

Marmara Bölgesi Sanayisinin Çoklu Afet Dirençliliğinin Teknik Gezi ve Görüşmeler ile Değerlendirilmesi

Derya Deniz¹

Öz

Ülkemizde sıklıkla olan deprem ve sel afetlerinin, büyük ekonomik kayıplara yol açmasının en önemli nedenlerinden biri riskli alanlardaki sanayi faaliyetleridir. Bu nedenle ülkemiz için önem taşıyan sanayi tesislerimizin çoklu afet riskini doğru tahmin etmek ve afetler öncesi hazırlıklı olup önlem almak büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada Marmara Bölgesi'ndeki sanayi tesisleri üzerine İstanbul ve Kocaeli'nde saha çalışmaları ve teknik görüşmeler düzenlenmiş ve sanayinin deprem ve sel başta olmak üzere çoklu afet dirençliliğinin genel durumu incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, Marmara sanayisinin genel afet dirençliliğini etkileyen en kritik faktörlerin sanayinin konumu ile maruz kaldığı afet tehlike şiddeti, sanayi sektörü, sanayi tesisinin afet hasar hassasiyeti, sanayinin bağımlı olduğu hizmetlerin sürekliliği, sanayi sahiplerinin afet farkındalığı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu faktörlerle ilgili belirsizliklerin önemli olduğu ve afet dirençlilik değerlendirilmelerinde düşünülmesi gerektiği görülmüştür. Bu bulgularla birlikte, bu çalışma araştırılması gereken hususlar üzerine öneriler de sunmuştur. Fabrikalara tertiplenen teknik geziler ve sanayiler üzerine farklı paydaşlarla yapılan görüşmeler ile, Marmara sanayisindeki olası afet etkilerini çok yönlü ele alan bu çalışma, sanayilerimiz için çoklu afet dirençlilik tespitlerine ışık tutmakta ve Türkiye için yapılan öncü çalışmalardan biri olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Afet Riski, Afet Dirençliliği, Deprem, Sanayi Yapıları, Sel

Multi-disaster Resilience Assessment of Marmara Region's Industry with Technical Trips and Interviews

Abstract

One of the most important reasons why frequent earthquakes and floods in our country cause great economic losses is industrial activities in risky areas. For this reason, it is of great importance to accurately predict the multiple disaster risk of our industrial facilities, which are important for our country, and to be prepared and take precautions before disasters. For this purpose, in this study, field studies and technical interviews were organized in Istanbul and Kocaeli on industrial facilities in the Marmara Region, and the general situation of the industry's multi-disaster resilience, especially under earthquakes and floods, was examined. As a result of this study, it has been determined that the most critical factors affecting the general disaster resilience of the Marmara industry are the location of the industry and the severity of disaster hazard it is exposed to, the industrial sector, the disaster damage sensitivity of the industrial facility, the continuity of the services on which the industry depends, and the disaster awareness of industrial owners. Additionally, the significant uncertainties associated with these factors are found to be important and should be considered in disaster resilience assessments. Along with these findings, this study also offered suggestions on issues that need to be investigated. This study, which addresses the possible disaster impacts

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Özyeğin Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul
e-posta/ e-mail: derya.deniz@ozyegin.edu.tr ORCID No: 0000-0002-0927-7669

in the Marmara industry from a multi-dimensional perspective with technical visits to factories and interviews with different stakeholders on industries, sheds light on multi-disaster resilience assessments for our industries and is one of the pioneering studies for Turkey.

Keywords: Flood, Earthquake, Industrial Structures, Disaster Risk, Disaster Resilience

1. GİRİŞ

Ülkemizde önemli ölçüde toplum düzenini bozan ve ülke ekonomimize maliyetleri çok ağır olan başlıca doğa kaynaklı afetler deprem ve sel felaketleridir (URL 1). Uluslararası afet veri tabanı olan EM-DAT'da (URL 1) yayınlanan resmi istatistiklere göre, Tablo 1'de 1900-2023 yılları arasında ülkemizde yaşanan en fazla insanı etkileyen ilk on afet ile en fazla maddi hasara yol açan ilk on afet sıralanmıştır. Buna göre, depremler ilk sırada yer alırken, ikinci sırada depremleri sel afetleri takip etmektedir. Ülkemizde en büyük yıkım yaratan 2023 yılı Kahramanmaraş depremleri ile 1998 yılı Batı Karadeniz Bölgesi sel felaketi, sırasıyla dokuz ve bir milyon üzerinde insanımızı etkileyerek, ülkemiz tarihinde yer almış en önemli afetler olmuştur. Bunun yanı sıra, Marmara Bölgesi bazında en çok etkileyen ve kayıp yaratan en önemli afet felaketleri ise 1999 Kocaeli depremi ve 2009 İstanbul seli olmuştur.

17 Ağustos 1999 tarihinde olan Kocaeli depremi, 7.4 moment büyüklüğü ile Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde Gölcük merkezli olmuştur (URL 1). Kocaeli ve İstanbul dahil birçok ilde hissedilen depremde, birçok bina ve altyapı yıkılmış, 17000 üzeri resmi ölüm olmuş, 1.3 milyon insan etkilenmiştir. Toplumda yarattığı ağır yıkımlarla beraber ülkemizdeki sanayinin %40'ını bulandıran Marmara Bölgesi için deprem çok ağır ekonomik sonuçlar doğurmuştur. Birçok sanayi tesisi ciddi yapısal hasarlar alarak uzun süreli iş kayıpları yaşamıştır (Ersoy vd., 2000; Sezen ve Whittaker, 2006). Yapısal elemanları (örneğin, kolon ve kiriş) sağlam olmasına rağmen, yapısal olmayan elemanları (örneğin, taşıyıcı olmayan dış duvarlar) veya içeride bulunan ekipman ve malzemesi ağır hasar görmüş birçok fabrikanın da iş yapamaz duruma geldiği gözlemlenmiştir (RMS, 2000). Bu yaşanan iş aksamaları ekonomik kayıpları daha da arttırmıştır. 1999 Kocaeli depremi sonrası, etkilenen sanayi tesislerimiz için toplam sigortalanmış kayıpların 1.5 ile 3.5 milyar dolar arasında olduğu tespit edilmiştir (RMS, 2000; Erdik, 2001). Ayrıca, küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin (KOBİ) çoğu deprem sonrası hasar ve işgücü kaybına karşın bir planlamaları olmadığı için bir yıla varan süreler kadar faaliyetini durdurmak zorunda kalmıştır ve hatta bazıları yeterli afet sigortası olmadığı için kayıplarla başa çıkamayarak tamamen kapanmıştır (RMS, 2000; Erdik, 2001). Maalesef sanayi yapılarımızın yaşadığı deprem kayıpları, sadece Marmara Bölgesi değil diğer bölgelerimizde en son yaşanan 2023 Kahramanmaraş depremlerinde görüldüğü üzere halen devam etmektedir (Sağbaş vd., 2023).

Marmara Bölgesi'nde en fazla ekonomik kayıp yaratan en son sel afeti 7-12 Eylül 2009 tarihleri arasında İstanbul'da yaşanan sel felaketidir (URL 1). Söz konusu dönemde Marmara Bölgesi'ni etkileyen aşırı yağışlar özellikle İstanbul ve Tekirdağ civarını şiddetle etkilemiş ve metrekaresine 185-225 kilogram arasında yağış düşürmüştür (Kömüscü vd., 2011). Ayamama Deresi ile beraber birçok dere taşmış, sel felaketi 32 can kaybına yol açmış, 35 bin insanı etkilemiştir. İstanbul'da toplam 3816 konut ve 1490 işyerinin zarar görmesine neden olmuş ve altyapılara ağır hasar vermiştir (Kömüscü vd., 2011; Can, 2014). Sel suları dere kenarlarında bulunan fabrikaları da basmış, hatta sel sularının bazı fabrikaların 3'üncü katına kadar ulaştığı bildirilmiştir. Selden en çok zararı dere yataklarının yakınındaki sanayi tesisleri, otoyol, köprü gibi yapılarla birlikte dere yatak yakınına kurulan yerleşim yerleri görmüştür. Toplam ekonomik zarar 550 milyon dolar olarak tahmini hesaplanmış, bu zararın yalnızca yaklaşık 250 milyon dolarlık kısmı sigorta tarafından kapsanmıştır (URL 1). Maalesef İstanbul'da yaşanan bu sel felaketi bölgedeki ilk afet değildir. Son olarak Eylül 2023'te Ayamama Deresi taşıp kısmi mobilya sektöründeki bazı firmalara hasar vererek ciddi kayıplara neden olduğu görülmüştür (URL 2). Daha önce de 1995'te yine Ayamama Deresi taşıp, özellikle Bakırköy tarafındaki 40 kadar sanayi tesisini sular altında

bırakmıştır. Sigorta sektörü tarafından 20 milyon dolarlık tazminat ödemesi yapılmıştır. Bu tazminatın %75'i sadece bu 40 tesisin hasarları oluşturmuştur (Can, 2014).

1999 Kocaeli depremi, 2009 İstanbul sel felaketi ve diğer benzer yaşanan son afetlerde görüldüğü üzere, sanayimizin %40'ını bulduran Marmara Bölgesi'nde sanayi tesisleri başlıca afetler olarak deprem ve sellerden ciddi zararlar görmektedir. Sanayimizdeki fabrikaların sadece %45'e yakın bir oranının sigortalı olduğu düşünülürse (URL 3), bu afet zararlarının yarısından fazlası sigorta kapsamı dışında olduğu ve sanayi sahiplerine çok ağır maliyetler doğurduğu görülmektedir. Ayrıca, deprem ve sel felaketleri sonrası, özellikle kimyasal üretim tesislerinde yangın çıkabilme ihtimali ve işlenen kimyasal ürünlerin yayılmasından ötürü ikincil çevresel afet tehlikeleri olduğu da bilinmektedir. Afetler sonrası oluşan üretim kaybı, iş kaybı gibi dolaylı etkiler de hesaplandığında, deprem ve sel afetleri ve bu afetlerin neden olduğu ikincil afetler ülkemizde büyük ekonomik ve ticari kayıplara yol açmaktadır. Artan nüfus nedeniyle afet riski taşıyan bölgelerde hızlı ve plansız kentleşme ve iklim değişikliği, deprem ve sel afetlerinin neden olduğu bu maddi kayıpları günden güne arttırmaktadır (Erdik, 2001; Ceylan vd. 2007; Koç ve Thieken, 2016; Sağbaş vd., 2023).

Tablo 1. Türkiye'de 1900-2023 yılları arasında en fazla insani etkileyen (sol tarafta) ve en fazla ekonomik zarara sebep olan (sağ tarafta) ilk on doğal afet (EM-DAT'ın 1 Eylül 2023'teki veri bilgilerine göre (URL 1))

Afet Türü	Tarih	Toplam Etkilenen İnsan Sayısı	Afet Türü	Tarih	Tahmini Toplam Hasar ('000 US\$)
Deprem	06-02-2023	9,207,204	Deprem	06-02-2023	34,000,000
Deprem	28-06-1998	1,589,600	Deprem	17-08-1999	20,000,000
Deprem	17-08-1999	1,358,953	Deprem	23-10-2011	1,500,000
Sel	20-05-1998	1,240,047	Sel	20-05-1998	1,000,000
Deprem	30-10-1983	834,137	Deprem	12-11-1999	1,000,000
Deprem	27-12-1939	585,000	Deprem	13-03-1992	750,000
Yangın	28-07-2021	561,088	Fırtına	27-07-2017	600,000
Deprem	18-09-1984	375,038	Sel	07-09-2009	550,000
Deprem	18-10-1984	375,035	Deprem	28-06-1998	550,000
Deprem	13-03-1992	348,850	Deprem	30-10-2020	450,000

Afete dirençlilik, "bir toplumun veya ülkenin afet tehlikesine karşı dayanıklı olabilme, bununla baş edebilme, afetlerin etkisini kısa sürede gidererek temel güvenliği ve hayat kalitesini sağlayarak iyileştirme kapasitesidir" (URL 4). Bu anlamda, ülkemiz için önem taşıyan sanayi tesislerimizin beklenen deprem ve sel felaketlerine karşı çoklu afet dirençliliklerini arttırmak için, afet risklerini doğru tespit edip afet öncesi hazırlıklı olmak ve gerekli önlemleri almak büyük önem taşımaktadır. Hatta bu afetlerin neden olabileceği yangın, sivilaşma ve çevresel felaketler gibi diğer afetler de gözetilerek sanayiler için kapsamlı bir afet risk yönetim planı yapılması büyük önem arz etmektedir. Bu nihai hedef doğrultusunda ilk adım olarak, bu çalışmanın amacı Marmara Bölgesi'ndeki endüstriyel yapılarda en sık yaşanan deprem ve sel afetleri altında dirençlilik durumlarını sınırlı sayıda yapılan teknik gezi ve görüşmelerle genel değerlendirip, çoklu afet dirençliliklerini etkileyen önemli faktörleri belirlemektir. Bu amaçla veri toplama metotları geliştirilerek, İstanbul ve Kocaeli civarında çeşitli sektörlerde yer alan fabrikalara teknik geziler düzenlenip ilgili kurumlarla görüşmeler yapılmıştır. Çalışma sırasında elde edilen bulgulara göre, sanayimizin deprem ve sel afet riski üzerine yapılması gereken araştırma eksikleri de tespit edilmiş olup öneriler sunulmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'deki çoklu afet dirençlilik tespitlerine ışık tutan, depremlerin ve sellerin ve takip eden diğer afetlerin endüstriyel yapılardaki fiziksel zararlarını ve ekonomik faaliyetleri üzerindeki olası etkilerini, yapılan teknik gözlem ve görüşmelerle birlikte değerlendirip Türkiye için yapılan öncü ve çok yönlü çalışmalardan biri olmaktadır.

2. YÖNTEM

Şekil 1, çalışmada takip edilen metodolojiyi sunmaktadır. Öncelikle, Marmara Bölgesi dahil ülkemizdeki endüstriyel sektörler ve fabrikalar üzerine kapsamlı literatür çalışmaları yapılmıştır (Sezen ve Whittaker, 2006; Eren ve Luş, 2015; Palancı vd., 2017). Bu çalışmaların çoğu, sanayi binalarımızın özelliklerine dair genel bilgi vermekle beraber sanayimizdeki deprem etkileri üzerine odaklanmıştır. Bununla birlikte, sel dahil diğer afet etkilerini inceleyen çok az sayıda çalışma bulunmuştur (Ölmez ve Deniz, 2023). Hatta bu deprem çalışmalarında yapısal hasarlara önem verilip, yapısal olmayan veya içerik hasarları genelde incelenmemiştir. Türkiye’de yapılmış çalışmalar yanı sıra, diğer uluslararası afet çalışmaları da detaylı şekilde taranıp Türkiye’deki sanayi yapıları için benzerlikleri ve farklılıkları tespit edilmiştir.

Yapılan bu literatür taramaları sonucu, fabrikalarımızın çoklu afet dirençliliğini genel anlamak ve bu dirençliliğini belirleyen önemli faktörleri tespit etmek üzere, farklı sektörlerdeki fabrikalara teknik geziler ve farklı paydaş tipleri seçilerek görüşmeler düzenlenmiştir. Bu paydaşlar “fabrika sahipleri ve temsilcileri” ile sanayi üzerine konuşabilecek bilgisi olan “özel sigorta ve inşaat kurumları” ve “kamu kurumlarıdır”. Buradaki amaç, sanayimizin çoklu afet dirençliliğini etkileyen önemli faktörleri farklı bakış açıları ile tanımlayabilmek ve incelemek üzerinedir. Farklı tip paydaşlar için hazırlanan soru envanterlerinde aşağıdaki şu ana hususlar göz önüne alınmıştır:

- Sanayinin Marmara Bölgesi’ndeki yeri ile maruz kaldığı afet tehlike riskleri
- Sanayi tesisleri ile ilgili genel bilgiler: sektörel tipi, sektörel payı, üretim faaliyetleri, kuruluş yılı, tesis sayısı, yer sahibi/kiralık durumu, sektördeki payı, çalışan sayısı, tipik kat planı, kat alanı, katsayısı, bodrum katı olup olmaması, yaşı, yapı türü, yüksekliği, kolon ebatları
- Sanayi tesislerinin deprem ile sele ve diğer oluşabilecek ikincil afetlere karşı hassas olabilecek bina elemanları (yapısal ve yapısal olmayan elemanlar) ile tesislerdeki stok ve makine/ekipman envanterleri: değerleri, binadaki konumları, oluşabilecek hasar biçimleri
- Sanayiye destekleyen kritik altyapıları, tedarik ve sevkiyat ulaşım hatları ve bunların deprem ile sele ve diğer oluşabilecek ikincil afetlere karşı hassasiyeti
- Sanayi yapılarındaki geçmiş deprem ve sel afetlerinde yaşanan hasar şekilleri, zararları, üretim ve iş kayıpları
- Sanayide afet farkındalığı, sigorta yaptıran sektörler, sanayi için afet sigorta kapsamaları ve iş güvenlik ile süreklilik planları
- Afet risk yönetiminde kullanılan araçlar, ihtiyaçlar ve varsa bu konuda yapılan projeler



Şekil 1. Araştırma metodolojisi

Soru envanterleri hazırlandıktan sonra, çeşitli kurumlar ve sanayi temsilcileri ile iletişime geçilip görüşmeler ve bazı fabrikalar için teknik geziler düzenlenmiştir. Teknik geziler için, yakın olması

nedeni ile İstanbul ve Kocaeli'ndeki sanayi bölgelerinde bulunan fabrikalarla temasa geçilip, özellikle kimya sektörü gibi kritik sektörlerdeki kurumlara önem verilmeye çalışılarak, farklı sektörlerden bir fabrika seçilmesine özen gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında Marmara Bölgesi'nde toplam farklı sektörde 10 fabrikaya teknik gezi düzenlenmiş (dıştan ve içten gözlemleyerek) ve toplam 23 teknik görüşme (11 fabrika temsilcisi, 12 sanayi temsilcisi veya diğer özel ve kamu kurum temsilcisi) yapılmıştır. Tablo 2 görüşülen kurum tipini, sayılarını ve görüşme metotlarını özetlemektedir. Bu görüşmeler ve teknik geziler sırasında düzenli notlar tutulmuş, yalnız teknik geziler için içeriden fotoğraf çekimine genellikle izin verilmemiştir. Görüşülen kurumlar ve teknik gezilerle ilgili görüşülen kurum ve kişi ve yer detayları özel bilgi olduğu için burada yer verilmemiştir.

Bu araştırma çalışmasının yürütülmesinde karşılaşılan en büyük zorluk, kurumların ve fabrikaların çoğunun akademik araştırma için görüşmelere açık olmamasıdır. Sektörde büyük ve çok profesyonel olan fabrikaların bu konuda daha açık olabileceği görülmüştür. Ancak Türkiye'deki fabrikaların çoğunun küçük ölçekli tesisler (genelde 500-1500m² yer alanı) olduğunu düşünürsek, bu çalışmada bu tür fabrikalarla temasa geçilmeye çalışılmıştır. Birçok kurumla temasa geçilmesine rağmen, her biri farklı imalat sektöründe olmasına özen gösterilerek ancak 11 fabrika için gezi veya görüşme izni alınabilmiştir. Bu 11 fabrikanın yanı sıra, 12 özel ve kamu kurum temsilcisi ile yapılan görüşmeler bu çalışmaya büyük destek olmuştur. Özellikle, Tablo 2'de görüldüğü üzere bu 12 temsilciden 3'ü, kendi organize sanayi bölgelerindeki (OSB) tüm fabrikalar hakkında bilgi sahibi olan İstanbul'daki 3 farklı OSB yetkilisidir (bu 3 OSB'deki toplam fabrikaların sayısı, İstanbul'da toplamda yer alan 8 OSB'deki fabrikaların yaklaşık yarısını temsil etmektedir). Ayrıca, 1 sanayi odası temsilcisi ile görüşülmüş ve İstanbul ve Kocaeli'ndeki tüm fabrikalar üzerine genel bilgiler toplanmıştır. Bu anlamda, gezilen ve görüşülen sınırlı sayıdaki 11 fabrikadan toplanan bilgileri desteklemek açısından, OSB temsilcileri ve sanayi odası ile yapılan görüşmelerden alınan bilgiler epey faydalı olmuştur. İlave olarak, 3 sigorta temsilcisi de kendi sigortaladıkları sanayiler üzerine ve diğer kalan 5 kurumdan da afetler ile sanayiler üzerine genel bilgiler alınmıştır. Dolayısıyla, 11 fabrikanın yanı sıra yapılan 12 kurum görüşmesi, Marmara Sanayi'sinin afet dirençliliği üzerine genel bir değerlendirme yapmaya büyük katkı sağlamıştır. Literatürde bu konuda az sayıda çalışma olduğu düşünülürse, sınırlı sayıda da olsa yapılan teknik gezi ve görüşmeler (toplam 23) ile sanayimizin afet dirençliliğine üzerine genel değerlendirme yapan bu çalışmanın literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. Bununla birlikte, bu çalışmadan elde edilen bulguların sınırlı sayıdaki teknik gezi ve görüşmeler sonucu genel verilerden elde edildiği de dikkate alınmalıdır.

Tablo 2. Teknik gezi yapılan fabrikalar ve görüşülen kurumlar

Fabrika Gezileri ve Fabrika Temsilcileri ile Görüşmeler	Özel ve Kamu Kurum Temsilcileri ile Görüşmeler
<ul style="list-style-type: none">• İstanbul'da farklı sektördeki 7 fabrikaya teknik gezi ve sahibi/temsilcisi ile görüşme yapıldı (taşıt aracı parça imalatı, ilaç, petrokimya, yaş gıda, kuru gıda, savunma imalat, metal parça imalat).• Kocaeli'nde farklı sektördeki 3 fabrikaya teknik gezi ve sahibi/temsilcisi ile görüşme yapıldı (refrakter, metal parça imalat, boya).• İstanbul'da 1 fabrika temsilcisinden internet/telefon üzerinden fabrikaya dair bilgi alındı (plastik).	<ul style="list-style-type: none">• İstanbul'daki 3 özel sigorta kurumu, 1 inşaat yapı firması, 1 belediye kurumu ile 1 itfaiye müdürlüğü yerinde ziyaret edilerek yüz yüze görüşme yapıldı.• Kocaeli'nde 1 itfaiye kurumu yerinde ziyaret edilerek yüz yüze görüşme yapıldı.• İstanbul'da yer alan, kar gütmeyen, afet dirençli ve sürdürülebilir binalar ile ilgili 1 kurum ile internette görüşüldü.• İstanbul'da toplam 3 Organize Sanayi Bölgesi temsilcisi ve 1 Sanayi Odası temsilcisi ile yerinde ziyaret veya internet üzerinden görüşmeler yapıldı.

3. BULGULAR

Yapılan teknik geziler ve görüşmeler sonucu bu bölüm, Marmara Bölgesi'ndeki sanayinin deprem ve sel afetlerine karşı genel dirençlilik durumu hakkında elde edilen bilgileri derleyip, afet dirençliliğini etkileyen önemli faktörleri listelemektedir. Bu faktörler, sanayinin konumu ile maruz kaldığı afet tehlike şiddeti, sanayi sektörü tipi, sanayi tesislerinin afet hasar hassasiyeti, sanayinin bağımlı olduğu hizmetlerin sürekliliği, sanayi sahiplerinin afet farkındalığı ve bu faktörlerle ilgili önemli belirsizliklerdir. Alt başlıklarda, her faktör için ayrıntılar izah edilmiştir.

3.1. Sanayinin Konumu ve Maruz Kaldığı Afet Tehlike Şiddeti

Epey aktif Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde yer alması nedeni ile Marmara Bölgesi yüksek deprem riski altındadır (yıllık %2; Eyidoğan, 2007). Benzer şekilde, Marmara bölgesi, Marmara havzası ve Meriç-Ergene havzasında yer almakta ve sıklıkla yaşanan seller ile ülkemizdeki taşkın riski en yüksek bölgeler arasındadır (Ceylan vd., 2007; Kadioğlu, 2008; Kömüşçü vd., 2011; Koç ve Thieken, 2016). Bu sebeplerle, sanayi ve sigorta temsilcileri ile yapılan görüşmelerde belirtildiği üzere, ülkemizdeki sanayinin neredeyse yarısını bulandıran Marmara Bölgesi sanayisinin (toplam 98 organize sanayi bölgesi (OSB) ve OSB içinde 33,240 fabrika ve OSB dışında da önemli oranda birçok sanayi tesisi; URL 5) en 'sık' maruz kaldığı ve hasar aldığı 'doğa kaynaklı afet' tehlikelerinde başta seller ve daha sonra depremlerin geldiği görülmektedir.

Büyük deprem yer ivmesi, zemindeki deprem titreşimlerinin fabrikalar ve diğer yapılarda oluşturduğu atalet kuvvetlerinin büyüklüğünün önemini ifade etmek için sıklıkla kullanılan afet şiddet parametrelerinden biridir. 7 moment büyüklük (Mw) değerinin üzerinde olması beklenen İstanbul depreminde, fay hattına yakınlığı ve yüzey büyütmesine neden olabilecek yumuşak zemin veya sıvılaşmaya müsait zemine sahip olması nedeni ile, İstanbul'un güney sahillerinin 0.25g ile 0.6g arasında değişen büyük yer ivme değerlerine maruz kalacağı literatürde ön görülmüştür (Eyidoğan, 2007; Şeşetyan vd., 2019). Bu beklenen yüksek ivmeler karşısında, İstanbul'un en yüksek riskli ilçeler arasında Avcılar, Fatih, Zeytinburnu, Esenler, Küçükçekmece, Tuzla ve Beylikdüzü olarak belirlenmiştir (AFAD, 2019). En yüksek yer ivmesi 0.42 g olarak kaydedilen 1999 Kocaeli depreminin sanayi ve diğer yapılardaki yarattığı yıkım düşünülürse (Sezen ve Whittaker, 2006), bu beklenen ivme değerlerinin Marmara sahilinde yer alan sanayi ve diğer yapılar için epey hasar vereceği tahmin edilmektedir. Hatta, İstanbul güneyinde yer alan organize sanayi bölgelerinde yapılan teknik gezilerde, görüşmelere göre ağırlıkla 2000 yılı öncesi yapılmış ama hala güçlendirme yapılmamış eski sanayi binaları tespit edilmiştir. Bu binaların çoğunda yetersiz yanal dayanımlı taşıyıcı sistemler olduğu düşünülürse, beklenen İstanbul depremi ivmeleri altında bazılarının çökmeye kadar varan risklere maruz kalabileceği ön görülmüş ve yapılan görüşmelerde de bu durum birçok kez ifade edilmiştir. Bununla birlikte, İstanbul'un güneyi dahil Marmara'nın sahil kenarındaki yumuşak zemin alanlarda geçmiş depremlerde görüldüğü üzere (RMS, 2000; Erdik, 2001) yer yer çökme olabileceği ve bu nedenle deniz suyunun içeriye girmesiyle deniz selleri de yaşanabileceği göz önüne alınırsa, bu alanlarda bulunan sanayi yapılarının beklenen İstanbul depreminden hasar görme potansiyelleri kat kat artabileceği tahmin edilmektedir.

Marmara Bölgesi dahil ülkemizde görülen sellerin en yaygın sebebi, şiddetli yağmurların oluşturduğu kuvvetli akışların drenaj kanallarının veya derelerin kapasitesini aşması olduğu gözlemlenmiştir (Kadioğlu, 2008). Aşan sel suları etraftaki inşaat yapılarına ulaştığında, genelde sel suyu derinliğine bağlı yapı cephesinde hidrostatik basınçlar oluşturur. Yapıya etki eden sel sularının akış hızına bağlı olarak, yapı cephelerinde hidrodinamik basınçlar da oluşabilir. Dolayısıyla, başta sel suyu derinliği ve ayrıca sel hızı, fabrikalar dahil tüm yapılarda sel etkilerini anlamak açısından kullanılan en sık sel şiddet parametreleridir. Yapılan teknik gezi ve görüşmelerde, özellikle taşkın hızının yüksek olduğu dere veya kanal kenarlarında yer alan sanayi faaliyetleri için, yapıya uygulanan sel yükleri büyüyeceğinden, dış cephelerinde çökmeye kadar varan ciddi hasarlar olabileceği tespit edilmiştir. İstanbul ili özelinde, Küçükçekmece ve

Başakşehir ve özellikle bu iki ilçe arasında yer alan İkitelli'deki sanayi bölgeleri en yüksek sel riskli alanlar arasında olduğu görülmüştür. Bu tespit, 2009 İstanbul seli ve 2023 İstanbul selinde Ayamama deresi kenarında yer alan sanayi tesislerinde gözlemlenen hasarlarla örtüşmektedir (Gülbaz vd., 2019; URL 2). Yapılan teknik gezilerde, sel derinliğinin 1 m üzerinde olan ve akış hızının yaklaşık 2 m/s civarı veya fazlası olan durumlar, endüstriyel yapılarda ağır hasarlar yaratabilecek ciddi sel şiddet değerleri olarak ön görülmüştür. Ayrıca, özellikle dere kenarındaki yapıları etkileyen sel akış hızının önemli olduğu durumlarda, selle gelen ve yapıya çarpabilecek molozların ağırlığına bağlı olarak, fabrikaların ciddi kayıplar verebileceği tespit edilmiştir. Sel derinliği ve hızı ve moloz yoğunluğuna ilaveten, özellikle sanayi tesisi içeriğinin sel suyunda durma süresi içeriğin hasar derecesini etkileyen diğer önemli sel şiddet faktörü olarak görülmüştür. Özellikle bu durum, genellikle bodrum katı olan sanayi yapılarımız için daha kritik olup, sel suyu daha uzun süre bodrumda duracağından, fabrika içerisinde bulunan sektörel envantere ağır hasarlar verebileceği teknik gezilerde tespit edilmiş ve görüşmelerde de belirtilmiştir.

3.2. Sanayi Sektörü

Türkiye'deki kimya sektörünün çoğunluğu Marmara Bölgesi'nde bulunmaktadır. Kimya sektörü birçok alt sektörden oluşan (petrokimya, lastik-kauçuk, plastik ve ürünleri, sağlık malzemeleri, ilaç, boya, deterjan-sabun vb., kozmetik, kimyasal maddeler, gübre ve enerji), farklı sektörlerle çeşitli bağlantıları olan önemli bir üretim alanıdır (Petrol-İş, 2011). Yapılan teknik gezilerde ve görüşmelerde, özellikle bu kimya sektöründe yer alan üretim tesislerinin deprem ve sel afetlerine karşı daha kritik olduğu, içerisinde işletilen kimyasal ürünlerin tutuşması sonucu depremler ve seller sonrası yangın çıkabilme ihtimali olduğu görülmüştür. Yangın kurumları ile yapılan görüşmelerde, yangının tek başına zaten fabrikalar için her zaman bir risk olduğu, diğer afetler ile birleşince olabilecek zararların daha da artacağı ifade edilmiştir. Ayrıca, bir deprem veya sel afetinde, işletilen kimyasal ürünlerin yayılmasından ötürü çevresel afet tehlikeleri de çıkabileceği için, bu tür kritik endüstri tesislerinde afet hasar ve kayıpların çok daha büyük boyutta olabileceği tespit edilmiştir. Bunun önemi 1999 Kocaeli depreminde görülmüştür. 1999 Kocaeli depremi sonrasında, Tüpraş İzmit Rafinerisi dahil birçok tesisimizde çıkan yangınlar, hem etkilenen tesislerin uzun süre çalışma faaliyetlerinin durmasına, hem de bulunduğu sanayi bölgesinde ve çevre tesislerde ciddi yangın tehlikesine ve çevresel hasarlara sebep olmuştur (RMS, 2000; Erdik, 2001). Türkiye'nin rafineri rezervinin yaklaşık üçte birine eşit olan Tüpraş Rafinerisi'nde yaklaşık 80 milyon dolar direkt hasara yol açan deprem sonrası yangınlar, rafineri tesisinin ancak bir yılda tam kapasite faaliyete geçmesine neden olmuştur (Danış ve Görgün, 2005). Buna benzer başka afetlerin yaşanmaması için, kimya sektöründe yer alan sanayilere öncelik verilerek afetlere karşı önlem alınmasının çok önem arz ettiği yapılan teknik gezilerde görülmüş ve görüşmelerde de belirtilmiştir.

3.3. Sanayi Tesislerinin Afet Hasar Hassasiyeti

Türkiye'deki sanayi tesisleri genellikle tek katlı, bodrum ve asma katı da olabilen prefabrik beton, betonarme veya çelik bina yapılarıdır (Palancı vd., 2017; Eren ve Luş, 2015; Sezen ve Whittaker, 2006; Ölmez ve Deniz, 2023). Geniş panelli sistemler de mevcuttur. Benzer şekilde, yapılan gezilerde ve görüşmelerde, sanayi bölgelerinde yer alan fabrikaların çoğunlukla 1-2 kat arasında değişen, ortalama 7-8m dikey açıklıklı ve 15-20m yatay açıklıklı, 1000-1500 m²'lik alana sahip mafsallı prefabrik beton binalar olduğu not edilmiştir (Şekil 2). Ayrıca, gezilen fabrikalarda, kolon ebatlarının literatürdeki raporlanan değerlere (Eren ve Luş, 2015) benzer şekilde, genelde 40 cm ile 50 cm arasında olduğu ama bazı yerlerde 35 cm'e kadar indiği veya 80 cm'e kadar çıktığı görülmüştür. Sanayi temsilcileri ile yapılan görüşmelerde ise, sanayi yapılarının çoğunlukla 2000 yılı öncesi yapıldığı ve eski yönetmeliklerle (TBDY, 1998) tasarlandığı, bununla birlikte daha güncel yönetmeliklerle tasarlanmış (TBDY, 2007; TBDY, 2018) 2000 yılı sonrası yapıların da az sayıda var olduğu görüşmelerde belirtilmiştir. Bununla birlikte, üretim tesislerinin bitişiğinde bodrumlu 2-3 katlı ofis binalarının da olduğu gözlemlenmiştir. Daha kurumsallaşmış fabrikaların

birden çok yan yana tesise sahip olduğu ve bunların daha büyük alanlı tesisler olduğu da not edilmiştir.

Yapılan fabrika gezileri ile görüşmeler sonucu, tipik sanayi tesisi binalarının afetlere karşı hasar hassasiyeti aşağıdaki üç eleman grubunda oluşabilecek hasarlar olarak incelenmiştir:

- Binanın taşıyıcı sistemine katkısı olan “yapısal bina elemanları” (Tablo 3).
- Taşıyıcı olmayan binaya ait ve sabitlenmiş “yapısal olmayan bina elemanları”: binanın hizmet verebilmesi için içinde yer alan elektrik su, atık su, havalandırma, ısıtma gibi gerekli sistemler ile uzantıları ve genelde sabitlenmiş mimari elemanlar (Tablo 3).
- Binaya sabit olmayan “bina içerik elemanları”: her fabrika içinde bulunan dolap, masa, bilgisayar gibi standart bina içeriği ile sektöre özel olan stok, makine ve ekipmanı kapsayan sektörel bina içeriği.

Alt başlıklarda, bu üç bina elemanı grubu için oluşabilecek hasarlar ve bu hasarların hassasiyetini belirleyen önemli bulgular tespit edilmiş ve izah edilmiştir.

3.3.1. Yapısal Bina Hasarları

Teknik gezilerde, ziyaret edilen fabrikalarda ve etraftaki fabrikaların bazılarında depreme karşı güçlendirme yapıldığı görülmüştür (Şekil 2-sağ). Güçlendirme yapılmış binaların genelde 2000 yılından önce inşaat edilmiş yapılar olduğu belirlenmiştir. Endüstriyel yapılarda gerekli deprem dayanımı veya güçlendirilmesi var ise, deprem ve sel kuvvetlerine karşı çoğunun yatay dayanım göstereceği, oluşabilecek hasarlarının çoğu yapısal olmayan bina elemanları ile bina içeriğindeki hasarlardan ötürü oluşabileceği tespit edilmiştir.

Bununla birlikte, bazı yetersiz dayanımlı fabrika yapıları da tespit edilmiştir. Yapılan teknik gezi ve gözlemlerde, kolon-kiriş makas birleşimi zayıf prekast fabrikalar tespit edilmiştir. Normalde, bu birleşim detayları kolon gusesi ve kiriş kenarından iki pimle birleşimden oluşmakta ve pimlerin etrafına çimento dökülerek bağlantı detayı tamamlanmaktadır. Maalesef bu çimento dökümü veya pimlerin bağlanması birçok yapıda ihmal edilen bir inşaat yapım kusurudur. Hatta gezilerde, üzerindeki kiriş makası taşımaya yetersiz kolon guse boyutlarına sahip bazı yapılar da görülmüştür. Bağlantı detayı zayıf çerçeve, yeterli yanal rijitliği olmadığından etkileyen yanal kuvvetlere karşı direnç gösteremeyecektir. Nitekim ülkemizdeki geçmiş depremlerde bu zayıf bağlantılar sonucu yapısal elemanlarda kesme çatlakları ile devrilen, çöken makaslar ve çatı çökmeleri sıklıkla görülmüştür (Şekil 3-sol ve orta).

2018 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018; TBDY, 2007), çatısı mafsallı prekast çerçeve sistemleri için deprem yükü azaltma katsayılarını (R) 3 olarak vermektedir, ama bu oran 1998 Türk Deprem Yönetmeliği'nde ise 5 olarak alınmaktadır. Ayrıca, 1998 yılı öncesi yönetmeliklerde prekast betonarme yapıları için tasarım konuları düşünülmemiştir (TDY, 1975). Bunun nedeni prekast betonarme sistemler Türkiye'de ilk kez yaklaşık 1965 yıllarında kullanılmaya başlanmış ve 1980 senelerinden itibaren ise sanayi binalarında uygulanması artmıştır (Bekiroğlu, 2006). Bütün bu sebepler, 2000 yılı öncesi yapılmış eski prekast sistemli yapıların deprem kuvvetleri altında genelde deprem enerjisini sönümleyemeyerek sünekli olmayan bir şekilde çökmesine neden olmaktadır (RMS, 2000; Erdik, 2001; Sağbaş vd., 2023). Dolayısıyla, sanayi temsilcileri ile olan görüşmelerde, OSB'lerde bile hala çoğunlukla 2000 yılı öncesi eski yönetmeliklere göre yüksek kuvvet azaltma faktörleri ile tasarlanmış ama yeterli sünekliği olmayan ve küçük kolon kesitli (35x35cm gibi) tasarlanan birçok sanayi binası var olduğu düşünülürse, geçmiş depremlerde gözlemlendiği üzere (Şekil 3-sağ), bu tür sanayi yapılarının beklenen İstanbul depremine karşı yapısal hasar alma riski daha da artmaktadır.

Sel afetlerinde ise bir fabrikada sel yükleri altında oluşabilecek ağır yapısal hasarlar ve bina çökmeleri genelde nadirdir (Ölmez ve Deniz, 2023; Keleşoğlu vd., 2023). Fakat, yapılan teknik gezilerde, dere ve nehir gibi su kaynaklarına yakın fabrikaların önemli sel hızlarına maruz kalıp,

Marmara Bölgesi Sanayisinin Çoklu Afet Dirençliliğinin Teknik Gezi ve Görüşmeler ile Değerlendirilmesi

temellerin sel taşkınlarında aşınması veya oyulma gibi etkilere maruz kalabileceği görülmüştür. Bu etkiler sonucu, nadiren de olsa binalarda temel erozyonu yaşanabileceği ve kısmi çökmeler neden olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 3. Fabrikalara geziler sırasında tespit edilen tipik yapısal ve yapısal olmayan bina elemanları

Yapısal Olan Bina Elemanları	Yapısal Olmayan Bina Elemanları	
Çatı taşıyıcı sistemi Kolonlar Ana makas ve kirişler Aşık ve oluk kirişleri Kolon-kiriş veya makas pim birleşimleri Taşıyıcı veya perde duvarlar Merdivenler Döşeme Temel	Camlar /pencereler Elektrik bağlantıları ve uzantıları Elektrik düğmeleri, çıkışları Elektrik paneli ve benzer sistemler Aydınlatma Havalandırma ekipmanı ve sistemleri Endüstriyel duvar kabinleri Jeneratör Duman detektörleri Duvar izolasyonu Dış ve iç duvar boyası İç /dış kapılar Dış cephe duvarı Hangar kapısı Dağıtım panosu	Soğutma Kulesi, Klima ünitesi Kompresör Soğutucu Yük asansörleri Hidrofor Hava kanalları ve taşıma üniteleri İletişim kutusu Asma tavan Yangın ihbar butonu Baca Sprinkler söndürme sistemi Alçıpan ara duvarlar Güneş panelleri Vinç Ofis için su ısıtma ve arıtma makineleri Çatı örtüsü



Şekil 2. İstanbul'daki fabrikalar için yapılan teknik geziler sırasında çekilen inşaat aşamasında prekast betonarme tipik bir endüstriyel bina yapısı (solda) ile güçlendirme yapılmış bir endüstriyel bina yapısı (sağda).



Şekil 3. Geçmiş depremlerde gözlemlenen sanayi fabrikalarındaki yapısal hasarlara örnekler: çökmüş fabrika makasları ve çatıları (solda); kesme çatlağı ve pay pasları düşen kolon gusesi-makas birleşim noktası (orta); ve mafsallaşma göstermiş 2000 yılı öncesi bir prekast betonarme kolon (sağda).

Son olarak, deprem ve sel afetlerinde çıkabilecek olası yangınlarda betonarme yapı sistemlerinin eleman bazında iyi dayanım gösterdiği ve bırakılan pas payının yangına karşı dirençlilikte en önemli unsur olduğu tespit edilmiştir. Yalnız, çatı makası-kolon birleşim noktaları, çatıda yer alabilecek çelik kafes sistemleri ve çatı örtüsünün yangın sırasında ağır hasarlar alabileceği yapılan görüşmelerde belirtilmiş ve geçmiş depremlerde de gözlemlenmiştir (örneğin, Şekil 4).

3.3.2. Yapısal Olmayan Bina Hasarları

Yapılan teknik gezi ve görüşmeler sonucu, deprem afetlerinde tüm yapısal olmayan bina elemanlarının (Tablo 3) hasar alması olası iken, sel afetlerinde ise yere yakın olan suyun temas ettiği elemanlar etkilenmektedir. Deprem afetlerinde, fabrikalardaki yapısal olmayan bina elemanlarının çoğu, kütlesi nedeni ile binayı etki eden deprem ivme değerlerine hassas iken, bazı boyuna doğru uzanan elemanlar ise deprem deplasman değerlerine karşı hassas olabileceği gezilerde görülmüştür. Sel afetlerinde ise, yapılan incelemelere göre, özellikle selin akış yönüne dik gelen dış cephe duvarları ve hangar kapıları fiziksel sel yükleri (hidrostatik ve hidrodinamik basınçlar ile çarpan moloz yükleri) altında endüstriyel binalarda oluşabilecek ana yapısal olmayan hasar çeşitleri olarak tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, fabrika içerisinde yer alan diğer yere yakın yapısal olmayan bina elemanlarının sel suyuyla teması sonucu kirlenebileceği veya bozulabileceği ve dolayısıyla zararlar görebileceği gözlemlenmiştir.

Yapılan teknik gezilerde, endüstriyel binaların dış cephe duvarlarının genelde taşıyıcı olarak tasarlanmadığı görülmüş ve malzeme yapısının sandviç panel ya da beton dolgu ya da tuğla dolgu duvar olduğu, bazılarında ise panel/sandviç karışık sistem ya da az donatılı betonarme panel duvarlar olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5). Cepheye etki eden önemli sel kuvvetlerinin veya deprem deplasman değerlerinin yarattığı kritik gerilmeler altında, bu gevrek cephe yapı elemanlarında düzlem içi veya dışında çökmeye kadar varan ciddi hasarlar görülebileceği belirlenmiştir (örneğin, Şekil 6). Yapılan incelemelerde, dış cephe duvarların yapı malzemesi, ebatı (yükseklik ve kalınlık) ve donatı oranlarının deprem ve sel afetlerine karşı dayanımı ve hasar potansiyelini etkileyebileceği öngörülmüştür. Ayrıca, sel afetlerinde, bodrum katında bulunan dış cephenin sel yüklerinin yanı sıra toprak basıncına da maruz kalacağı ve sele karşı hassasiyetin artabileceği tespit edilmiştir. Örneğin, yapılan teknik gezilerde ve kurum görüşmelerinde, 2018 İstanbul yazında yaşanan aşırı yağışlar ve dolular sonucu, birçok fabrikanın bulunduğu bir kimya sanayi bölgesindeki arıtma tesisinin kota olarak düşük seviyede bulunmasından dolayı en alt katının tamamen su bastığı ve bodrum duvarının çöktüğü belirtilmiştir. Benzer örnekler son selerde tekrar görülmüştür (Şekil 7). Bu örnekler, özellikle bodrum katı olan sanayi yapılarının sele karşı olan hassasiyetini bir kez daha göstermiş olmaktadır.



Şekil 4. Bir prekast betonarme sanayi tesisinde deprem sonrası yangın hasarı örneği



Şekil 5. İstanbul ve Kocaeli'ndeki teknik geziler sırasında görülen yapısal olmayan dış cephe elemanları



Şekil 6. Geçmiş afetlerde görülen yapısal olmayan dış cephe çökmelerine örnekler: sel hasarları (sol); kaynak: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, 2021) ve deprem hasarları (sağ).



Şekil 7. 2023 Eylül İstanbul seli sonrası tespit edilen bodrum katı cephe hasarı

Yapılan teknik gezi ve görüşmelerde, dış cephe yanı sıra fabrikaların içinde veya hemen dışında bulunabilecek binanın hizmet verebilmesi için gerekli sistemler/ bağlantılar/uzantılar ve diğer mimari ve dekoratif yapısal olmayan elemanlar da incelenmiştir (Tablo 3 ve Şekil 8). Bu elemanların binadaki konumlarının epey farklı olabileceği görülmüştür. Örneğin, borular genelde kat tavan hizasından geçerken, bir hafta süre gibi fabrikayı faal halde tutabilecek güçlü değerli jeneratörlerin çoğunun yerde olduğu (herhangi bir yükselti olmadan, yerle birleşik) not edilmiştir. Yapılan incelemelerde, bazı yapısal olmayan bina elemanlarının yere veya duvara zayıf sabitlenmesinden dolayı hemen hemen hepsinin konumuna, kütlelerine ve boyutuna bağlı olarak deprem afetleri altında ağır hasarlar görebileceği tespit edilmiştir. Bu tespit, deprem afet tehlike riskinin diğer bölgelere göre göreceli az olduğu sanayi yerleri için de geçerlidir. Nitekim geçmiş depremlerde, yer ivmesinin 0.1 g'den küçük olduğu sanayi bölgelerinde, yapısal olmayan bina elemanlarında ağır hasarlar yaşandığı görülmüştür (Sağbaş vd., 2023).



Şekil 8. İstanbul ve Kocaeli'deki teknik geziler sırasında görülen yapısal olmayan diğer bina elemanları

Yapılan incelemelerde, sel afetleri altında ise, sanayi binalarında ciddi hasarların genelde ağırlıklı olarak zemin ve giriş katları su basması nedeniyle, sel suyunun teması sonucu içeride yer alan bina elemanlarında oluşabileceği gözlemlenmiştir. Sel sularının derinliği artıkça hasarların fabrikada yukarı doğru ilerleyebileceği tespit edilmiştir. Dış cephe elemanları dışında, sele karşı diğer hassas yapısal olmayan bina elemanlarının iç ve dış kapı, aydınlatma, elektrik düğmeleri ve çıkışları, vinç makinesi, jeneratör, su tankı, hava ve su ve elektrik boruları ile uzantıları, yangın hidroforları gibi elemanlar, vs. olduğu belirlenmiştir. Hemen yerin üstünde yer alan jeneratör gibi değerli ekipmanların sel sularının teması sonucu daha çabuk zararlar alacağı ön görülmüştür. Sel afetleri için yapılan başka bir gözlem ise, dış cephe elemanlardaki hasarlar için hem sel derinliği hem sel hızı önemli olurken, diğer yapısal olmayan bina elemanlarında oluşabilecek hasarlar içinse genelde selin derinliği daha önemli olduğu tespit edilmiştir. Sel suyunun dokunması ile zarar görebilecek yapısal olmayan elemanlar için (örneğin, duvarlar, yer hizası, iç kapılar, vs.), hijyenik koşullar veya kimyasalların saçılması ile oluşabilecek zehirlenme tehlikesine karşı, mümkünse tüm yer ve etkilenen elemanlar dahil olmak üzere ciddi temizlik yapılması gerektiği, gerekli ise bu elemanların tümünden yeniden yapılması veya başka bir elemanla ile değiştirilmesinin ihtiyaç olabileceği ön görülmüştür.

Son olarak, yangın kurumları ile yapılan görüşmelerde, depremler ve sel afetlerinin neden olabileceği yangınlarda, binalarda kullanılan poliüreten vb. yanıcı izolasyon malzemelerinin kullanılmasının yangın riskini artıran en önemli unsurlardan biri olduğu belirtilmiştir. Bunun yerine, daha dirençli taş yünü malzemelerin tercih edilmesi ve yangınla ilgili sürekli denetimlerin gerekliliği ifade edilmiştir. Bilinçsizce takılan ve kullanılan elektrik vb. ekipmanların (örneğin, güneş panelleri veya jeneratör) da afetler sırasında kıvılcım atarak yangın çıkarabileceği ve dikkat edilmesi gerektiği görüşmelerde vurgulanmıştır.

3.3.3. Bina İçerik Hasarları

Teknik gezilerde tespit edilen, standart içeriğin (örneğin, dolap, sandalye, raf gibi) yanı sıra sektör tipine göre fabrikada olabilecek sektörel içeriğe dair (ana makine ve teçhizatlar ile stok ve hammaddeler) bazı örnekler Şekil 9'da gösterilmiş ve ayrıca Tablo 4'te listelenmiştir. Teknik gezilerde, farklı sektördeki fabrikalardaki ana makineler, teçhizat ve stok/hammaddenin çok değişkenlik gösterebileceği, hatta bunların bina içindeki konumları, ağırlıkları ve boyutlarının da değişken olabileceğini, dolayısıyla afet hasar risklerini çok etkileyeceği gözlemlenmiştir.

İçerik elemanlarının deprem hasar hassasiyetini etkileyecek en önemli unsurun, elemanın sabitlenme durumu olduğu görülmüştür. Örneğin, yapılan teknik incelemelerde, bir metal imalat firmasındaki kesici makinelerin, iş güvenliği açısından da önemli olduğu için, genellikle sıklıkla yere sabitlendiği görülmüştür (Şekil 9). Fakat, bazı içerik elemanlarının ise hiçbir şekilde ne yere ne de duvara monteli olmadığı ve deprem ivmelerine karşı kayarak veya dönerek hasar alabileceği gözlemlenmiştir. Ayrıca, bazı makine ve ekipmanların çok ağır olduğu (birkaç ton ve üzeri) ve deprem ivme değerlerine karşı yüksek hassasiyet göstereceği tespit edilmiştir. Bu ağır

ekipmanların bazılarında ayak hizasında kauçuk bir taban yer aldığı görülmüştür. Örneğin, bir taşıt aracı parçası üretim tesisinde, pres makineleri gibi ağır ekipmanların yerden 10 cm kauçuk bir taban üzerine yerleştirildiği gözlemlenmiştir. Bu tür kauçuk tabanların deprem kuvvetlerine karşı kısmi sönümlenme etkisi yapabileceği ön görülmüştür. Ayrıca, bir boya tesisindeki teknik incelemelerde, 15-20 cm'lik payandalarla desteklenmiş 5 m yüksekliğinde içi sıvı dolu çok sayıda ağır silolar görülmüştür. Hem ağır hem de uzun olan bu silolardan bazılarının yere iyi sabitlenmediği ve deprem sırasında birbiri üzerine devrilme riskinin yüksek olabileceği tespit edilmiştir. Bu unsurların yanı sıra, içerik elemanlarının titreşim hassasiyetinin de deprem davranışı etkileyen diğer önemli bir unsur olduğu bulunmuştur. Örneğin, görüşmelere göre tekstil firmasında bulunan iplik makinelerinin küçük deprem titreşimlerine karşı bile çok hassas olduğu belirtilmiş ve yerlerinden biraz bile kaydıklarında ayar alabilecek balans ayarlanmalarının yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Yapılan incelemelerde, içerik elemanlarının sel hasar hassasiyeti için su derinliğinin en önemli sel şiddeti faktörü olduğu ve bu içeriğin yerden yüksekliğine bağlı sel zarar oranlarının önemli şekilde değişebileceği tespit edilmiştir. Teknik gezilerde, sektörel makinelerin ve teçhizatın çoğunlukla yer hizasında olduğu görülmüştür. Örneğin, ilaç üreten bir tesiste 1 m çapındaki dairesel karıştırıcıların yerleri genellikle yerden 5 cm yüksekte konumlandırılmakta olup, bu karıştırıcıların gelen suya karşı oldukça hassas olabileceği tespit edilmiştir. Özellikle, sel afetlerinde boya sektöründe olan fabrikalarda görülen yere gömülü ısınma kazanlarının sele karşı daha hassas olabileceği gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, 50 cm'nin üzerinde kaynak makinesi gibi suyla temas ettiğinde tamamen kullanılmaz hale gelebilecek sektöre özel elektrikli ekipmanlar da görülmüştür. Ekipman ve teçhizatın yanı sıra neredeyse tüm tesislerde hemen yer üstüne konulmuş, art arda ve üst üste dizilmiş bitmiş stoklar da mevcut olduğu görülmüştür. Bu bitmiş stoğun bazı fabrikalarda, yerden 5 cm kalaslarla kaldırıldığı gözlemlenmiştir, ama çoğunlukla direkt yer üzerinde yer aldığından, birkaç cm suyun değmesi ile zarar görebilecek durumda olduğu görülmüştür. Yapılan incelemeler sonucu, genel olarak yer hizasından 15 cm'lik bir sel derinliğinde, tüm ticari ürün ve makine/ekipmanların hepsi yer hizasında olduğu için, 1 m sonrası hemen hemen tüm bu içeriğin kesin zarar göreceği düşünülmüştür. Ayrıca, yapılan gezilerde ve görüşmelerde, İstanbul'da kimya sanayi bölgelerindeki fabrikaların çoğunda (görüşmede belirtilen %95) bodrum katı olduğu not edilmiştir. Bu bodrum katlarının üretim veya stoklama amaçlı kullanılabileceği görüşmelerde belirtilmiştir. Dolayısıyla, bu durumun özellikle olası sel afetlerinde bodrum katında bulunan envantere büyük zararlar verebileceği tespit edilmiştir.



Şekil 9. İstanbul ve Kocaeli'ndeki teknik geziler sırasında çekilen bina içerik elemanları

Son olarak, yapılan incelemelerde, sektörel içeriğin çok değerli olduğu (stok ve hammaddeler ve teçhizat/makineler) ve içerikte oluşabilecek afet hasarlarının önemli kayıplara neden olabileceği görülmüştür. Literatürdeki çalışmalar, bina içerik değerini genelde binanın toplam inşaat maliyeti üzerinden yüzdesel olarak ifade etmekte ve endüstri yapıları için içerik değeri oranını (hammadde ve stok dahil değil) %150 (veya 1.5 katı) olarak standart kullanmaktadır (FEMA, 2013a; FEMA, 2013b; Huizinga vd., 2017). Yalnız bu oranın çok gerçekçi bir rakam olmadığı, yapılan farklı

sektördeki fabrikalarla olan limitli teknik gezi ve görüşmelerden alınan bilgilere göre çok değişken ve hatta kat kat daha fazla (0.25-10 kat) olabileceği not edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. İstanbul ve Kocaeli’ndeki teknik geziler sırasında gözlemlenen, deprem ve sel afetlerine karşı hassas olabilecek bazı sektörel içeriklere örnekler

Sektör Türü	Sektörel İçeriğe Örnekler	Tahmini Toplam İçerik Değer Katsayısı*
Boya	Çeşitli yaklaşık 5m yüksekliğinde 2 m çapında küçük ve daha büyük silolar, mikserler, yere gömülü kazanlar, vs.	9-10 arası
Araba parça imalat	Birkaç kaynak makinesi, birçok ağır pres makinesi, vs.	10
İlaç	Üretim reaktör tankları, çeşitli ısıtmalı/soğutmalı mikserler, konveyör sistemleri, havuz, vs.	10
Petrokimya	Ana ve yardımcı reaktörler, dinlendirme ve çökertme tankları, mikserler, ürün stok tankları veya siloları, vs.	4-5 arası
Plastik	Kazanlar, mikserler, dikey bantlar, vs.	2-3 arası
Yaş Gıda	Birçok gıda fırını, konveyörler, mikserler, dondurucu, vs.	4
Kuru Gıda	Kahve kavurma ve öğütme makineleri, paketleme makineleri ve konveyör sistemleri, vs.	3-4 arası
Refrakter	Birçok depolanmış refrakter malzemesi, kaynak ve kesme makineleri, birkaç silo, kalıplar, birkaç büyük fırın, vs.	4
Savunma aleti imalat	Presleme, kaplama makineleri, vs.	10
Metal parça imalat	Birçok kuru kesim, testere kesici, taşlama makineleri, vs.	0.25-0.50 arası

*Bina inşaat maliyet değerinin katı cinsinden ifade edilmiştir. Bu değere ham madde ile bitmiş stok değerleri dahil değildir.

3.4. Sanayiye Destekleyen Altyapı ve Ulaşım Sistemlerinin Sürekliliği

Yapılan farklı sektörlerdeki fabrika gezilerinde ve görüşmelerde, fabrikaların tam kapasite çalışmasını destekleyen elektrik, su, atık su, doğal gaz, telekomünikasyon altyapılarına ve ulaşım yoluna çok bağımlı olduğu not edilmiştir. Dolayısıyla, deprem ve sel afetleri sırasında fabrikalar direkt hasar almasa bile, sanayi işleyişini destekleyen bu altyapı ve ulaşım sistemlerinden biri veya birkaçının kesilmesi sonucu fabrikaların iş yapamaz durumuna geçeceği ve ciddi ekonomik kayıplar yaşayacağı teknik görüşmelerde belirtilmiştir. Örneğin, bazı gezilen fabrikaların 1999 Kocaeli depreminden hiçbir hasar almamasına rağmen işçilerin veya malzeme sevkiyatının ulaşımında yaşanan problemlerden dolayı en az bir hafta faaliyete ara vermek zorunda kaldıklarını; bazıları ise 2019’da yaşanan küçük büyüklükteki (Mw: 5.8) İstanbul depreminde bile telekomünikasyondaki hasarlar sonucu 24 saat boyunca iletişimde aksamalar nedeniyle iş sürekliliklerinde büyük sorunlar yaşadıklarını belirtmişlerdir. Bu gözlemler literatürdeki çalışmalar ile örtüşmektedir (RMS, 2000; Erdik, 2001). Hatta literatürde, depremler yanı sıra depremlerin neden olduğu zemine sıvılaşmanın sanayiye destekleyen birçok altyapı ve ulaşım hatlarında çökmelere ve hat kırılmalarına sebep olduğu ve özellikle kırılan gaz hatlarında patlamalara ve yangınlara neden olduğu belirtilmiştir (Erdik, 2001).

Ayrıca, bu çalışmada yapılan görüşmelerde, özellikle kimya sektöründe bulunan fabrikaların kimyasal maddeleri arıtan altyapı sistemlerinde sürekliliğe ihtiyaç duydukları, aksi takdirde üretim yapamaz duruma gelecekleri not edilmiştir. 2018 yazında İstanbul’da yaşanan ağır yağışlar ve dolular sonucu oluşan selde, bir sanayi bölgesindeki arıtım tesisinin zarar görmesinin kimya sektöründe bulunan birçok fabrikayı etkilediği yapılan görüşmelerde ifade edilmiştir.

Fabrikaların tam kapasite çalışmasını destekleyen bu temel altyapıların hizmet verdikleri sektörlerle bağılı olarak çok değişebildiği gözlemlenmiştir. Örneğin, gezilen sınırlı sayıdaki fabrikalar için Tablo 5’te bağımlı oldukları altyapılar gösterilmektedir. Bu verilen örneklerde görülüyor ki, metal veya araba parça imalat sektörleri genelde sadece elektriğe ihtiyaç duyarken, boya sektörü elektrik, doğalgaz, su ve arıtım olmak üzere genelde tüm altyapılarının çalışması

şarttır. Elektrik temel bir gereklilik olduğundan ve sık sık genel bir kesinti olabileceğinden, hemen hemen tüm fabrikalarda bir-iki hafta kadar yetecek güçlü jeneratörlerin olduğu teknik gezilerde gözlemlenmiş ve sanayi temsilcileri ile yapılan görüşmelerde de belirtilmiştir.

Tablo 5. İstanbul ve Kocaeli’ndeki teknik geziler sırasında sektörler için tespit edilen en kritik alt yapılar

Sektör Türleri	Bağımlı olunan En Kritik Altyapılar
Araba parça imalat, metal parça imalat	Elektrik
Petrokimya, refrakter, kuru gıda, savunma, plastik	Elektrik, doğalgaz
Yaş gıda	Elektrik, doğalgaz, su
İlaç	Elektrik, su, arıtım
Boya	Elektrik, doğalgaz, su, arıtım

Son olarak, Organize Sanayi Bölgesi (OSB) içinde yer alan fabrikalar için altyapı ve ulaşım hizmetlerinin çoğunlukla OSB tarafından yapıldığı ve işletildiği için daha düzenli ve sistemsel olduğu ve diğer OSB dışında yer alan sanayiye kıyasla afetlere karşı daha dirençli olduğu teknik gezi ve görüşmeler sırasında gözlemlenmiştir.

3.5. Afet Farkındalığı

Dünyada Japonya afet farkındalığı konusunda en ileri durumda olan ülkelerden biridir. Japonya’daki işletmelerde risk yönetimi yani iş sürekliliği planlanmasının yüksek oranda (%70) sağlanması sayesinde, 2011 Tohoku depreminde yaşanan çoklu afet sonrasında Japonya kısa bir sürede toparlanmış ve sektörel anlamda tam kapasite çalışmaya geçmiştir (Dünya Bankası, 2020). Ülkemize baktığımızda ise Amerikan Ticaret Bölümü öncülüğünde, 5 sanayisi yoğun ilimiz ve 400 KOBİ arasında yapılan anket çalışması sonuçlarına göre, KOBİ’lerin %83’ünün kurulu olduğu bölgeler 1. Derece deprem kuşağında olmasına rağmen, deprem sonrası için bir iş süreklilik veya risk yönetim planı bulunmamaktadır (Sağlam Kobi, 2019). Bu durum seller dahil diğer afetler için de geçerlidir.

Benzer bir şekilde, yapılan teknik gezi ve görüşmelerde, fabrika ve sanayi temsilcilerine afet farkındalığına dair sorular sorulmuş olup, afetlere karşı bir önlem alınıp alınmadığı gözlemlenmiştir. Gezilen bölgelerdeki fabrikaların çoğunun deprem ve sel dahil afetler için eksik sigortası olduğu, hatta bazılarının hiçbir sigortası olmadığı ve bir iş sürekliliği planı bulundurmadığı tespit edilmiştir. Ancak kurumsallaşmış firmalarda tam afet sigortası ve iş sürekliliği planı olduğu görülmüştür. Sigorta yaptırmış firmalarda, ekipman/makine için ayrılan sigortanın binanın sigortasına kıyasla kat kat daha fazla olduğu öğrenilmiş, bu tespitle sektörel içeriğin ne kadar değerli olduğu tekrar gözlemlenmiştir. Ayrıca, gezilen bazı fabrikalarda alınan güçlendirme ve benzeri önlemler için, fabrikayı işleten kişi ile sahibi aynı değilse (görüşmelerde belirtilen bu oran genelde %50) bu önlemlerin gerçekleşmesinin daha fazla vakit aldığı görüşmeler sırasında not edilmiştir. Dolayısıyla, bu durumun da afet riski önlemleri alınmasında düşünülmesi gereken önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan tüm bu tespitler sonucu, Marmara Bölgesi için beklenen İstanbul depremi gibi büyük ölçekli bir afet durumunda, sanayi firmalarının çoğunun uzun süre iş yapamayacağı; hatta afet sonrası tamamen iflas ederek kapanacağı ve ülkece sanayide ve yurtdışı ticarete itibar kaybına neden olabilecek durumlar yaratabileceği öngörülmektedir. Bu durum sadece Marmara Bölgesi için değil tüm ülkemizdeki sanayiler için geçerlidir. Nitekim, son yaşanan 2023 Kahramanmaraş depremlerinden etkilenen sanayiler için yapılan literatürdeki gözlemlerde, sanayi sahiplerinin bir kısmının firmayı kapattığı, bir kısmının ise depremden sonra 3 aydan 2 seneye kadar varacak kalkınma zamanına ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir (Sağbaş vd., 2023).

3.6. Belirsizlikler

Yapılan teknik geziler ve literatür taramalarına göre, fabrikanın sektörüne ve büyüklüğüne göre endüstri tesisinde yer alan üretim makinesi, ekipman ve stok/ham maddenin epey değişkenlik

gösterdiği ve dolayısıyla, sektörel içerikteki olası deprem ve sel afet kayıplarında büyük farklılıklar olabileceği gözlemlenmiştir. Hatta aynı sektörde yer alan fabrikalarda bile, yapısal olmayan elemanların (HVAC, su boruları, iç duvarlar gibi) adet ve konumunun çok değişkenlik gösterebileceği not edilmiştir. Oluşabilecek deprem ve sel tehlikesindeki değişkenlikler de dahil, tüm bu belirsizliklerin sanayinin afet hasar hassasiyetini önemli derecede etkileyebileceği görülmüştür. Tüm bu belirsizliklerin düşünülerek olası afet etki ve dirençlilik tespitlerinin yapılmasının daha doğru olacağı gözlemlenmiştir.

Teknik fabrika gezilerinde tespit edilen bu değişkenlikler ve belirsizliklere rağmen, literatürde sanayiler için elde edilen ve çoğunluğu depremle ilgili olan afet hasar modellerinde, birkaç çalışma hariç (Ölmez ve Deniz, 2023; Merz vd., 2010; Yeşilyurt vd., 2021), genellikle deterministik yaklaşımlar kullanılmıştır (FEMA, 2013a; FEMA, 2013b; Huizinga vd., 2017). Halbuki, sanayiler için güvenilir afet hasar risk ve dirençlilik tahminleri yapmak için, bu belirsizliklerin dikkatlice düşünülmesi ve tahminlere entegre edilmesi gerektiği açıkça görülmektedir.

4. ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında yapılan görüşmeler gösteriyor ki, sanayinin afet dirençliliğini arttırarak afetler sonrasında sanayinin iş sürekliliğinin en yüksek seviyede tutulması, afet sonrası toplum olarak ekonomik kalkınmamız açısından çok önemlidir. Bu anlamda, sanayilerin çoklu afet risklerini tespit edip, bu riskleri etkili bir şekilde azaltan önlemleri belirleyen ve firmaların afet sonrası hızlıca toparlanmalarını sağlayan doğru bir risk yönetimi uygulanması, bu görüşmelerde ortaya çıkan en temel ihtiyaç olarak bulunmuştur.

Sanayiler için doğru bir afet risk yöntemi oluşturulmasının ilk adımlarından biri güvenilir afet hasar risk tespiti yapmaktır. Bu anlamda, farklı sektörlerdeki fabrikalara yapılan teknik gezilerde, hem yapısal/yapısal olmayan bina elemanlarında hem de içerikte potansiyel çoklu afet hasarları oluşabileceği gözlemlenmiştir. Özellikle sektör tipine göre içeriğin çok değişkenlik gösterebileceği, dolayısıyla hasar risklerini çok etkileyeceği görülmüştür. Hatta, bina hasar almaya dahi ulaşım ve altyapıdaki hasarlar sanayideki faaliyetin durmasına ve iş aksamalarına yol açabileceği tespit edilmiştir. Buna rağmen, literatürde deprem afetlerinin Türkiye'deki sanayi binalarına verdiği yapısal hasarlar üzerine epey çalışma varken, yapısal olmayan ve içerik deprem hasarları üzerine çok az sayıda çalışma olup ve hatta sel etkileri üzerine çalışma genelde hiç bulunmamaktadır. Bu tespit yapılan sigorta kurum ziyaretleri ile de ortaya çıkmıştır. Sigorta sektöründe kullanılan afet hasar modellerinin çoğunun yurtdışından gelen veri ile geliştirildiği tespit edilmiştir. Halbuki, Türkiye'ye özgü olmayan bu modellerin, sanayilerin afet hasar riskine dair yanlış tahminler verme yöneliminde olması büyük olasıdır. Bu nedenle, beklenen büyük bir deprem riski altında olan ve hep sele maruz kalan Marmara Bölgesi başta olmak üzere tüm Türkiye'deki değişik sanayi sektörleri düşünülerek, çeşitli afet hasar şekilleri (yapısal, yapısal olmayan ve içerik, ulaştırma/altyapılar) altında fabrikalar için güvenilir çoklu afet hasar modelleri geliştirmek gerekmektedir. Bu modellerin oluşturulmasında, bu çalışmadan elde edilen tespitlerin destek vereceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, modellerin istatistiksel olarak güvenilir ve doğru olması için, önemli belirsizliklerin de dikkatlice ele alınması önemlidir. Özellikle kimyasal üretim sektöründeki kritik endüstriyel yapıların, yangın ve çevresel afetler gibi ikincil afet riskleri daha fazla olduğundan bu sektörlere öncelik verilerek, sanayimiz için çoklu afet hasar modellerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu modeller, başta tüm afetler için ayrı ayrı düşünülüp, daha sonra afetlerin birlikte olma olasılıkları da dahil edilerek çoklu afet modelleri olarak elde edilmelidir.

Afet hasar modelleri yanı sıra, afet tehlike modellerinin geliştirilmesi de sanayimiz için doğru bir afet risk yönetimi oluşturulmasında ilk bilişenlerden biridir. Deprem yönetmeliğimizde olasılıklar yaklaşımlar kullanılarak farklı senaryolar için (43, 72, 475, 2475 yılda bir olan deprem)

deprem tehlike haritamız enlem ve boylam olmak üzere tüm Türkiye için mevcuttur (TBDY, 2018). Bunu yanın sıra Su Yönetim Müdürlüğü'nün yakında bitirmekte olduğu, ilk kez yapılan Türkiye için kapsamlı sel yayılımını ve derinliğini veren sel tehlike haritaları oluşturulmaktadır (URL 6). Yaşanılan iklim değişikliği ve yapılaşma artışı altında, bu tehlike haritaları ile afet hasar modellerinin sahadan afet hasar verisi ile kıyaslanıp güncellenmesi önemlidir. Bu amaçla, afetlerden etkilenen sanayilerimiz için, afet sonrası şiddet ve hasar verisi toplama protokolleri geliştirilip sistemselsel olarak bu veriler kayıt altına alınması gerekmektedir. Bu konuda öncü çalışmalar olsa dahi sınırlı sayıda olup (Sezen ve Whittaker, 2005; Sağbaş vd., 2023), daha çok çalışma yapılması gerekmektedir.

Son olarak, bu çalışma kapsamında yapılan teknik gezilerde, fabrikanın içinde yer alan makine/ ekipman/stok/hammadde gibi ürünlerin sektöre göre çok değişkenlik gösterdiği ve hatta aynı sektörde bile binadan binaya göre çok değişebileceği görülmüştür. Kısıtlı sayıdaki teknik gezi ve görüşmelerle bu hususların daha detaylı incelenemediğinden bu konuda daha ayrıntılı gezi çalışmalarının yapılması gereksinimi görülmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma, Marmara sanayisinin çoklu afet dirençliliğini çok yönlü bakış açısı ile değerlendiren öncü araştırmalardan biridir. Sanayi yapılarının deprem ve sel dahil olmak üzere çoklu afet dirençliliğini anlamak üzere, İstanbul ve Kocaeli'ndeki birçok fabrikaya teknik geziler yapılmış ve "fabrika sahipleri ve temsilcileri", "özel sigorta ve inşaat kurumları" ve "kamu kurumları" olmak üzere farklı paydaşlarla görüşmeler yapılmıştır. Bu gezi ve görüşmelerden toplanan verilerden, fabrikaların çoklu afetlere karşı genel dirençliliğini etkileyen önemli faktörler tespit edilmiş ve önerilen sunulmuştur.

Özetle, sanayinin afet dirençliliğinin öncelikle sanayi konumuna çok bağlı olduğu görülmüştür. Depremler için sanayinin fay hattına uzaklığı ve zemin koşulları etkenken, seller içinse sanayinin dere gibi su kaynakları kenarında yer alıp almamasının belirleyici ana faktörler olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca, sanayi binalarında deprem ve sel afetlerinden dolayı oluşabilecek yapısal hasarların genelde binanın yanal dayanımına ve yaşına bağlı olduğu tespit edilmiştir. Deprem kuvvetleri tüm binayı etkileyip hasar yaratma potansiyeli varken, sellerin neden olduğu potansiyel kayıplarının ise çoğunlukla binanın yer seviyesinde ve dış cephede olabileceği bulunmuştur. Dış cephedeki sel hasarları için hem sel derinliği hem de sel hızı ile binaya çarpabilecek olası moloz ağırlığı önemli faktörler iken, sel suyunun temas etmesi sonucu bina içerisindeki elemanlarda oluşan bozulma veya yıpranma gibi hasarlarda sel derinliği ve sel suyunda durma süresi önemli faktörler olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde depremler içinse dış cephe gibi boyuna doğru olan elemanlarda deprem deplasmanları daha etkin bulunurken, özellikle ağır içerik elemanlarında ise deprem ivmelerinin hasarları belirleyici önemli faktörler olduğu görülmüştür. Cephedeki deprem ve sel afet hasarlarının belirleyici en önemli parametreleri ise cephenin malzeme yapısı, varsa donatı oranı (genelde az veya hiç yok), ebatı (yükseklik, kalınlık) ve bulunduğu seviye (bodrum duvarı olup olmaması) olduğu bulunmuştur.

Ayrıca, sektör tipi ve sektörel içeriğin değeri, adeti, yerden yüksekliği, ağırlığı, montajlama/sabitlenme durumu ve bodrum katında olup olmaması içerikteki afet hasarlarını belirleyici özellikler olarak değerlendirilmiştir. Özellikle, kimya sanayi sektöründe yer alan fabrikaların afet sonrası yangın ve çevresel felaket çıkarma riskleri olduğu için kimya sanayisi daha kritik bulunmuştur. İlaveten, sanayi faaliyetlerinin bağımlı olduğu altyapıların ve ulaşımın sürekliliği ve fabrika sahiplerinin afet farkındalığı olması ve önlem alınması, sanayinin çoklu afet dirençliliğini etkileyen önemli diğer faktörler olarak görülmüştür. Ayrıca, tüm bu önemli faktörlerde yer alan önemli belirsizliklerin veya değişkenliklerin fabrikalarda değişik hasar

şekillerine ve seviyelerine neden olabileceği ve dolayısıyla sanayinin afet dirençliliğini etkileyebileceği görülmüştür.

Sanayimizin çoklu afetlere karşı dirençliliğini artıracak afet yönetiminin en etkili yolu, toplum olarak çoklu afet risk farkındalığında kararlar alarak hazırlıklı ve donanımlı olmaktan geçmektedir. Bu anlamda, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler sınırlı sayıda yapılan teknik gezi ve görüşmelerden elde edilmiş olsa dahi, sanayimizin çoklu afetlere karşı risk tespit modellerinin geliştirilmesinde ve dolayısıyla afet maddi hasarların azaltılmasında, Sanayi Bakanlığı ile Kalkınma Bakanlığı'nın afet öncesi hazırlık ve afet sonrası kalkınma planlamalarının etkin bir şekilde yürütülmesinde ve özel sigorta kurumlarının afet poliçe planları hazırlamasında katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 221M819 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular ve öneriler, yazarın yaptığı teknik gezi ve görüşmelerden çıkardığı kendi bulguları olup, TÜBİTAK'ın veya başka bir kurumun fikirlerini yansıtmamaktadır. Makalenin yazarı, verilen proje desteği için TÜBİTAK'a ve gezi ile görüşmelerde not tutarak yardımcı olan öğrenci ekibine teşekkürlerini sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) (2019), İstanbul İl Afet Risk Azaltma Planı (IRAP).
- Can, A. (2014). Türkiye'de sel sigortasının geliştirilmesine yönelik öneriler, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Bekiroğlu, D. (2006). Prefabrik yapıların depreme dayanıklı tasarımı, onarım ve güçlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ceylan, A., Alan, I., Ugurlu, A. (2007). Causes and effects of flood hazards in Turkey. International congress of river basin management, pp 22-24.
- Danış, H. Ve Görgün, M. (2005). Marmara depremi ve tüpraş yangını. Deprem Sempozyumu, Kocaeli, pp 1362-1369.
- Dünya Bankası (2020). Resilient industries in Japan: lessons learned in Japan on enhancing competitive industries in the face of disasters caused by natural hazards. Washington, D.C.
- Erdik, M. (2001). Report on 1999 Kocaeli and Düzce (Turkey) earthquakes. Structural control for 1365civil and infrastructure engineering: World Scientific ,149-186. https://doi.org/10.1142/9789812811707_0018
- Eren, C. Ve Luş, H. (2015). A risk based PML estimation method for single-storey reinforced concrete industrial buildings and its impact on earthquake insurance rates. Bull Earthquake Eng, 13, 2169-2195. <https://doi.org/10.1007/s10518-014-9712-z>
- Ersoy, U., Özcebe, G., Tankut, T. (2000). Observed precast building damages in 1999 Marmara and Duzce earthquakes. 10. Prefabrikasyon Sempozyumu, İstanbul.
- Eyidoğan, H. (2007). Marmara bölgesinin ve İstanbul kentinin deprem tehlikesi üzerine bir derleme. TMMOB Afet Sempozyumu, Mattek Matbaacılık, Ankara, pp 15-29.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2013a). Multi-hazard loss estimation methodology, flood model, HAZUS technical manual. Department of Homeland Security, Emergency Preparedness and Response Directorate, Mitigation Division, Washington, D.C.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2013b). Multi-hazard loss estimation methodology, earthquake model, Hazus-MH 2.1 technical manual. Department of Homeland Security, Emergency Preparedness and Response Directorate, Mitigation Division, Washington, D.C.

Gülbaz, S., Kazezyılmaz-Alhan, C. M., Bahçeçi, A., Boyraz, U. (2019). Flood modeling of Ayamama river watershed in Istanbul, Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*, 24(1), 05018026. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001730](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001730)

Huizinga, J., de Moel, H., Szweczyk, W. (2017). Global flood depth-damage functions: methodology and the database with guidelines (No. JRC105688). Joint Research Centre. <https://dx.doi.org/10.2760/16510>
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa (2021). 11 Ağustos 2021 Batı Karadeniz sel felaketi ön değerlendirme raporu.

Kadioğlu, M. (2008). Sel, heyelan ve çığ için risk yönetimi. In: Kadioğlu M. ve Özdamar E. (ed) Afet zararlarını azaltmanın temel ilkeleri, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2. Ankara, pp 251-276.

Keleşoğlu, M. K., Temur, R., Gülbaz, S., Memisoglu Apaydin, N., Kazezyılmaz-Alhan, C. M., Bozbey, I. (2023). Site assessment and evaluation of the structural damages after the flood disaster in the Western Black Sea Basin on August 11, 2021. *Natural Hazards*, 116(1), 587-618. <http://doi.org/10.1007/s11069-022-05690-4>

Koç, G. Ve Thieken, A. H. (2018). The relevance of flood hazards and impacts in Turkey: what can be learned from different disaster loss databases?. *Natural Hazards*, 91, 375-408. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3134-6>

Kömüscü, A. Ü., Çelik, S., Ceylan, A. (2011). 8-12 Eylül 2009 tarihlerinde Marmara Bölgesi'nde meydana gelen sel olayının yağış analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(2), 209-220. <https://doi.org/10.1501/Cogbil.0000000125>

Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., Thieken, A. (2010). Review article "assessment of economic flood damage". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(8), 1697. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1697-2010>

Ölmez, H. N., ve Deniz, D. (2023). Assembly-based flood repair cost and time models for industrial buildings in Turkey. *Reliability Engineering & System Safety*, 238, 109444. <https://doi.org/10.1016/j.res.2023.109444>

Palancı, M., Şenel, S. M., Kalkan, A. (2017). Assessment of one story existing precast industrial buildings in Turkey based on fragility curves. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 15(1), 271-89. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10518-016-9956-x>

Risk Management Solutions (RMS) (2000). Kocaeli, Turkey earthquake event report.

Sağbaş, G., Sheikhi Garjan, R., Sarikaya, K., Deniz, D. (2023). Field reconnaissance on seismic performance and functionality of Turkish industrial facilities affected by the 2023 Kahramanmaraş earthquake sequence. *Bulletin of Earthquake Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01741-8>

Sağlam Kobi (2019). Türkiye'deki KOBİ'lerin Afet Direnci Araştırma Raporu <https://www.saglamkobi.com/files/uploads/turkiyedeki-kobilerin-afet-direnci-arastirma-raporu-2019.pdf>.

Şeşetyan, K., Demircioğlu Tümsa, M. B., Akıncı, A. (2019). Evaluation of the seismic hazard in the Marmara Region (Turkey) based on updated databases. *Geosciences*, 9(12), 489. <https://doi.org/10.3390/geosciences9120489>

Sezen, H. Ve Whittaker, A. S. (2006). Seismic performance of industrial facilities affected by the 1999 Turkey earthquake. *ASCE Journal of Performance of Constructed Facilities*, 20(1), 28-36. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3828\(2006\)20:1\(28\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3828(2006)20:1(28))

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)(1998). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)(2007). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)(2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY)(1975). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Türkiye Petrol Kimya Lastik İşçileri Sendikası (Petrol-İş) (2011). Dünya ve Türkiye'deki kimya sektörü- kriz sonrası yapısal ve güncel eğilimler.

URL 1, Emergency Events Database (EM-DAT), <https://www.emdat.be> (Son Erişim: 01.09.2023).

URL 2, <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/istanbulda-selin-yasandigi-ilcelerde-buyuk-hasar-olustu/2984711> (Son Erişim: 15.09.2023)

URL 3, <https://sigortamedya.com.tr/yanan-fabrikalarin-sadece-yuzde-40i-sigortali/> (Son Erişim: 21.12.2023)

URL 4, Türkçe bilim terimleri sözlüğü, <http://terim.tuba.gov.tr> (Son Erişim: 01.06.2023).

URL 5, <https://www.ekonomim.com/sehirler/marmara-bolgesi-turk-sanayisinin-kalbi-haberi-707151> (Son Erişim: 07.09.2023)

URL 6, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM), <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/>(Son Erişim: 01.09.2023)

Yeşilyurt, A., Zülfikar, A. C., Tüzün, C. (2021). Seismic vulnerability assessment of precast RC industrial buildings in Turkey. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 141, 106539. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106539>