometrelerce-kuyruk-olustu-947564>

TÜRKONFED. (2023). 2023 Kahramanmaraş Depremi - Afet Ön Değerlendirme Durum Raporu. <https://turkonfed.org/tr/detay/3937/2023-kahramanmaras-depremi-afet-on-degerlendirme-durum-raporu>

Uckan, E. (2012). Lifeline Damage Caused In The 23 October (Mw=7.2) 2011 And 9 November (M=5.6) 2011, Van Earthquakes In Eastern Turkey. Sixth China-Japan-US trilateral symposium on lifeline earthquake engineering. ASCE, Chengdu, China <https://doi.org/10.1061/9780784413234.007>

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2019). World Urbanization Prospects 2018: Highlights. United Nations. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210043137>

UTİKAD. (2023). Raylardaki Deprem Hasarı Maden İhracatını Vurdu. <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/35582/raylardaki-deprem-hasari-maden-ihracatini-vurdu>

Vayas, İ., Iliopoulos, İ. (2013). Seismic Analysis Of Steel And Composite Bridges: Numerical Modeling. Beer, M., Kougiumtzoglou, I., Patelli, E., Au, I.K. (eds) Encyclopedia of Earthquake Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36197-5_128-1

VOA Türkçe. (2020). Gaziantep Pandemide Günlük 30 Bin Ton Fazla Su Tüketiyor. <https://www.voaturkce.com/a/gaziantep-pandemide-gunluk-30-bin-ton-fazla-su-tuketiyor/5722206.html>

Wang, T., Zeng, C., Ruan, Z., Wu, Z., Mei, G. (2022). Shaking Table Test and Numerical Research on Seismic Response Of A Cfst Arch Bridge For Different Soil Grounds. *Transportation Geotechnics*, 36, 100822. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2022.100822>

Wijewickreme, D., Atukorala, U. (2005). Chapter16 Ground improvement for mitigating liquefaction – induced geotechnical hazards. In *Elsevier Geo-Engineering Book Series*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, Volume 3, pp. 447–489.

Yeniçağ. (2023). Hatay'daki deprem köprü ve yolları vurdu. Derin çatlaklar oluştu. <https://www.yenicaggazetesi.com.tr/hataydaki-64luk-deprem-yolları-catlatti-koprulere-zarar-verdi--632533h.htm>

Yuce, M. İ., Muratoglu, A., Yuce, S. ve Eşit, M. (2016). Gaziantep İlının Gelecekteki İhtiyacını Karşılama Üzere Göksu Havzasından Su Temini. *International Symposium of Water and Wastewater Management (ISWWM)*, October 26-28, 2016, sayfa no: 1-10, Malatya, Türkiye.

Yücel, P., İşliyen, K., Tekin, E., Akgün, İ. ve Ünsal, M. (2013). Kahramanmaraş'taki Barajlar ve Kullanım Amaçları. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 2(1), 109–118.

Zhang, Y., Shi, Y. ve Liu, D. (2020). Seismic Effectiveness of Multiple Seismic Measures On A Continuous Girder Bridge. *Applied Sciences*. 10(2),624. <https://doi.org/10.3390/app10020624>

Zulfiqar, A., Cabieses, M., Mikhail, A. ve Khan, N. (2014). Design of a Bridge Inspection System (BIS) to Reduce Time and Cost. *George Mason University*.

8 ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : ZEYNEP GENCAL ER

ORCID Numarası : 0009-0006-5823-0847

Öğrenim Durumu

2016 – 2020 Lisans: İstanbul Arel Üniversitesi– İnşaat Mühendisliği

Yayın Listesi:

Ulusal/Uluslararası Bildiri Listesi: