AFAD

T.C. İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
AFET VE ACİL DURUM
YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI

“MARAP”

MARMARA BÖLGESİ AFET RİSK AZALTMA PLANI PROJESİ

Cilt - I

MARAP_LİTERATÜR ANALİZ RAPORU

[İş Paketi No: 1]

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ 1773

İTÜ ULUSAL COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ İNOVASYON UYGULAMA ve ARAŞTIRMA MERKEZİ

(Ver. 2025-07-19)

YÖNETİCİ ÖZETİ

Bu rapor, Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ile İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) arasında 24/02/2025 tarihinde imzalanan protokol kapsamında yürütülmekte olan **"Marmara Bölgesi Afet Risk Azaltma Planı (MARAP)"** projesinin ilk iş paketi olan İP-1 kapsamında yürütülen literatür taraması ve analiz çalışmalarının teknik ve bilimsel bir çerçevede belgelenmesini amaçlamaktadır. Proje çalışma alanı, coğrafi olarak Türkiye'nin en yoğun nüfuslu, en çok göç alan, en büyük sanayi kümelenmelerine ve en gelişmiş ulaşım ağlarına sahip bölgesi olan Marmara Bölgesi'ndeki 11 ili kapsamaktadır: İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Yalova, Bursa, Balıkesir, Bilecik, Çanakkale, Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli. MARAP, Türkiye'nin afet risk azaltma politikasının bölgesel ölçekte yeniden şekillendirilmesini hedefleyen stratejik bir planlama girişimi olup, Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi başta olmak üzere, ulusal ve uluslararası afet yönetimi paradigmalarıyla uyumlu ve bu paradigmalardan öğreti çıkaran bir perspektif benimsemektedir. Bu kapsamda, literatür raporunun temel amacı; MARAP projesinin ileriki safhalarında uygulanacak analiz, senaryo, planlama ve karar destek modellerine yön verecek bilimsel ve kavramsal altyapıyı oluşturmak; risk azaltma planlamasına esas teşkil edecek politika belgeleri, stratejik planlar, mevzuat yapıları, teknik rehberler ve akademik çalışmaları sistematik biçimde analiz etmek ve anlamlı bir sentez haline getirmektir.

Rapor, ilk olarak afet risk azaltma alanındaki uluslararası stratejik belgeleri ele almaktadır. Bu kapsamda başta Sendai Çerçevesi olmak üzere, Hyogo Eylem Planı, Paris Anlaşması, IPCC Raporları ve AB SEVESO III Direktifi gibi temel belgelerin analizleri yapılmış, bunların MARAP ile olası entegrasyon yolları değerlendirilmiştir. Bu belgelerde ortaya konan hedefler, ilkeler ve stratejik öncelikler, MARAP'ın yapısına ölçülebilir girdi sağlayacak şekilde yorumlanmıştır. Devamında, Türkiye'deki afet risk azaltma sistematiği kapsamında TAMP (Türkiye Afet Müdahale Planı), TARAP (Türkiye Afet Risk Azaltma Planı), İRAP'lar (İl Risk Azaltma Planları), Ulusal Mekânsal Strateji Planı ve çeşitli sektörel strateji belgeleri incelenmiş; MARAP'ın bu yapılarla hem yatay hem dikey bütünleşme kapasitesi irdelenmiştir. Özellikle MARAP'ın mekânsal karar destek sistemi olarak bölgesel düzeyde çok aktörlü ve veri temelli bir yapıyı önermesi, mevcut ulusal planlar arasında onu ayrışan ve tamamlayıcı kılan bir konuma yerleştirmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Türkiye'de afet risklerinin azaltılmasına yönelik planlama süreçlerinde ulusal düzeydeki genel stratejiler (ör. TARAP) ile yerel düzeyde geliştirilen İRAP gibi planlar arasında bir ara ölçek ihtiyacının olduğu açıkça gözlemlenmiştir. Bu ihtiyaç, mekânsal olarak bütüncül ve sektörel olarak entegre çözümler üretebilecek bir planlama düzeyinin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu doğrultuda, MARAP projesinin çıktıları doğrultusunda, yeni bir yaklaşımla "**Bölgesel Afet Risk Azaltma Planı (BARAP)**" kavramı adı altında, iller üstü ancak ülke geneli altı ölçekte, afet risk azaltma hedeflerinin bölgesel ölçekli mekânsal karar destek

sistemleri ile yönlendirilmesi ve kurumsal sorumlulukların bölgesel düzeyde tanımlanabilmesi amacıyla yeni bir planlama bakışı geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu gereksinim, MARAP'ın mekânsal temelli ve çok aktörlü yapısının ulusal planlarla ilişkilendirilmesinde stratejik bir köprü işlevi görecektir.

Raporun odaklandığı bir diğer temel alan, teknolojik kaynaklı afet riskleridir. Bu kapsamda BEKRA (Büyük Endüstriyel Risklerinin Azaltılması) mevzuatı, SEVESO Direktifi, EPA (Environmental Protection Agency), JRC (Joint Research Centre) ve ECHA (European Chemicals Agency) gibi kurumların teknik yaklaşımları irdelenmiş ve bu yaklaşımların MARAP çerçevesinde nasıl uyarlanabileceği ele alınmıştır. Coğrafi Blgi Sistem (CBS) tabanlı risk modellemeleri, senaryo analizleri, çok ölçütlü karar destek sistemleri ve yapay zeka destekli erken uyarı teknolojileri gibi modern yöntemlerin risk analizinde nasıl kullanılabileceğine yönelik teknik incelemeler bu kapsamda sunulmuştur.

Ayrıca kritik altyapı sistemleri, raporun merkezinde yer alan bir başka konu başlığıdır. Enerji, ulaşım, haberleşme, su ve sanitasyon, sağlık ve tarım gibi alanlarda hizmet sunan kritik altyapıların afet risklerine karşı kırılganlığı, bu altyapıların birbirleriyle olan bağlantılılığı ve bir afet durumunda meydana gelebilecek domino etkiler ayrıntılı bir şekilde analiz edilmiştir. Kritik altyapıların mekânsal envanterinin çıkarılması, CBS destekli analizlerle önceliklendirilmesi ve karar vericilere yönelik risk haritalarının üretimi gibi uygulamaların, MARAP'ın uygulanabilirliğini artıracağı sonucuna varılmıştır.

Raporda ayrıca afet türlerine göre önerilen coğrafi veri yapıları, mekânsal planlama ölçekleri ve analiz seviyeleri (LoD - Level of Detail) ele alınmış; bu bağlamda MARAP için kullanılması önerilen mekânsal veri çözünürlükleri tanımlanmıştır. Raporun bir bölümünde CBS, uzaktan algılama, IoT, sensör ağları ve veri madenciliği tekniklerinin kullanımına ilişkin öneriler detaylandırılmış, MARAP'ın dijital bir karar destek sistemi olarak konumlandırılmasına katkı sağlayacak teknolojik bileşenler ortaya konmuştur.

Sonuç olarak bu rapor, MARAP projesi kapsamında yürütülen ilk iş paketine ilişkin olarak planlanan tüm çıktıları bütünsel ve akademik bir yaklaşımla ortaya koymayı amaçlamıştır. Projenin Teknik Şartnamesine uygun olarak, risk azaltma planlamasına temel oluşturacak bilimsel altlığı sağlam temellere oturtmuş hem mevzuat hem uygulama hem de uluslararası iyi örneklerle desteklenen bir çerçeve oluşturmuştur. MARAP'ın ilerleyen safhalarında senaryo modelleme, paydaş katılımı, eylem planlarının geliştirilmesi ve uygulamaya geçiş aşamasında bu raporda ortaya konan analizlerin, karar vericilere yol gösterici olacağı öngörülmektedir. Raporun son bölümünde, mevcut bulgular ışığında MARAP için geliştirilmesi gereken kavramsal modeller, coğrafi veri tabanları ve mekânsal analiz sistemlerine yönelik somut öneriler sıralanmıştır.

Haziran, 2025

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (**AFAD**) ile İstanbul Teknik Üniversitesi (**İTÜ**) arasında imzalanan iş birliği protokolü çerçevesinde yürütülmekte olan **"Marmara Bölgesi Afet Risk Azaltma Planı (MARAP)"** kapsamında hazırlanmıştır. MARAP Projesi, Marmara Bölgesi özelinde afet risklerini azaltmaya yönelik olarak, uluslararası düzeyde kabul görmüş Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi ile uyumlu, mekânsal, çok aktörlü ve stratejik temellere dayanan bölgesel bir risk azaltma modelinin geliştirilmesini amaçlamaktadır.

Bu kapsamda yürütülen **İP-1 başlıklı "Literatür Taraması ve Kavramsal Çerçeve Oluşturma"** iş paketi, Marmara Bölgesi Risk Azaltma Planlarının Hazırlanması (MARAP)" projesinin temel dayanaklarını oluşturan normatif, teknik, yönetsel ve bilimsel unsurların sistematik biçimde analiz edilmesini hedeflemektedir. Bu rapor, projenin teknik şartnamesinde öngörülen 1 nolu iş paket (İP-1) çıktılarının ilk bölümünü temsil etmekte olup, ulusal ve uluslararası düzeyde afet risk azaltma politikaları, strateji belgeleri, yönetmelikler, teknik rehberler ve akademik literatür temel alınarak kapsamlı bir ön-değerlendirme içermektedir.

Bu rapor, MARAP'ın gelecekteki senaryo geliştirme, tehlike/risk haritalama, eylem planlaması ve karar-destek sistemlerinin oluşturulması aşamalarında referans alınacak bilimsel bir temel sunmak üzere hazırlanmıştır. Literatürde yer alan iyi uygulama örnekleri ve ulusal mevzuat analizleri ışığında, MARAP'ın mekânsal karar verme altyapısının şekillendirilmesine katkı sağlayacak kavramsal yapıların tanımlanması ve önerilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, teknolojik tehlike riskleri, kritik altyapıların kırılganlığı, coğrafi veri tabanı yapıları ve çok ölçütlü analiz sistemleri gibi teknik alanlarda geliştirilen çözümleyici değerlendirmelerle, projenin ileri gelişme fazlarına ve iş paketlerine yön verecek temel girdiler ortaya konulmuştur.

Bu raporun hazırlanma sürecinde katkı sağlayan MARAP proje ekibine, veri ve bilgi desteği sunan başta AFAD olmak üzere tüm kurum ve kuruluşlara, literatür tarama ve analiz faaliyetlerinde emeği geçen tüm araştırmacılara teşekkür eder; bu çalışmanın Marmara Bölgesi başta olmak üzere ülkemizin afet risk yönetimi kapasitesine nitelikli katkılar sunmasını temenni ederiz.

İstanbul Teknik Üniversitesi, MARAP Proje Ekibi Adına

Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU, Proje Yöneticisi

24 Haziran 2025

Bu çalışmada görev alan İTÜ Proje Ekibi:

1) Prof. Dr. Tahsin Yomralıoğlu, *Proje Yöneticisi*
2) Prof. Dr. Himmet Karaman, *Proje Yrd. ve Genel Koordinatör*
3) Prof. Dr. Fatih Terzi, *İTÜ Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü*
4) Doç. Dr. Beyza Taşkın, *İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü*
5) Dr.Öğr. Üyesi Muhammed Oğuzhan Mete, *İdari İşler Proje Koordinatörü*
6) Dr.Öğr. Üyesi Doğuş Güler, *Teknik İşler Proje Koordinatörü*
7) Dr.Öğr. Üyesi Deniz Demirhan, *İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü*
8) Dr.Öğr. Üyesi Erkan Bozkurtoğlu, *İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü*
9) Dr.Öğr. Üyesi Hikmet İskender, *İTÜ Afet Yönetimi Enstitüsü*
10) Arş. Gör. Muhammed Yahya Bıyık, *İTÜ Harita Müh. Böl., CBS Uzmanı*
11) Arş. Gör. Begüm İskender, *İTÜ Afet Yönetimi Enstitüsü*
12) Arş. Gör. Sevda Üçkardeşler, *İTÜ Harita Müh. Böl., CBS/ Uzaktan Algılama*
13) İnş. Müh. Betül Demirer, *İTÜ Deprem Müh. Böl.*
14) Har. Müh. Berin Yomralıoğlu, *CBS Uzmanı*
15) Har. Müh. Talha Ruscuk, *CBS/ Yazılım Geliştirme Uzmanı*
16) Har. Müh. İsmail Sefa Esgün, *CBS Uzmanı*
17) Afet Yön. Uzm. Erkan Akdeniz, *İTÜ AFAD Koordinatörü*

İTÜ ULUSAL COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ İNOVASYON UYGULAMA ve ARAŞTIRMA MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

YÖNETİCİ ÖZETİ 2
ÖNSÖZ 4
Şekil Listesi 15
Tablo Listesi 16
Kısaltmalar listesi 18
1 MARAP PROJESİ HAKKINDA 19
1.1 Projenin Temel Hedefleri 22
1.2 Proje Metodolojisi 23
1.3 Proje Çıktıları ve Beklenen Katkıları 25
1.4 İP-1 Kapsamında Yapılan İşler/Görevler 27
1.4.1 1 Nolu İş Paketinin Amacı 27
1.4.2 Ulusal/Uluslararası Afet Risk Yönetimi Stratejilerinin İncelenmesi 28
1.4.3 ŞESİM: Şehir Sağlığı İzleme Merkezi İçin Literatür Analizi 30
1.5 Afet Risk Azaltma Amaçlı Modelleme ve CBS Çalışmalarının Ön Değerlendirmesi 31
1.6 İP-2 Kapsamında Risk Haritalarının Üretilmesine Yönelik Model ve Metodoloji İçin Ön Hazırlıklar 33
1.7 Kavramsal İrdeleme: “Tehlike”, “Risk” ve “Afet” Terimleri 34
2 GİRİŞ: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 38
2.1 Afet Risk Azaltmada Uluslararası Politika ve Stratejiler 39
2.1.1 SENDAI Afet Risk Azaltma Çerçevesi 42
2.1.1.1 Genel bilgiler 42
2.1.1.2 Temel hedefler ve yenilikler 42
2.1.1.3 "Dört Öncelikli Eylem Alanı" 43
2.1.1.4 Küresel Temel 7 Hedef 46
2.1.1.5 Sendai Çerçevesinin Türkiye açısından ve genel sonuç değerlendirmesi 49
2.1.1.6 Sendai Çerçevesine benzer nitelikte diğer çalışmalar 50
2.1.1.7 Genel sonuçlar ve değerlendirme 70
2.1.2 SEVESO Direktifi ve Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi 73
2.1.2.1 Genel bilgiler 73
2.1.2.2 SEVESO Direktifleri 73

2.1.2.3 Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi hakkında diğer uluslararası mevzuatlar 75
2.1.2.4 Genel sonuçlar ve değerlendirme 76
2.1.3 EPA – ABD Çevre Koruma Ajansı Standartları ve Endüstriyel Güvenlik 77
2.1.3.1 EPA standartları ve endüstriyel güvenliğin ilişkisi 77
2.1.3.2 EPA standartlarının endüstriyel güvenlik üzerindeki etkileri 80
2.1.4 ECHA – Avrupa Kimyasallar Ajansı ve Kimyasal Risk Yönetimi 80
2.1.5 MINERVA – Avrupa Komisyonu Büyük Kaza Tehlikeleri Bürosu ve Kritik Altyapı Yönetimi (KAY) 81
2.1.5.1 Genel bilgiler 81
2.1.5.2 CAPRI platformu- kimyasal afet bilgi ekosistemi 82
2.1.5.3 MINERVA portalı tarafından yayımlanan raporlar 83
2.1.5.4 Genel sonuçlar ve değerlendirme 91
2.1.6 ARAMIS – Risk Analiz Metodolojisi ve Uygulama Modelleri 93
2.1.6.1 ARAMIS metodolojisinin temel bileşenleri 93
2.1.6.2 CBS destekli risk haritalama ve MARAP entegrasyonu 94
2.1.6.3 Uygulama modelleri ve entegrasyon senaryoları 95
2.1.6.4 Genel sonuçlar ve değerlendirme 96
2.1.7 Uluslararası Kaza Veri Tabanları 97
2.1.7.1 eMARS (electronic Major Accident Reporting System) 97
2.1.7.2 ARIA veri tabanı 98
2.1.7.3 eSPIRS (SEVESO Plants Information Retrieval System) 99
2.1.7.4 ZEMA (Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen) 100
2.1.7.5 CSB (Chemical Safety Board) 100
2.1.7.6 Failure Knowledge Database (Japonya) 101
2.1.7.7 BEKRA Bildirim Sistemi (Türkiye) 101
2.1.7.8 IOGP (International Association of Oil & Gas Producers) Risk Assessment Data Directory 101
2.1.7.9 Bevi Referans Manueli (Hollanda) 102
2.1.7.10 Uluslararası Kaza Veri Tabanları Kullanılan Yapay Zeka Tabanlı Çalışmalar 103
2.1.8 CBS Destekli Endüstriyel ve Teknolojik Tehlike Analizleri İçin Güncel Yazılım-Vaka Yaklaşımları 104
2.1.8.1 ALOHA yazılımı 104
2.1.8.2 ARIPAR-GIS yazılımı 106

2.1.8.3 PHAST yazılımı 108
2.1.8.4 RAPID-N yazılımı 109
2.1.8.5 Effects-Riskcurves yazılımları 109
2.1.8.6 Diğer çalışmalar 110
2.1.8.7 Genel değerlendirmeler 112
2.2 Afet Risk Azaltmada Uluslararası Uygulamalar 113
2.2.1 Deprem 114
2.2.2 Sel ve Taşkın 116
2.2.3 Heyelan ve Kaya Düşmeleri 120
2.2.4 Kuraklık ve İklim Kaynaklı Riskler 122
2.2.5 Yangınlar ve Teknolojik Kazalar 124
2.2.6 Kentsel Afetler ve Sistemik Riskler 127
2.2.7 Tsunami ve Kıyı Tehlikeleri 129
2.2.8 Genel Sonuçlar ve Değerlendirme 131
2.2.9 Türkiye Açısından Genel Bir Değerlendirme 132
2.3 Afet Risk Azaltmada Uluslararası Kurumsal Yapılar ve Metodolojik Yaklaşımlar 134
2.3.1 ABD Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA) 136
2.3.2 Avrupa Birliği INSPIRE Direktifi 144
2.3.3 Japonya: Bütünleşik Afet Yönetimi ve Bōsai Kültürü 148
2.3.4 Altyapı Odaklı Küresel Bir Yaklaşım: Hindistan ve Afetlere Dayanıklı Altyapı Koalisyonu (CDRI) 150
2.3.5 Hindistan: Çok Katmanlı Afet Risk Yönetimi ve Kurumsal Yapılanma 155
2.3.6 Hollanda: Su Yönetimi Tabanlı Afet Risk Azaltımı ve Entegre Yönetişim Modeli 157
2.3.7 Almanya Modeli: Federal Yapı İçinde Afet Risk Yönetimi ve İklim Uyumlu Politika Gelişimi 161
2.3.8 İngiltere Modeli: Merkeziyetçi Strateji, Yerel Uygulama ve Dayanıklı Toplum Vizyonu 165
2.3.9 Türkiye ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD): Entegre Afet Yönetimi Yaklaşımı 171
2.4 Türkiye İçin Uluslararası Örnekler Üzerinden Çıkarımlar 176
2.4.1 Japonya: Erken uyarı sistemlerine dayalı ve toplum temelli hazırlık stratejileri 177

2.4.2 ABD – FEMA: CBS Tabanlı Planlama ve Çok Senaryolu Müdahale Yaklaşımı 180
2.4.3 Almanya: Federal Sistem ve Senkronize Afet Dirençlilik Planları. 183
2.4.4 Hollanda: Taşkınlar ve Kıyı Erozyonu Odaklı Yaklaşım 184
2.4.5 Hindistan: Altyapı Odaklı Dirençlilik ve Kurumsal İş birliği Modeli 185
2.4.6 Birleşik Krallık: Yerel Yönetişim, Toplumsal Dayanıklılık ve Standart Tabanlı Planlama 186
2.4.7 CBS, Teknoloji ve Yönetimsel Boyutlar Üzerinden Karşılaştırmalı Analiz 189
2.4.7.1 CBS/GIS ve mekânsal planlama 189
2.4.7.2 Teknolojik altyapı ve erken uyarı sistemleri 190
2.4.7.3 Yönetimsel çerçeve ve katılımcı planlama 190
2.4.7.4 Ülkelerin karşılaştırmalı değerlendirilmesi 191
2.5 Risk Azaltma Konusunda Ulusal Politika ve Stratejiler 194
2.5.1 On ikinci Kalkınma Planı 194
2.5.2 İDEP : İklim Değişikliği Eylem Planı 194
2.5.3 KENTGES: Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı195
2.5.4 Afet Risk Azaltma Platformu 196
2.5.5 TAMP: Türkiye Afet Müdahale Planı 197
2.5.6 TARAP: Türkiye Afet ve Risk Azaltma Planı 198
2.5.7 AFAD 2024-2028 Stratejik Planı 200
2.5.8 UDSEP: Ulusal Deprem Strateji ve Eylem Planı 200
2.5.9 URAP: Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı 201
2.5.10 İRAP: İl Risk Azaltma Planları 201
2.5.11 Kıyı Tesisi, Bölgesel ve Ulusal Acil Müdahale Planları 203
2.5.12 Marmara Denizi Bütünleşik Stratejik Planı 204
2.6 Risk Azaltma Konusunda Ulusal Temel Mevzuat Altyapısı 205
2.6.1 Temel Kanunlar 205
2.6.2 Kararnameler 207
2.6.3 Temel yönetmelikler ve diğerler mevzuatlar 208
2.6.4 Diğer mevzuat hükümleri: Genelge tebliğ ve benzeri hükümler ... 211
2.7 Bölgesel Bazlı Yeni Nesil Risk Azaltma Planlama Modeli 212
2.7.1 Türkiye İçin Bölgesel Risk Azaltma Planı Önerisi: BARAP 213
2.7.1.1 Kavramsal Çerçeve ve Ölçek 213

2.7.1.2 Kapsam ve Mekânsal Çözünürlük 214
2.7.1.3 Risk Analiz Düzeyi 215
2.7.1.4 Kullanım Amacı 215
2.7.1.5 İzleme ve Değerlendirme 216
2.7.2 Modelin Temel Bileşenleri 217
2.7.3 Uygulama Stratejileri 218
2.7.3.1 Çoklu Risk Tabanlı Ulusal Risk Yönetimi Reformu 218
2.7.3.2 Risk Tabanlı Mekânsal Planlama Reformu 218
2.7.3.3 Yerel Risk Azaltım Programları 219
2.7.3.4 Kritik Altyapı Direncinin Artırılması 221
2.7.3.5 Bilim ve Veri Tabanlı Yönetim 222
2.7.4 Türkiye İçin Bölgesel Bazlı Teknolojik Risk Azaltma Model Önerisi: BARAP 1.0 224
2.7.4.1 CBS/GIS destekli dinamik risk haritalaması 225
2.7.4.2 Entegre teknolojik altyapı ve erken uyarı sistemleri 225
2.7.4.3 Yönetimsel ve kurumsal reformlar 226
2.7.4.4 Toplum-tabanlı dayanıklılık ve eğitim stratejileri 227
2.7.4.5 Açık veri politikası ve katılımcı planlama 227
2.7.5 BARAP İçin Yol Haritası 228
2.7.5.1 Politika ve mevzuat uyumlaştırması 229
2.7.5.2 Kurumsal kapasite ve koordinasyon mekanizmaları 229
2.7.5.3 Teknolojik yatırımlar ve veri ekosistemi oluşturulması 229
2.7.5.4 Sürdürülebilirlik, izleme ve finansman stratejisi 230
2.7.5.5 Afet kültürü, eğitim ve toplumsal katılımın güçlendirilmesi 230
2.8 MARAP Projesinin Gerekliliğine Dair Mevzuat Temelli Gerekçelendirme 231
2.8.1 MARAP'ın Uluslararası Stratejik Planlar ve Politika Belgeleri ile Uyumu 232
2.8.2 Politika Belgeleri ile Uyumu 233
2.8.2.1 Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP) 233
2.8.2.2 Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) 234
2.8.2.3 Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP) 235
2.8.2.4 İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP) 235
2.8.3 MARAP'ın Ulusal Yasal ve Mevzuat Dayanakları 237
2.8.4 Şeffaflık ve Kamuoyunun Bilgilendirilmesi 241
2.8.5 Genel Sonuç ve Değerlendirme 242

3 TEKNOLOJİK AFET KAYNAKLARI ve KRİTİK ALTYAPILAR 244
3.1 Genel Bakış 244
3.1.1 Kritik Altyapı Kavramı 245
3.1.2 Kritik Altyapıların Afet Yönetimindeki Rolü 245
3.2 Kritik Altyapılarda Uluslararası Yaklaşımlar 246
3.2.1 AB'nin Kritik Altyapı Dayanıklılığı Yaklaşımı 246
3.2.2 Amerika Birleşik Devletleri'nin Kritik Altyapı Dayanıklılığı Yaklaşımı 249
3.2.3 ABD Kritik Altyapı Sektörleri ve Fonksiyonları 251
3.2.4 Japonya'nın Kritik Altyapı Dayanıklılığı Yaklaşımı 251
3.2.5 Kritik Altyapı Dayanıklılığı için OECD Risk Yönetim Politikalarının Teknik Değerlendirilmesi 255
3.3 AFAD-KAY: Kritik Altyapı Analiz Sistemi 257
3.4 Kritik Altyapıların Korunması İçin Stratejik Yol Haritası 262
3.4.1 Risk ve tehdit analizi 262
3.4.2 Risklerin önceliklendirilmesi 263
3.4.3 Koruma stratejilerinin geliştirilmesi 263
3.4.4 Ulusal ve uluslararası iş birliği 263
3.4.5 Bilimsel araştırma ve teknolojik çözümler 263
3.4.6 Çok paydaşlı yönetişim ve katılımcı yaklaşımlar 263
3.5 Teknolojik Afet Tehlike ve Risk Azaltma Haritalarının Üretilmesinde İlişkin Akademik Çalışmalar 264
3.6 Avrupa'da Endüstriyel Tesisler İçin Temel Risk Değerlendirme Yaklaşımları 268
3.6.1 Sabit Mesafe Yaklaşımı 268
3.6.2 Sonuç Odaklı (Deterministik) Yaklaşım 269
3.6.3 Risk Odaklı (Probabilistik) Yaklaşım 269
3.6.4 Maruziyet Kılavuzları ve Yasal Standartlar 269
3.7 Büyük Endüstriyel Kazalar Riskinin Azaltılması Hakkında Uygulama Rehberleri ve Raporlar 271
3.7.1 Türkiye 271
3.7.2 Birleşik Krallık 272
3.7.3 Endüstriyel ve Kimyasal Kazaların Önlenmesi, Hazırlığı ve Müdahalesi İçin Uluslararası Çabalar İçin BM Raporu 274

3.7.4 Avrupa Birliği Acceptance Criteria in Denmark and EU (Raporu.. 275
3.7.5 Birleşik Krallığın IFRLUP Product P5 Raporu 277
3.7.6 Türkiye açısından ulusal ve uluslararası düzeydeki katkıların değerlendirilmesi 278
3.8 Genel Sonuç ve Değerlendirmeler..... 280
4 ULUSLARARASI AFET RİSK HARİTALAMA MODELLERİNİN İRDELENMESİ VE ÖLÇEKLENDİRME..... 283
4.1 Giriş 283
4.2 Uluslararası Haritalama Modellerine Genel Bakış..... 284
4.2.1 FEMA Risk MAP Modeli 284
4.2.2 Japonya: MLIT Afet Önleme Haritalama Sistemi..... 289
4.2.3 Avrupa Birliği: Copernicus Risk & Recovery Mapping (RRM) 291
4.2.4 Yeni Zelanda: RiskScape Platformu 293
4.2.5 İtalya: ReRisk (Regional Risk Assessment Model) 295
4.2.6 Hindistan: National Disaster Management Authority (NDMA) Risk Atlas 297
4.2.7 Afet Risk Haritalama Modellerinin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi 298
4.3 Afet Risk Haritalama Modellerine İlişkin Teknik Analiz 302
4.3.1 MARAP Projeleri İçin Ölçeklendirme ve Modelleme..... 302
4.3.2 Açık Veri Tabanları ve Teknolojik Entegrasyon..... 302
4.3.3 Teknik Kapasite Geliştirme ve Eğitim 302
4.3.4 Uydu Verisi ve LiDAR Teknolojisi Kullanımı..... 303
4.3.5 MARAP'ın Çok Amaçlı Bir Platform Olarak Tasarımı..... 303
4.4 Afet Risk Haritalarında Mekânsal Ölçek Tercihi: Bilimsel ve Stratejik Değerlendirme..... 304
4.5 Mekânsal Strateji Planlarında Bölgesel Konum ve Ölçek Hiyerarşisi..... 305
4.5.1 MSÇB Belgesinde Kullanılan Harita Ölçekleri ve Plan Kademeleri 307
4.5.2 FEMA Risk MAP Modeli ile Ölçeksel Yaklaşım Karşılaştırması ... 308
4.5.3 MSÇB ile Uyumlu Teknik Yaklaşım: İBBS Düzey II Temelli Alanlar 309
4.5.4 Afet Risk Planlaması Açısından Mekânsal Ölçek Hiyerarşisi 310

4.6 CBS ile Dinamikleşen Ölçek Kavramı ve Harita Sunumlarında Seviye Düzeyleri 312
4.6.1 Statik Ölçekten Dinamik Ölçeğe Geçiş 312
4.6.2 Dinamik Ölçeğin Avantajları 314
4.6.3 CBS Harita Sunum Standartları ve Hiyerarşik Ölçeklendirme 315
4.6.4 CBS'de Seviye Sınıflandırması ve Ölçek Bağlantılı Teknik Yapı .. 316
4.6.5 LoD Kavramının Teknik Yapısı 317
4.6.6 Hiyerarşik Geometrik Görünüm Düzeni "Seviyeler/Düzeyler" 317
4.6.7 Uluslararası Uygulamalar 319
4.7 TUCBS'de Ölçek-Çözünürlük ve Genelleştirme Yaklaşımı 321
4.7.1 TUCBS'de Ölçek-Çözünürlük 322
4.7.2 TUCBS'de Genelleştirme Yaklaşımı 323
4.8 Hiyerarşik Ölçeklendirmede Teknik Gereksinimler 326
4.8.1 Veri Kaynakları ve Doğruluğu 326
4.8.2 Koordinat Sistemleri ve Projeksiyonlar 327
4.8.3 Veri Modelleri ve Veri Tabanları 328
4.8.4 Görselleştirme ve Semboloji 329
4.8.5 Web Haritacılığı ve Standartları 329
4.8.6 3B Haritacılık ve Sanal Gerçeklik 330
4.8.7 Zaman Serisi Verileri ve Animasyon 330
4.9 MARAP İçin Ölçeklendirme ve Harita Sunumu Stratejileri 331
4.9.1 Ölçek ve Seviye (LoD) Tabanlı Yaklaşımların Entegrasyonu 333
4.9.1.1 LoD Tabanlı Afet Yönetimi Modeli 333
4.9.1.2 Ölçeklendirme Yaklaşımı ve Tematik Uyum 333
4.9.1.3 Entegratif Değerlendirme 334
4.9.2 Harita Sunum Stratejileri 335
4.9.2.1 Klasik Harita Sunumu 335
4.9.2.2 Dijital Harita Sunumu 336
4.9.3 LoD Tabanlı Afet Yönetimi Yaklaşımının MARAP İçin Gerekçelendirilmesi 339
4.10 Afet Risk Haritalarında Ölçek Tercihi Üzerine Genel Değerlendirme 342
4.10.1 Analitik Çözünürlük – Riskin Mekânsal Doğruluğu 342
4.10.2 Yönetsel Kapsayıcılık – Karar Destek Entegrasyonu 344

4.10.3 Yapısal ve Operasyonel Uyum – Planlama ve Müdahale Arayüzü345
5 SONUÇ VE ÖNERİLER 349
6 KAYNAKLAR 359
7 EKLER 378
7.1 EK-1: MARAP İlişkili Mevzuat Listesi 378

Şekil Listesi

Şekil 1-1 MARAP projesi çalışma alanı 20
Şekil 1-2 MARAP projesi yöntem yaklaşımı 24
Şekil 1-3 MARAP projesi proje çıktıları ve beklenen katkılar 25
Şekil 1-4 MARAP PROJE DÖNGÜSÜ: Projenin Genel İşleyiş Yapısı ve İş Paketleri Süreci 26
Şekil 1-5 MARAP için CBS destekli afet yönetim modeli 31
Şekil 2-1 Afet risk yönetiminde Sendai Çerçevesinin Stratejik Yaklaşımları 43
Şekil 2-2 Sendai Çerçevesinde afet risklerinin azaltılmasına yönelik 7 hedef 48
Şekil 2-3 IPCC ve Sendai Çerçevesi arasındaki bağlantılar 61
Şekil 2-4 GAR ve Sendai Çerçevesi arasındaki bağlantılar 64
Şekil 2-5 NUA ve Sendai Çerçevesi arasındaki bağlantılar 66
Şekil 2-6 Küresel afet risk yönetim inisiyatiflerin genel değerlendirmesi 72
Şekil 2-7 eMARS VT raporların geldiği tesislerin SEVESO seviyeleri (JRC, t.y.a) 98
Şekil 2-8 eMARS veritabanında bulunan raporlardaki tesislerin faaliyet tipleri (JRC, t.y.a) 98
Şekil 2-9 Seveso rapor ilişkili eSPIRS veri modeli 99
Şekil 2-10 Tayland'ın Thungsong Bölgesinde amonyak taşıma tehlikelerinin risk haritası (Kolsaman, 2025). 105
Şekil 2-11 İncelenen tankerden H_2S gazının atmosferik dağılımını simüle eden kentsel (a) ve uydu (b) haritaları (Shafiei-Moghaddam, Jahangiri, & Hassani, 2024). 106
Şekil 2-12 Vaka çalışması 1'de birincil havuz-yangın ve ikincil ateş toplarının etki alanları (Cozzani, 2005) 107
Şekil 2-13 Tasarlanan senaryonun PHAST yazılımında klor (Cl_2) gazının salınım profili (Bahrami vd., 2023). 108
Şekil 2-14 Yakıt depolama terminalinin bireysel risk konturu ve toplumsal riski (Juwari vd., 2024). 110
Şekil 2-15 İstanbul için mahalle bazında yangın risk haritası (Özmen, 2010). 111
Şekil 2-16 İstanbul-Küçükçekmece için üretilen deprem risk haritası (Farroukh, 2019). 112
Şekil 2-17 Türkiye'deki Afet planlama süreçleri ve entegrasyon (TAMP, 2014)... 198
Şekil 3-1 Kritik alt yapı kaynakları 244

Şekil 3-2 Deprem İçin Tipik Tehlike Eğrileri 261

Şekil 3-3 Taşkın İçin Tipik Tehlike Eğrileri (IM=Debi)..... 261

Şekil 3-4 (a) Deprem ve (b) Yağış Tarafından Tetiklenen Tipik Tetiklenmiş Heyelan Tehlike Eğrileri 261

Şekil 3-5 Tarihsel MAF (a) ve Hız PDF (b) Kullanılarak Hesaplanan Tetiklenmiş Çığ Tehlikesi Eğrisi..... 262

Şekil 3-6 (a) Sosyal ve fiziksel yönlere dayalı kimyasal risk sıcak noktası (hotspot) haritası ve (b) alıcı, kolaylaştırıcı ve kirlilik kaynağı dahil olmak üzere yüksek risk alanı (Yu vd., 2020). 264

Şekil 3-7 Almanya'da ilçe bazında sosyal kırılganlık ile nükleer tesislerinin, kimya parkları ve Seveso tesislerinin konumu (Fekete ve Neuer, 2023). 266

Şekil 3-8 Romanya'daki bir tesisin BLEVE senaryosuna göre risk zonlarının arazi kullanım sınıflarıyla keşişimi (Török vd., 2020) 267

Şekil 3-9 Ör. Bir kimyasal madde ve gazın çevreye yayılımı ve etki alanı (ERPG'ye göre) 270

Şekil 4-1 FEMA risk haritalama modeli ve üretim safhaları 285

Şekil 4-2 Pennsylvania'daki Lycoming Creek çevresinde sel riski bölgelerini ve son FIRM güncellemeleriyle yapılan değişiklikleri renk kodlarıyla gösteren bir sel tehlike haritası örneği (FEMA). 288

Şekil 4-3 Japonya tehlike haritası: Sel-su taşkın örneği..... 290

Şekil 4-4 Japonya tehlike haritası: Heyelan örneği 291

Şekil 4-5 Afet risk azaltmada plan hiyerarşisi ve ölçek-seviye sınıflandırmasına göre Ulusal Afet Risk Azaltma Planı 316

Şekil 4-6 Google haritalarda farklı seviyelerde detay gösterimleri (From zoom out to in) 320

Şekil 4-7 TUCBS'de coğrafi veri kullanım düzeyleri (Aydınoğlu, 2009)..... 324

Şekil 4-8 Genelleştirmede bütünleşik yaklaşım (Aydınoğlu, 2009) 324

Şekil 4-9 TUCBS Genelleştirme Modeli 325

Tablo Listesi

Tablo 1-1 MARAP proje bölgesindeki illerin nüfus dağılımları (TÜİK, 2024). 21

Tablo 2-1 SEVESO Denetim Serisi Belgelerinin MARAP Kapsamındaki Teknik ve Metodolojik Katkıları 89

Tablo 2-2 Uluslararası Politika Çerçevelerinden MARAP Mekânsal Risk Modeline Yansıyan Temel Bileşenler 114

Tablo 2-3 Uluslararası Afet Risk Azaltma Stratejileri ve Uygulama Sonuçları 133

Tablo 2-4 Türkiye Açısından Değerlendirme: Uluslararası Örneklerin Başarıları, Zorlukları ve MARAP'a Uyarlanabilirliği..... 135

Tablo 2-5 FEMA'nın hibe programları (FEMA (2025b); Flood Coalition (2025))..182

Tablo 2-6 BARAP İçin Tematik Karşılaştırma Tablosu 193

Tablo 3-1 ABD Kritik Altyapı Sektörleri ve Lider Federal Kurumları (SRMA'lar) ..252

Tablo 3-2 Japonya Kritik Altyapı Sektörleri ve Sorumlu Bakanlıkları 254

Tablo 3-3 Türkiye'de Kritik Altyapıların Listesi (AFAD, TÜBİTAK-BİLGEM 2016) 257

Tablo 4-1 AB NDMA Copernicus RRM sisteminin temel özellikleri..... 293

Tablo 4-2 Yeni Zelanda RisckSpace sistemi özellikleri..... 295

Tablo 4-3 İtalya ReRisk Model Özellikleri 296

Tablo 4-4 Hindistan NDMA Risk Atlas Özellikleri..... 298

Tablo 4-5 Ülke afet risk haritalama sistemlerinin karşılaştırmalı değerlendirme tablosu..... 299

Tablo 4-6 Uluslararası Afet Risk Haritalama Modelleri Tablosu..... 301

Tablo 4-7 Tile Tabanlı CBS Sistemlerinde LoD (Level of Detail) Seviyeleri, Çözünürlük ve Yaklaşık Ölçek İlişkisi 317

Tablo 4-8 LoD tabanlı afet yönetim modelleri..... 333

Tablo 4-9 Planlama düzeyine göre ölçek ve tematik kapsam..... 334

Tablo 4-10 MARAP İçin TUCBS-Uyumlu LoD Tabanlı Afet Yönetimi Modeli..... 340

Tablo 4-11 MARAP Kapsamında Ölçeklendirme, Tematik Veri Kullanımı ve TUCBS Düzeyleri ile Uyum İlişkisi..... 341

Tablo 4-12 Afet risk azaltma planlama düzeyleri için öngörülen statik-harita ölçekleri 346

Tablo 4-13 Afet türleri, planlama ölçeği ve LoD ilişkileri bütünleşik matrisi..... 347

Kısaltmalar listesi

Kısaltma	Açılım
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AI	Artificial Intelligence (YZ/Yapay Zeka)
AYDES	Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi
BEKRA	Büyük Endüstriyel Kazalar Risk Azaltma
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
DRR	Disaster Risk Reduction (Afet Risklerinin Azaltılması)
DSM	Digital Surface Model (Sayısal Yüzey Modeli)
ECHA	European Chemicals Agency (Avrupa Kimyasallar Ajansı)
EIA	Environmental Impact Assessment (Çevresel Etki Değerlendirmesi)
EPA	Environmental Protection Agency (ABD Çevre Koruma Ajansı)
GIS	Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi)
GMK	Genel Müdürlük Karargâhı
GZFT	Güçlü-Zayıf-Fırsat-Tehdit (analizi)
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe (Avrupa Mekânsal Bilgi Altyapısı)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
JRC	Joint Research Centre (AB Ortak Araştırma Merkezi)
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
MARAP	Marmara Bölgesi Afet Risk Azaltma Planı
ML	Machine Learning (Makine Öğrenmesi)
SDG	Sustainable Development Goals (Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları)
SDI	Spatial Data Infrastructure (Mekânsal Veri Altyapısı)
SEVESO	Avrupa Birliği SEVESO Direktifi (endüstriyel kazalar)
TAMP	Türkiye Afet Müdahale Planı
TARAP	Türkiye Afet Risk Azaltma Planı
TUCBS	Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
UAV	Unmanned Aerial Vehicle (İnsansız Hava Aracı)
UAVSAR	Unmanned Aerial Vehicle Synthetic Aperture Radar
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction (Birleşmiş Milletler Afet Risklerini Azaltma Ofisi)
UYDES	Ulusal Yerel Düzey Entegre Sistem
UYGS	Ulusal Yerel Güvenlik Sistemi
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
İRAP	İl Risk Azaltma Planı
ŞESİM	Şehir Sağlığı İzleme Sistemi

1 MARAP PROJESİ HAKKINDA

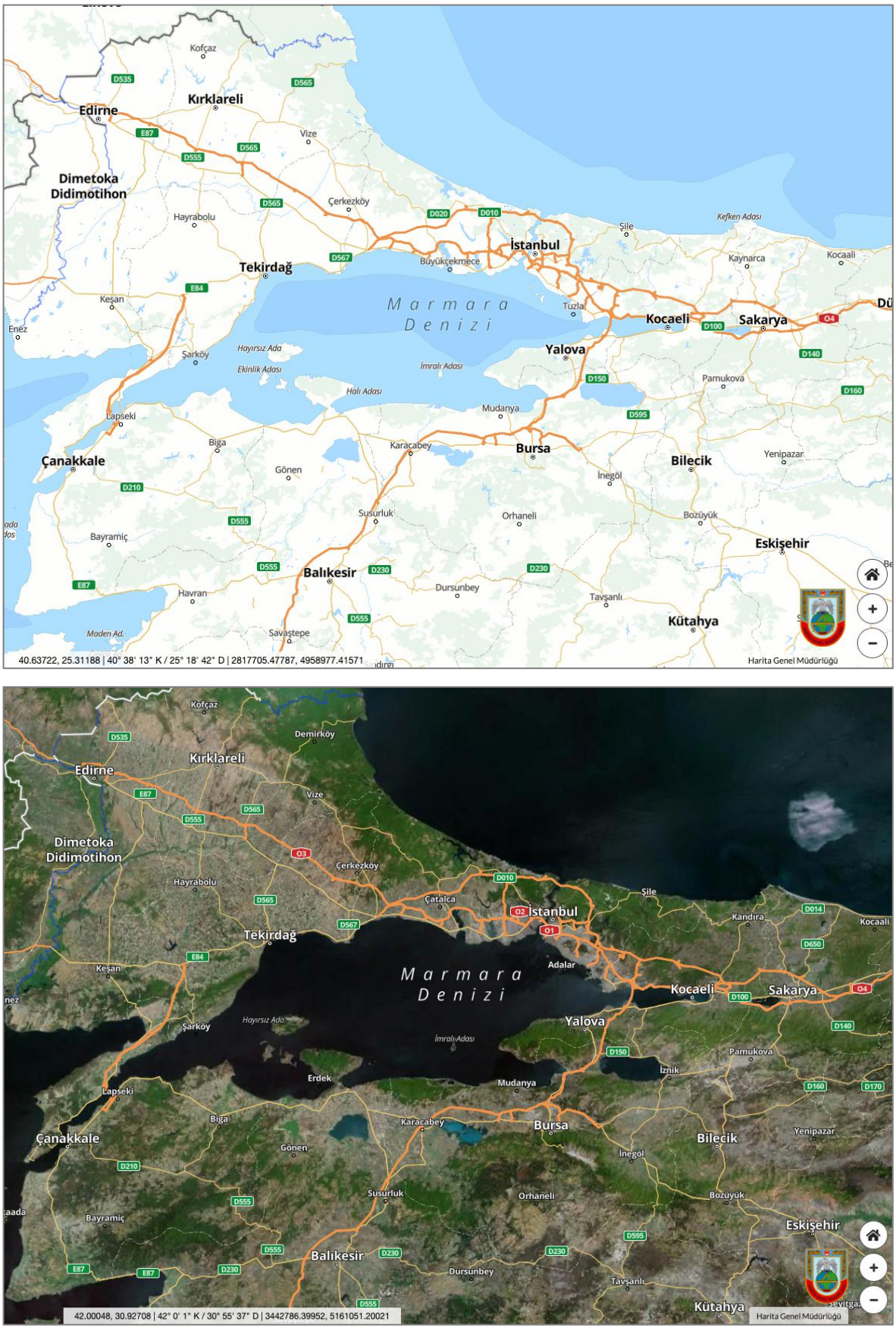
Marmara Bölgesi Afet Risk Azaltma Planı (**MARAP)**, Marmara Bölgesi'nde doğal ve teknolojik afet risklerini sistematik olarak belirleyen, bu risklerin azaltılmasına yönelik entegre çözümler sunan, yapay zeka destekli Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı kapsamlı bir afet risk yönetim modelidir. MARAP Projesi, tehlike/afet risk bileşenlerini mekânsal ve zamansal değişkenler doğrultusunda bilimsel verilerle analiz ederek, bölgesel tehlike profillerini dinamik bir biçimde modellemektedir. Bu kapsamda, Marmara Bölgesi'nde yer alan 11 il kapsamında (İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Yalova, Bursa, Balıkesir, Bilecik, Çanakkale, Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli (Şekil 1-1)) proje ile yalnızca mevcut tehlike/afet risklerini değerlendirmekle kalmayıp, gelecekteki olası afet risk senaryoları öngörerek karar vericilere stratejik bir yol haritası sunarak, afet yönetimi süreçlerinde veri odaklı ve proaktif bir yaklaşımla bölgesel dayanıklılığın artırılması hedeflenmektedir.

MARAP Projesi, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan ve ülke ekonomisinin lokomotif gücünü temsil eden Marmara Bölgesi'ni hedef almaktadır. Proje, coğrafi olarak Türkiye'nin en yoğun nüfuslu, en çok göç alan, en büyük sanayi kümelenmelerine ve en gelişmiş ulaşım ağlarına sahip bölgesi olan Marmara Bölgesi'ndeki 11 ili kapsamaktadır. Bu iller yalnızca sosyoekonomik büyüklükleriyle değil; aynı zamanda jeopolitik konumları, uluslararası ticaret yollarına yakınlıkları ve kritik altyapı yatırımlarına ev sahipliği yapmaları bakımından da afet risk yönetimi açısından özel bir önem taşımaktadır.

İstanbul, Kocaeli ve Bursa gibi büyükşehirlerin sanayi üretimi, dış ticaret ve ulaştırma sektörlerinde sahip olduğu yüksek yoğunluk; Sakarya, Balıkesir ve Tekirdağ gibi illerin tarım, lojistik ve enerji geçiş bölgeleri olarak stratejik roller üstlenmesi; Çanakkale Boğazı gibi deniz taşımacılığı açısından hassas alanların varlığı; ve Yalova, Edirne, Bilecik ve Kırklareli gibi sınır ve geçiş noktası konumundaki illerin bölgesel denge açısından taşıdığı işlevler birlikte düşünüldüğünde, MARAP'ın kapsadığı alan afet risklerinin hem mekânsal hem de sektörel çeşitliliği bakımından oldukça karmaşık ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını gerektirmektedir.

MARAP, söz konusu illerdeki nüfus, yapı stoku, ekonomik faaliyet alanları ve altyapı sistemleri arasındaki ilişkiyi değerlendirerek; bölgeye özgü tehlike kırılganlıkları, sistemik bağımlılıkları ve müdahale kapasitelerini analiz etmeyi hedeflemektedir. Bu analizler doğrultusunda geliştirilecek afet risk azaltma stratejileri, sadece mevcut durumu iyileştirmekle kalmayacak; aynı zamanda sürdürülebilir bir dirençlilik kapasitesi inşasına katkı sunacaktır. Dolayısıyla MARAP, Marmara Bölgesi'nin afet yönetimi alanında geleceğe dönük stratejik ve bilimsel temelli bir yönetişim modeline kavuşması açısından büyük önem arz etmektedir.

Proje alanı, yaklaşık 90.000 km²'lik bir yüzölçümünü kapsamakta olup, bu büyüklük Türkiye'nin toplam yüzölçümünün yaklaşık %11'ine karşılık gelmektedir.



Şekil 1-1 MARAP projesi çalışma alanı

Söz konusu proje alanı, Türkiye'nin kuzeybatısında, kuzeyde Karadeniz, doğuda Sakarya ve Bilecik illeri, güneyde Bursa ve Balıkesir illeri aracılığıyla Ege Bölgesi'ne kara bağlantısı sağlayan; batıda ise Çanakkale Boğazı ve Trakya üzerinden Yunanistan sınırına ulaşan geniş bir coğrafyada yer almaktadır. Bölge; İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Yalova, Bursa, Balıkesir, Bilecik, Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli olmak üzere toplam **11 ili** kapsayan idari sınırlarıyla tanımlanmaktadır. Marmara Denizi, bölgenin merkezinde bir iç deniz konumunda olup, hem kuzey-güney hem de doğu-batı yönlü ulaşım ve ticaret ağlarının düğüm noktasıdır. Bölge, 40° ile 42° kuzey enlemleri ve 26° ile 31° doğu boylamları arasında konumlanmakta, farklı topoğrafik karakteristikleri, yüksek eğimli yamaçlar, geniş alüvyon ovaları, kıyı düzlükleri ve iç plato yapıları ile dikkat çekmektedir. Bu fiziki ve idari çerçeve, MARAP kapsamında yürütülecek afet risk azaltma planlamalarının coğrafi sınırını oluşturmaktadır.

Jeolojik olarak aktif tektonik zonlarda yer alan Marmara Bölgesi, özellikle Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde bulunması nedeniyle yüksek sismik tehlike taşımaktadır. Ayrıca bölge, yükselen deniz seviyesi, kıyı erozyonu ve deniz taşkınları gibi iklim değişikliğine bağlı afet türleri bakımından da savunmasız durumdadır. Bunun yanında, bölgedeki sanayi tesislerinin yoğunluğu, kimyasal tehlikeler ve teknolojik afet risklerini artırmakta; tarım alanlarının kentleşmeye bağlı dönüşümü ve su kaynakları üzerindeki baskılar ise ekolojik kırılganlıkları tetiklemektedir. Mekânsal planlama açısından, bu çeşitlilik bölgeyi hem çok boyutlu risklerle karşı karşıya bırakmakta hem de çok katmanlı analizlerin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle MARAP kapsamında yapılacak risk analizleri, yalnızca mevcut tehlike envanterine değil; aynı zamanda maruziyet, kırılganlık, sistem bağımlılıkları ve dirençlilik kapasiteleri gibi karmaşık bileşenlere dayalı olarak yürütülecektir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nun 2024 yılı sonu verilerine göre, Proje kapsamındaki 11 ilin toplam nüfusu 26.549.842'ye ulaşmıştır (Tablo 1-1) Aynı dönemde Türkiye'nin toplam nüfusu ise 85.664.944 olarak açıklanmıştır. Bu veriler, proje bünyesindeki 11 ilin Türkiye nüfusunun yaklaşık %31'ini oluşturduğunu göstermektedir (TÜİK, 2024).

Tablo 1-1 MARAP proje bölgesindeki illerin nüfus dağılımları (TÜİK, 2024).

İl	Toplam Nüfus	Erkek Nüfus	Kadın Nüfus
İstanbul	15.701.602	–	–
Kocaeli	2.130.006	1.072.955	1.057.051
Sakarya	1.110.735	556.928	553.807
Yalova	307.882	153.542	154.340
Bursa	3.238.618	1.616.941	1.621.677
Balıkesir	1.276.096	633.993	642.103
Bilecik	228.495	115.524	112.971
Çanakkale	568.966	281.873	287.093
Tekirdağ	1.187.162	604.896	582.266
Edirne	421.247	211.611	209.636
Kırklareli	379.031	192.109	186.922
TOPLAM	**26.549.840**	**5.440.372**	**5.407.866**

Bu nüfusun büyük bir kısmı, İstanbul ve çevresinde yoğunlaşmıştır. Bölge demografisi, hızlı kentleşme, iç göç, yaşlanan nüfus ve genç nüfusun kent merkezlerinde yoğunlaşması gibi dinamik özellikler taşımakta; bu durum afet risklerine karşı kırılganlık düzeylerini daha da artırmaktadır. Ayrıca bölge, çok sayıda büyükşehir ve yoğun kentsel alanlar içerdiği için, afet durumlarında müdahale ve tahliye gibi süreçlerin planlanması açısından yüksek çözünürlüklü analizleri ve çok aktörlü eşgüdümü gerektirmektedir.

Bu bağlamda MARAP Projesi, yukarıda tanımlanan illeri kapsayan ve coğrafi, demografik, sosyo-ekonomik ve fiziksel yönleriyle çok katmanlı bir yapıya sahip Marmara Bölgesi için bölgesel düzeyde ilk kapsamlı afet risk azaltma planını oluşturmayı hedeflemektedir. Proje, sadece afetlerin etkilerini azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda dirençli toplum ve altyapı sistemlerinin geliştirilmesini sağlayacak stratejik ve bilimsel temelli bir yönetişim modeli sunmayı amaçlamaktadır.

1.1 Projenin Temel Hedefleri

MARAP Projesi'nin temel amacı; Marmara Bölgesi'nde yer alan 11 ilin (İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Yalova, Bursa, Balıkesir, Bilecik, Çanakkale, Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli) mevcut ve potansiyel tehlike/afet risklerini çok boyutlu ve mekânsal temelli bir yaklaşımla analiz ederek, bölgeye özgü kırılganlıkları, tehlike alanlarını ve müdahale kapasitesini dikkate alan kapsamlı bir afet risk azaltma planı oluşturmaktır. Proje, ulusal ve uluslararası politika belgeleriyle uyumlu olarak, bilimsel veriye dayalı karar destek sistemleri geliştirmeyi; tehlikelerin önceden öngörüldüğü, dirençli altyapıların ve toplumların inşa edildiği, sürdürülebilir ve kurumsal olarak bütünleşik bir afet yönetimi modelini Marmara Bölgesi özelinde hayata geçirmeyi hedeflemektedir. Buna göre projenin temel hedefleri;

a) Marmara bölgesi özelinde doğal ve teknolojik tehlike/afet risklerini belirlemek,

b) CBS tabanlı mekânsal analizler ile dinamik afet risk haritaları üretmek,

c) Kritik alanlar ve altyapılar üzerindeki olası afet etkilerini analiz etmek,

d) Afet risk azaltma politikalarını geliştirmek ve uygulanabilir eylem planları oluşturmak,

e) Afet risk yönetimi için bilgi teknolojileri, yapay zeka ve büyük veri analitiği gibi yeni teknolojik araçları kullanmak,

f) Projenin özel bir bileşeni olarak, pilot-bazlı, bir Şehir Sağlığı İzleme Sistemi (ŞESİM) tasarlayıp geliştirmek ve bu sistem aracılığı ile kente dair tehlike unsurlarının IoT tabanlı anlık veri takibini sağlayacak bir mekanizmanın kurgulanmasını sağlamaktır.

1.2 Proje Metodolojisi

MARAP, CBS tabanlı mekânsal analizler, afet modelleme teknikleri, yapay zeka destekli tahmin sistemleri ve afet risk değerlendirme metodolojileri kullanarak proje bölgesinin istenen ölçeklerde dinamik afet risk harita/planlarını oluşturacaktır (Şekil 1-2; Şekil 1-3; Şekil 1-4).

Proje aşağıdaki iki temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar:

BİLEŞEN-1: CBS Tabanlı Doğal ve Teknolojik Afet Risklerinin Belirlenmesi

- Bölgedeki deprem, sel-taşkın, heyelan gibi doğal afetlerin yanı sıra, büyük endüstriyel kazalar, tehlikeli madde taşımacılığı ve kritik altyapı arızaları gibi teknolojik afetler çok disiplinli risk analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilecektir.
- CBS, uzaktan algılama ve sensör verileri kullanılarak, afet tehlike ve risk analizleri mekânsal istatistik, çok kriterli karar destek sistemleri, derin-makine öğrenmesi ve jeo-istatistiksel modelleme teknikleriyle değerlendirilecek, böylece dinamik ve ölçeklenebilir afet tehlike/risk haritaları üretilecektir.
- Kritik varlıklar (hastaneler, enerji tesisleri, su ve kanalizasyon sistemleri vb.) ile afet risk bölgeleri arasındaki mekânsal ilişkiler, CBS tabanlı konumsal analiz teknikleri ve çok kriterli ve benzeri en uygun karar destek sistemleri kullanılarak değerlendirilecektir.
- Bölge ve il bazında, makro-mikro ölçekli GZFT (Güçlü-Zayıf-Fırsat-Tehdit) analizleri gerçekleştirilerek, afetlere karşı altyapı dayanıklılığı, risk azaltma stratejileri ve müdahale kapasitesi bilimsel temelde analiz edilecektir.

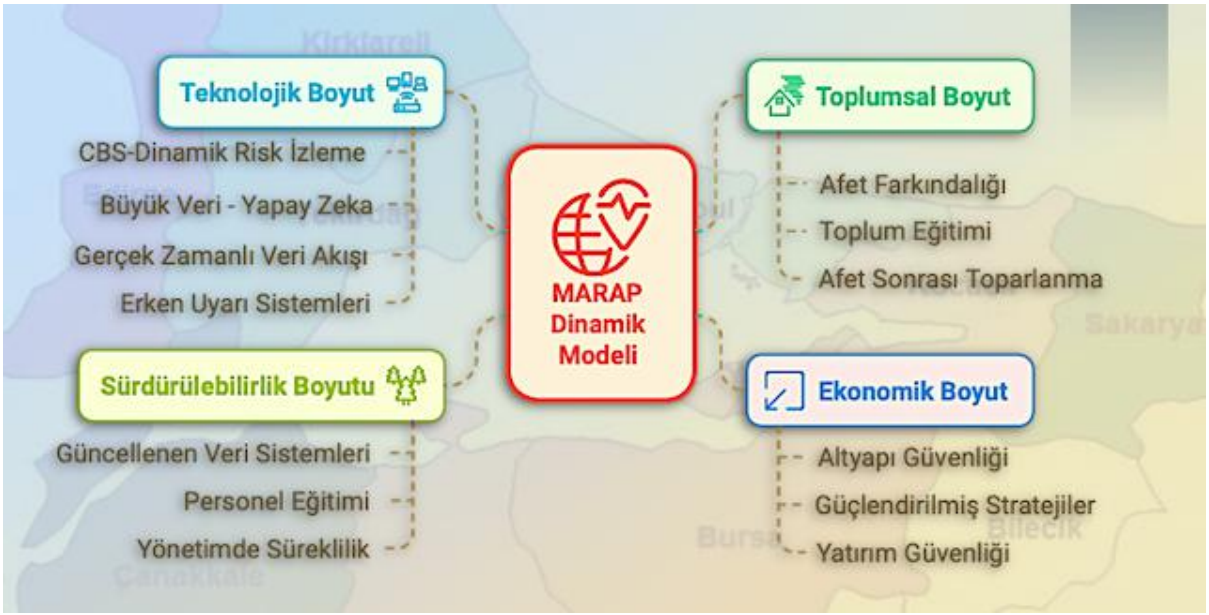
BİLEŞEN-2: Şehir Sağlığı İzleme Sistemi (ŞESİM)

- Şehirlerde gerçek zamanlı veri toplayan IoT sensörleri, izleme sistemleri ve uzaktan algılama teknolojileri ile muhtemel tehlikelerin mekânsal ve zamansal etkileri anlık izlenecek, analiz edilecek ve risk senaryoları güncellenecektir. Böylece, karar vericilere proaktif müdahale ve afet yönetimi süreçlerinde ön-bilgilendirmeler yapılacaktır.
- İklim değişiklikleri, hava kalitesi, su kirliliği, gürültü seviyesi ve benzeri değişken veriler uzaktan algılama, IoT ağları ve CBS tabanlı analiz yöntemleriyle düzenli olarak izlenebilecektir. Tespit edilen anomaliler, istatistiksel ve yapay zeka destekli modellerle değerlendirilecek, böylece risk azaltma stratejileri geliştirerek karar vericilere bilimsel temelli öneriler sunulacaktır.

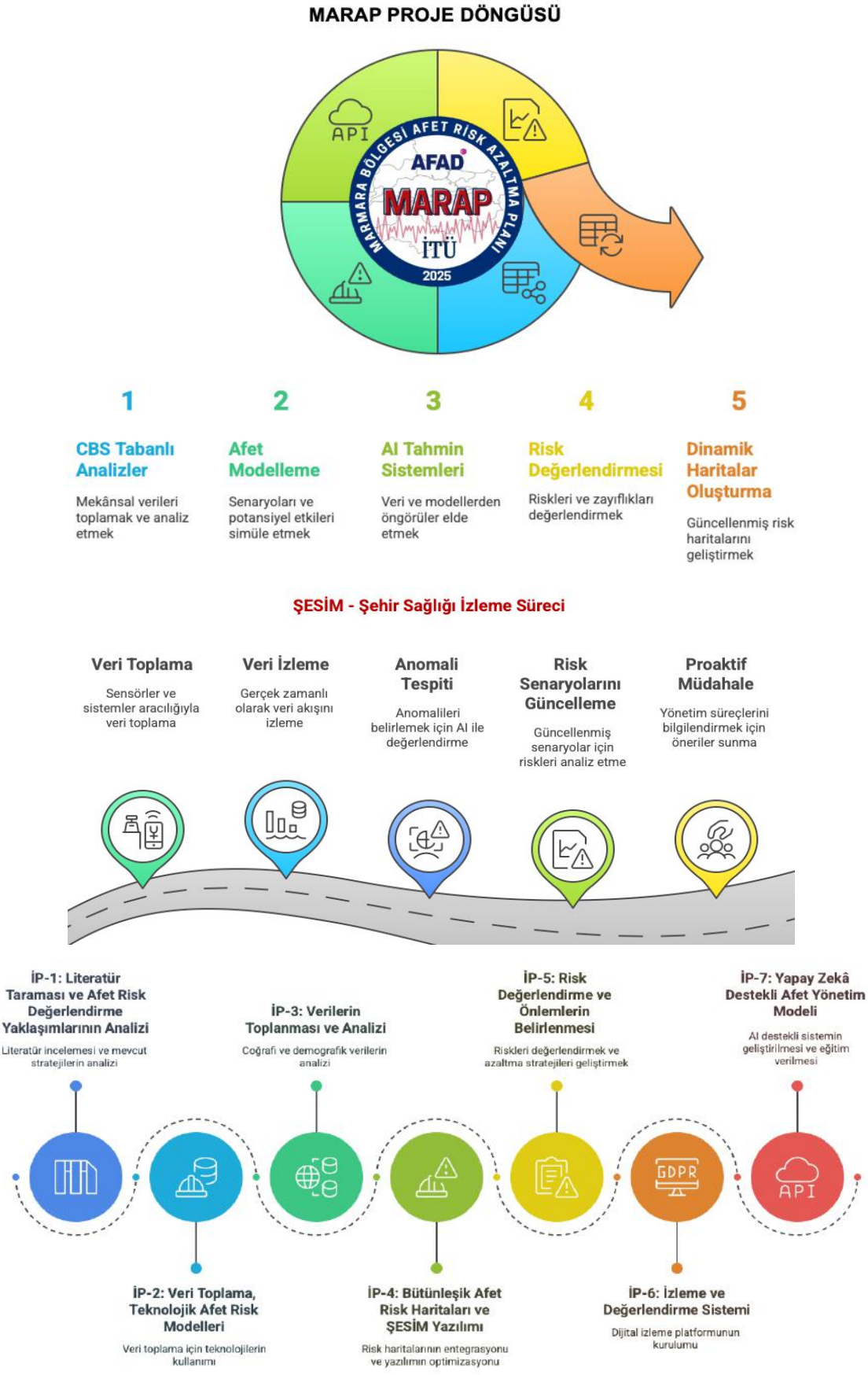
Şekil 1-2 MARAP projesi yöntem yaklaşımı

1.3 Proje Çıktıları ve Beklenen Katkıları

- **Dinamik Tehlike/Afet Risk Haritaları:** Marmara Bölgesi'nin jeolojik, hidro-meteorolojik ve teknolojik tehlikeleri doğrultusunda, CBS ve uzaktan algılama verileri kullanılarak çok kriterli karar destek, derin-makine öğrenmesi gibi sistemlerle analiz edilen kapsamlı afet tehlike ve risk haritaları üretilecektir.
- **Yapay Zeka Destekli Karar Mekanizmaları:** Makine öğrenmesi ve yapay zeka algoritmaları ile afet risk analizleri geliştirilecek, çok senaryolu simülasyonlar ve olasılıklı tahmin modelleri oluşturularak dinamik karar destek mekanizmaları tasarlanacaktır.
- **Sektörel Risk Değerlendirmeleri:** Sanayi bölgeleri, enerji tesisleri ve ulaşım altyapıları, afet tehlike senaryoları ve CBS-mekânsal analiz yöntemleri ile değerlendirilecek; kritik altyapıların afet risk altındaki bölgelerle etkileşimi belirlenerek, sektörel kırılganlık düzeyleri analiz edilecektir.
- **Afet Risk Azaltma Eylem Planı:** Belediyeler, kamu kurumları ve özel sektör için, mekânsal karar destek sistemleri ile entegre edilmiş, uygulanabilir afet yönetim stratejileri geliştirilerek; yapısal ve yapısal olmayan önlemleri içeren çok boyutlu bir eylem planı oluşturulacaktır.



Şekil 1-3 MARAP projesi proje çıktıları ve beklenen katkılar



Şekil 1-4 MARAP PROJE DÖNGÜSÜ: Projenin Genel İşleyiş Yapısı ve İş Paketleri Süreci

1.4 İP-1 Kapsamında Yapılan İşler/Görevler

1.4.1 1 Nolu İş Paketinin Amacı

Bu iş paketinin **(İP-1)** temel amacı, **Marmara Bölgesi Afet Risk Azaltma Planı (MARAP)** kapsamında geliştirilecek afet risk değerlendirme metodolojilerinin bilimsel dayanaklarını oluşturmak, ulusal ve uluslararası düzeyde benimsenmiş risk azaltma politikalarını incelemek ve CBS tabanlı afet risk analizlerine yönelik en güncel akademik ve teknik çalışmaları değerlendirmektir (Şekil 1-4).

Bu çerçevede, afet risk yönetimi, mekânsal analiz, çok ölçütlü karar destek sistemleri, kritik altyapı analizi, zarar görebilirlik ve kırılganlık modellemeleri gibi temel konular ayrıntılı şekilde ele alınacaktır. Çalışma, MARAP kapsamında yürütülecek risk değerlendirme süreçleri için metodolojik bir temel oluşturmanın yanı sıra, uygulamaya geçirilebilir çözümler ve mekânsal karar destek mekanizmaları konusunda öneriler geliştirmeyi hedeflemektedir.

Literatür taraması, MARAP'ın bilimsel doğruluğunu ve sahadaki uygulanabilirliğini artırmak için ulusal mevzuat çerçevesini, uluslararası iyi uygulamaları, CBS tabanlı modelleme yöntemlerini ve afet yönetimi karar destek sistemleriyle ilgili en güncel teknik yaklaşımları kapsayacaktır. Böylece, proje kapsamında amaca yönelik üretilecek haritaların, risk analizlerinin ve önerilen stratejilerin hem bilimsel hem de yönetsel açıdan uygulanabilir olması sağlanacaktır.

Bu kapsamda;

- Ulusal ve uluslararası düzeyde afet risk yönetimi politikaları ve mevzuatlar incelenerek, MARAP ve ŞESİM ile entegrasyonu değerlendirilecektir.
- MARAP'ın bileşenleri ve teknik gereksinimleri göz önünde bulundurularak, CBS tabanlı afet risk değerlendirme ve eylem planlama süreçlerine dair kapsamlı bir teorik çerçeve oluşturulacaktır.
- Tehlike, zarar görebilirlik, maruziyet ve risk analizleri için kullanılacak nicel ve nitel yöntemler belirlenecektir.
- Risk değerlendirme modelleri, mekânsal karar destek sistemleri ve büyük veri analitiği yaklaşımlarının afet yönetimindeki uygulanabilirliği değerlendirilecektir.
- CBS, yapay zeka destekli modelleme ve erken uyarı sistemleri gibi teknolojik çözümler araştırılarak, MARAP ve ŞESİM'e uygulanabilecek yenilikçi yöntemler önerilecektir.

Bu iş paketi sonunda, MARAP kapsamında kullanılacak veri kaynakları, bilimsel modeller, risk haritalama teknikleri ve eylem planlarının oluşturulmasına temel sağlayacak metodolojiler netleştirilmiş olacaktır.

1.4.2 Ulusal/Uluslararası Afet Risk Yönetimi Stratejilerinin İncelenmesi

Bu raporda, Dünya'da ve Türkiye'de afet risk yönetimine yönelik yasal çerçeve, mevcut uygulamalar ve bilimsel araştırmalar detaylı olarak incelenecektir.

- **Risk azaltma konusunda uluslararası politika ve stratejiler:** Afet risk yönetimi ve zarar azaltma yaklaşımlarının geliştirilmesi için uluslararası politika ve stratejiler incelenecektir. Birleşmiş Milletler Afet Risk Azaltma Stratejileri (Sendai Çerçevesi) başta olmak üzere, ABD Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA), Avrupa Birliği INSPIRE Direktifi, Japonya'daki afet yönetimi uygulamaları ve İngiltere'nin kritik altyapı analiz yaklaşımları gibi uluslararası başarılı modeller değerlendirilerek MARAP ile uyumlu öneriler oluşturulacaktır küresel afet risk yönetimi stratejileri incelenecektir.
- **Risk azaltma planlamasında dünyadan iyi uygulama örnekleri:** Farklı ülkelerde uygulanan başarılı risk azaltma planları araştırılarak en iyi uygulamalar belirlenecektir. Japonya'nın deprem yönetimi, Hollanda'nın su taşkınları kontrol sistemleri, ABD'nin FEMA destekli afet hazırlık programları ve Almanya'nın endüstriyel kaza önleme stratejileri gibi örnekler detaylandırılarak MARAP'a uyarlanabilir yönleri analiz edilecektir.
- **Risk azaltma konusunda ulusal politika ve stratejiler:** Afet risk yönetimi ve zarar azaltma yaklaşımlarının geliştirilmesi için ulusal politika ve stratejiler incelenecektir. Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP), İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP), Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP), Türkiye İklim Değişikliği Eylem Planı (İDEP), Türkiye Kentsel Dönüşüm Stratejisi ve Eylem Planı, Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi ve benzeri önemli dokümanlar değerlendirilerek MARAP ile uyumlu öneriler oluşturulacaktır.
- **Çalışmayı gerekçelendirecek mevzuat analizi:** Afet risk yönetimi, kritik altyapı güvenliği ve endüstriyel kazaların önlenmesine yönelik ulusal ve uluslararası mevzuatlar analiz edilecektir. BEKRA Yönetmeliği, Seveso Direktifi, Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Yönetmeliği ve ilgili düzenlemeler incelenerek MARAP kapsamında uygulanabilir yasal çerçeve belirlenecektir.
- **Teknolojik afet tehlike ve risk haritalarının üretilmesinde güncel akademik çalışmaların araştırılması:** Teknolojik afetlerin CBS ile mekânsal olarak modellenmesi ve risk haritalarının oluşturulması için en güncel akademik çalışmalar ve uluslararası iyi uygulamalar incelenecektir. CBS tabanlı risk haritalama, yapay zeka destekli tahmin modelleri ve çok kriterli karar destek sistemleri gibi yeni nesil yöntemler MARAP'a entegre edilmek üzere değerlendirilecektir.
- **Teknolojik afet kaynaklarının belirlenmesi ve kritik altyapılar/ varlık çalışmalarının değerlendirilmesi:** Endüstriyel risklerin yönetilmesi ve olası afet senaryolarının belirlenmesi için BEKRA (Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması) tesisleri, organize sanayi bölgeleri, enerji altyapıları,

limanlar ve diğer kritik varlıklar detaylı olarak analiz edilecektir. Kritik altyapıların mekânsal dağılımı incelenerek, tehlike haritaları ve önceliklendirme çalışmaları yapılacaktır.

- **BEKRA Yönetmeliği ve bağlı mevzuatlar:** Türkiye'de büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve yönetilmesine yönelik BEKRA Yönetmeliği ile ilgili Güvenlik Raporu ve Dahili Acil Durum Planı Tebliğleri kapsamlı bir şekilde incelenecektir. Yönetmeliğin MARAP'a entegrasyonu için yasal gereklilikler, yükümlülükler ve uygulama mekanizmaları analiz edilecektir.
- **BEKRA amaçlı çalışmalara altlık sağlayacak uluslararası kaza veri tabanları araştırmasının yapılması:** Büyük endüstriyel kazaların (BEKRA) önlenmesine yönelik uluslararası veri tabanları incelenecek, geçmişteki büyük kazalar makine öğrenmesi yöntemleriyle analiz edilerek örnek olaylar değerlendirilecektir. E-MARS (Major Accident Reporting System) ve ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents) ve benzeri sistemlerde yer alan veriler kullanılarak risk analizi modelleri oluşturulacak ve MARAP kapsamında uygulanabilirlikleri araştırılacaktır.
- **Kritik Altyapı Analiz Sistemi ve bu sistemde yer alan afet kırılganlık eğrilerinin incelenmesi:** AFAD tarafından geliştirilen "Kritik Altyapı Analiz Sistemi (AFAD-KAY)" ve bu sistemde tanımlanan afet kırılganlık eğrileri detaylı şekilde analiz edilecektir. Altyapı bileşenlerinin afetlere karşı direnç seviyeleri değerlendirilecek ve MARAP kapsamında kullanılabilecek veri setleri ile uyumluluk sağlanacaktır.
- **SEVESO Direktifi ve Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi:** Avrupa Birliği tarafından büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması amacıyla geliştirilen SEVESO Direktifi, kimyasal tesislerin yönetimi, güvenlik tedbirleri ve acil durum planları açısından detaylı olarak incelenecektir. MARAP kapsamında, bu direktifin Türkiye'deki uygulamalarla karşılaştırılması ve entegre edilmesi değerlendirilecektir.
- **Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA) ve Kimyasal Risk Yönetimi:** Kimyasal güvenlik ve tehlikeli maddelerle ilgili düzenlemelerin takibi açısından önemli bir kurum olan Avrupa Kimyasallar Ajansı (European Chemicals Agency, ECHA) tarafından sağlanan yönergeler incelenecektir. Kimyasal kazaların önlenmesine yönelik Avrupa'da uygulanan politika ve düzenlemeler MARAP çerçevesinde değerlendirilerek uyarlanabilirliği analiz edilecektir.
- **ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) Standartları ve Endüstriyel Güvenlik:** ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından belirlenen çevresel güvenlik ve kimyasal risk yönetimi standartları incelenecektir. Bu kapsamda, EPA'nın risk değerlendirme metodolojileri, tehlikeli maddelerin yönetimi ve endüstriyel kazaların önlenmesi konusunda geliştirdiği sistemler MARAP'a uygulanabilirlik açısından ele alınacaktır.

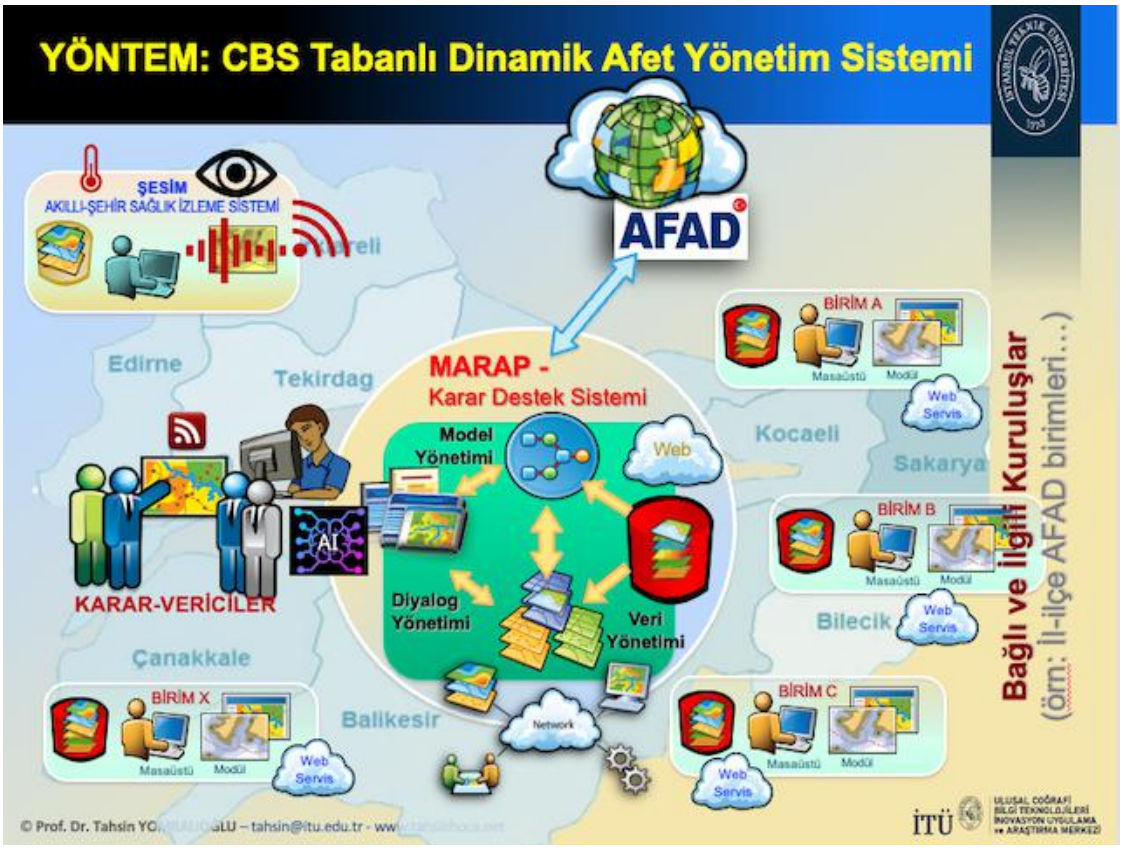
- **Avrupa Komisyonu Büyük Kaza Tehlikeleri Bürosu (MINERVA) ve Kritik Altyapı Yönetimi:** MINERVA Bürosu tarafından yürütülen büyük kaza tehlikeleri yönetim süreçleri, risk değerlendirme metodolojileri ve kritik altyapılar üzerindeki etkiler incelenecektir. Avrupa'da büyük endüstriyel kazaların önlenmesine yönelik geliştirilen en iyi uygulamalar analiz edilerek MARAP kapsamındaki kritik altyapı yönetimi sürecine katkı sağlanacaktır.
- **ARAMIS Risk Analiz Metodolojisi ve Uygulama Modelleri:** Endüstriyel kazalar ve teknolojik afet risklerinin modellenmesi için kullanılan ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for IndustrieS) risk analiz metodolojisi detaylı şekilde incelenecektir. CBS tabanlı analizler ve yapay zeka destekli değerlendirme sistemleri ile, MARAP'a entegre edilebilecek uyarlamalar değerlendirilecektir.
- **Ulusal ve Uluslararası Mevzuatlar ile Güncel Akademik Çalışmaların Değerlendirilmesi:** Teknolojik afetlerin yönetimi kapsamında SEVESO, BEKRA, ECHA, EPA ve MINERVA gibi uluslararası standartlarla uyumlu diğer yasal çerçeveler ve uygulama direktifleri incelenecektir. Buna ek olarak, teknolojik afetler alanında güncel akademik yayınlar, uygulama rehberleri ve veri tabanları araştırılarak MARAP/ŞESİM kapsamında uygulanabilir yenilikçi yaklaşımlar belirlenecektir.

1.4.3 ŞESİM: Şehir Sağlığı İzleme Merkezi İçin Literatür Analizi

- **Şehir sağlığı izleme konusunda uluslararası ve ulusal politika ve strateji belgelerinin incelenmesi:** Şehir sağlığını izleme ve yönetme süreçlerine yönelik ulusal ve uluslararası politika belgeleri analiz edilecektir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Birliği kent sağlığı politikaları ve Türkiye'de KENTGES Strateji ve Eylem Belgesi ve benzeri strateji belgeleri değerlendirilerek afet risk yönetimi açısından potansiyelleri araştırılacaktır.
- **Çalışmayı gerekçelendirecek mevzuatın belirlenmesi:** Şehir sağlığı izleme sistemleri ve afet risk yönetimi ile ilişkili ulusal ve uluslararası mevzuat detaylı olarak incelenecektir. Türkiye'de sağlıklı çevre yönetimi konularındaki yasal düzenlemeler, uluslararası standartlarla karşılaştırılarak proje kapsamında uygulanabilir yönleri belirlenecektir.
- **Şehir sağlığı izleme sistemleri ve risk azaltmada kullanılmalarına ilişkin güncel akademik çalışmaların araştırılması:** Şehir sağlığı izleme sistemlerinin risk azaltma süreçlerindeki rolü araştırılarak, dünya genelindeki başarılı uygulamalar analiz edilecektir. Veri analitiği, yapay zeka ve uzaktan algılama teknikleri gibi yeni nesil yaklaşımlar incelenerek şehir sağlığı izleme sistemlerinin etkinliğini artıracak metodolojiler geliştirilecektir.
- **ÇŞİB "Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı" detaylı olarak incelenecek:** ŞESİM kapsamında akıllı şehir uygulamalarıyla entegre edilebilecek alanlar belirlenecektir. Şehir sağlığı izleme sistemlerinin, veri tabanlı

karar destek mekanizmaları ve kentsel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumu analiz edilecektir.

- **ŞESİM İçin Kullanılacak Sensörlerin Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi:** ŞESİM kapsamında entegre edilecek sensörlerin sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, ses/gürültü, radyasyon, zehirli gazlar ve hava kirliliği gibi çevresel parametreleri yüksek doğrulukla ölçebilmesi sağlanacaktır. Sensörlerin kalibrasyon hassasiyeti, veri iletim protokolleri, enerji tüketimi ve CBS entegrasyon yetenekleri detaylı olarak değerlendirilecektir.
- **ŞESİM Donanım ve Yazılım Bileşenlerinin Veri İşleme ve Erken Uyarı Kabiliyetlerinin Tanımlanması:** ŞESİM bileşenleri, sensörlerden gelen verileri gerçek zamanlı olarak analiz edebilen, anomali tespiti yapabilen ve erken uyarı sistemlerine entegre edilebilen veri işleme algoritmalarına sahip olacak şekilde tasarlanacaktır. CBS tabanlı analizlerle desteklenen sistem, risk değerlendirme, modelleme ve tahmine dayalı karar destek mekanizmalarını içerecektir.



Şekil 1-5 MARAP için CBS destekli afet yönetim modeli

1.5 Afet Risk Azaltma Amaçlı Modelleme ve CBS Çalışmalarının Ön Değerlendirmesi

- **Teknolojik afet model ve metodolojileri için gerekli verilerin, veri kaynaklarının ve veri tabanlarının belirlenmesi:** Afet senaryoları oluşturmak için kullanılacak mekânsal, zamansal ve tematik veriler tespit edilecek, güvenilir

veri kaynakları belirlenecek ve CBS tabanlı analiz süreçleri için uyumlu coğrafi veri setleri oluşturulacaktır. TUCBS gibi Ulusal ve uluslararası veri tabanlarının projeye entegrasyonu sağlanacaktır. MARAP kapsamında değerlendirilen teknolojik tehlikeler yalnızca sabit tesislerdeki büyük endüstriyel kazalarla sınırlı olmayıp, **tehlikeli madde taşımacılığı kazaları** ile **büyük ölçekli enerji nakil hatlarında meydana gelebilecek teknolojik afetleri** de kapsamaktadır. Marmara Bölgesi, Türkiye'nin en yoğun karayolu ve demiryolu taşımacılığına sahip olması, ayrıca uluslararası deniz ticaret hatlarının önemli bir kavşağı konumunda bulunması nedeniyle tehlikeli madde taşımacılığı kaynaklı kazalar açısından kritik risk taşımaktadır. Örneğin TEM Otoyolu'nda tanker kazaları veya Bandırma Limanı'nda yaşanabilecek kimyasal dökülmeler, geniş çaplı çevresel ve ekonomik etkiler doğurabilecek olaylar arasında yer almaktadır. Benzer şekilde, bölgede yüksek gerilim enerji iletim hatlarının arızaları, trafolarda meydana gelen patlamalar, orman ve yerleşim alanları için yangın riski oluşturabilmektedir.

- **CBS tabanlı afet modellemeleri için mekânsal veri setlerinin hazırlanması:** Tehlike, maruziyet ve zarar görebilirlik analizlerine uygun coğrafi veri katmanları oluşturularak, afet senaryolarına yönelik CBS destekli mekânsal analiz süreçleri desteklenecektir.
- **Coğrafi veri setlerinin ölçek ve koordinat sistemleri açısından standardizasyonu:** Konumsal/Mekânsal analiz süreçlerinde veri bütünlüğü sağlanması amacıyla coğrafi veri setleri ölçek, datum, projeksiyon ve koordinat sistemleri açısından uyumlu hale getirilecektir.
- **Dinamik risk haritası için anlık meteorolojik veriler ve sensörler gibi kabiliyetlerin araştırılması:** Gerçek zamanlı meteorolojik veriler ve sensör sistemleri kullanılarak afet senaryolarına yönelik dinamik risk haritaları oluşturulacaktır. Hava durumu, sıcaklık, nem, rüzgâr hızı gibi parametrelerin afet süreçlerine etkisi modellenerek, erken uyarı sistemleri ve karar destek mekanizmaları güçlendirilecektir.
- **Türkiye'de afet risk haritalama yaklaşımlarının incelenmesi:** Türkiye'de geleneksel ve CBS destekli afet risk analizlerinin ulusal projelerde nasıl kullanıldığı araştırılacaktır.
- **Doğal afetlere yönelik CBS çalışmalarının incelenmesi:** Deprem, sel, heyelan, orman yangını gibi doğal afet türleri için Türkiye'de geliştirilmiş CBS tabanlı çalışma ve modelleme yaklaşımlarının akademik yayınlar ve teknik raporlar üzerinden incelenmesi.
- **Teknolojik afetlerin etkilerini belirlemek ve risk azaltma stratejileri geliştirmek amacıyla, güncel akademik çalışmaların incelenmesi:** Bu kapsamda, endüstriyel kazalar, kimyasal sızıntılar ve nükleer riskler için geliştirilen CBS tabanlı modelleme teknikleri, yapay zeka destekli tahmin

sistemleri ve uluslararası standartlara uygun risk haritalama yöntemleri değerlendirilecektir.

- **Uydu görüntüsü sağlayıcı kaynakların araştırılması**: NASA, USGS, Landsat, Copernicus gibi uluslararası, TÜBİTAK, TÜRKSAT, UHUZAM gibi ulusal uydu görüntüsü veri sağlayıcı kurumsal kaynakların mekânsal analiz veri tabanlarının MARAP kapsamında nasıl kullanılabileceğinin araştırılması.
- **Afet risk yönetiminde Yapay Zeka kullanımının araştırılması:** Büyük veri analitiği ve mekânsal karar destek sistemlerinin afet risk yönetiminde nasıl kullanıldığına dair en güncel yayın ve örnek uygulamaların değerlendirilmesi.
- **AFAD-CBS altyapısının incelenmesi:** AFAD bünyesinde yer alan bilgi teknoloji tabanlı afet yönetimi yaklaşımları ve mevcut CBS tabanlı (AYDES vb) sistemleri değerlendirilerek, MARAP ve ŞESİM ile entegre edilebilecek veri ve donanımsal sistemlerin belirlenmesi.

1.6 İP-2 Kapsamında Risk Haritalarının Üretilmesine Yönelik Model ve Metodoloji İçin Ön Hazırlıklar

Çalışmanın bu aşaması, **İP-2 için ön hazırlıklar** olarak, teknolojik afet türlerine özel risk modelleme süreçlerinin hazırlanması için gerekli ön çalışmaların yürütülmesini kapsamaktadır.

- **Paydaşların Belirlenmesi ve İş Birliği Mekanizmalarının Oluşturulması:** Teknolojik afet yönetiminde rol oynayan kamu kurumları, sanayi kuruluşları, akademik çevreler ve sivil toplum örgütleri belirlenerek iş birliği mekanizmaları oluşturulacaktır. Paydaşların görev ve sorumlulukları netleştirilerek afet senaryolarına yönelik stratejik planlama süreci desteklenecektir.
- **Çalıştaylar ve İyi Uygulama Örneklerinin Değerlendirilmesi:** Literatür taraması kapsamında belirlenen ulusal ve uluslararası başarılı afet yönetimi uygulamaları incelenecek, ilgili paydaşlarla değerlendirme toplantıları ve çalıştaylar düzenlenerek en iyi uygulamaların projeye entegrasyonu sağlanacaktır.
- **Kritik Altyapılar ve Risk Etkileşimlerinin Değerlendirilmesi:** Teknolojik afetlerin sanayi tesisleri, enerji santralleri, ulaşım ve su yönetim sistemleri gibi kritik altyapılar üzerindeki etkileri analiz edilecektir. Modelleme süreçlerinde altyapı dayanıklılığı ve risk haritaları oluşturularak, olası etkileşimler değerlendirilecektir.
- **Veri Temini ve Eksik Verilerin Giderilmesi:** Modelleme süreçleri için eksik verilerin belirlenmesi ve temini amacıyla uzaktan algılama, saha gözlemleri, sensör sistemleri ve kurumsal veri paylaşımı gibi yöntemler değerlendirilecektir. Alternatif veri kaynakları araştırılarak, en uygun veri toplama teknikleri geliştirilecektir.

- **İnsan Sağlığı ve Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi:** Teknolojik afetlerin etkileri yalnızca can kaybı ve yaralanmalar üzerinden değil, aynı zamanda çevresel boyutta da ele alınacaktır. Kimyasal sızıntılar, hava ve su kirliliği, ekosistem zararları gibi çevresel faktörler analiz edilerek, insan sağlığı ve çevre güvenliği açısından bütünleşik bir risk değerlendirme modeli geliştirilecektir.

1.7 Kavramsal İrdeleme: "Tehlike", "Risk" ve "Afet" Terimleri

Afet yönetimi alanında kullanılan temel kavramların, bilimsel çerçevede doğru tanımlanması ve uygulamalarda tutarlılıkla kullanılması, stratejik planlamaların etkinliği açısından büyük önem taşımaktadır. MARAP Projesi'nin ilk aşamasında, literatür taramaları sırasında özellikle "**tehlike**", "**risk**" ve "**afet**" terimlerinin hem akademik kaynaklarda hem de politika belgelerinde farklı bağlamlarda yer aldığı ve zaman zaman birbirinin yerine kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu durum, kavramların sınırlarının belirlenmesi ihtiyacını doğurmuştur.

Bu bağlamda afet yönetimi, risk azaltımı ve strateji geliştirme süreçlerinde kullanılan temel terimlerin (**hazard, risk, disaster**) uluslararası standartlara ve bilimsel yaklaşımlara uygun biçimde kavramsal irdeleme ile ele alınmasını amaçlamaktadır. Yapılan açıklamalar, UNDRR, IPCC, FEMA ve benzeri kurumsal yapıların terminolojik tanımları temel alınarak yapılandırılmıştır. Kavramlar, yalnızca tanımsal düzeyde değil, aynı zamanda örnekler ve açıklayıcı analizlerle de desteklenerek sahadaki uygulamalarla uyumlu hale getirilmiştir.

Bu doğrultuda, MARAP kapsamındaki senaryo oluşturma, önceliklendirme, haritalama ve yönetişim modellemeleri gibi teknik süreçlerin yanı sıra karar destek sistemlerinin kurulmasında da bu "kavramsal açıklama rehberi" nin temel alınması önerilmektedir. Bu rehber, MARAP Projesi kapsamında hazırlanan dokümanlarda sıklıkla karşılaşılan ve zaman zaman kavramsal karışıklıklara yol açan **"tehlike (hazard)", "risk (risk)" ve "afet (disaster)"** terimlerinin bilimsel ve terminolojik açıdan doğru kullanılmasını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Uluslararası afet risk azaltma literatüründe, özellikle Birleşmiş Milletler Afet Riskinin Azaltılması Ofisi (UNDRR), IPCC ve IFRC gibi kuruluşların tanımlarında, bu üç kavram açık biçimde tanımlanmıştır. Tehlike, belirli bir olayın veya sürecin potansiyel tehdit düzeyini ifade ederken; risk, bu tehlikenin belirli koşullarda maruz kalan unsurlar üzerindeki etkilerinin olasılığı ve büyüklüğünü tanımlar. Afet ise, gerçekleşen bir olayın toplumun baş etme kapasitesini aşan zararları doğurması durumudur. Bu nedenle, MARAP kapsamındaki analiz, senaryo, haritalama ve strateji belgelerinde her üç kavramın yerinde ve doğru bağlamda kullanılması hem bilimsel doğruluğun sağlanması hem de yönetsel kararların isabetli şekilde alınması açısından büyük önem taşımaktadır.

Temel Tanımlar

Tehlike (Hazard): İnsanlara, mülke, çevreye veya yaşam sistemlerine zarar verebilecek potansiyele sahip doğal, teknolojik veya insan kaynaklı bir olay, süreç

ya da olgudur. İngilizce literatürde UNDRR tarafından yapılan tanıma göre: *"A process, phenomenon or human activity that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, loss of livelihoods and services, social and economic disruption, or environmental damage"* (UNDRR, 2020).

Risk (Risk): Bir tehlikenin belirli bir bölgede etkide bulunma olasılığı ile bu etkiden kaynaklanabilecek zarar büyüklüğünün çarpımıdır. Matematiksel olarak şu formülle ifade edilir: **Risk = Hazard × Exposure × Vulnerability.** IPCC'ye göre risk: *"The potential for adverse consequences where something of value is at stake and where the occurrence and degree of an outcome is uncertain"* (IPCC, 2014). Bu tanım, riskin yalnızca fiziksel olayla değil, o olayın etkileyebileceği sistemlerin yapısı ve hassasiyeti ile de bağlantılı olduğunu vurgular.

Afet (Disaster): Afet, bir tehlikenin gerçekleşmesi sonucunda, toplumun baş etme kapasitesini aşan ölçekte can kaybına, ekonomik zarara, çevresel bozulmaya ve sosyal yaşamın kesintiye uğramasına neden olan durumdur. UNDRR tanımına göre*: "A serious disruption of the functioning of a community or a society involving widespread human, material, economic or environmental losses and impacts, which exceeds the ability of the affected community or society to cope using its own resources."*

Tehlike tek başına bir afet değildir; yalnızca belirli bir olasılıkla ortaya çıkabilecek zarar verici bir potansiyeli ifade eder. **Risk** ise, bu tehlikenin, belirli bir topluluk veya alan üzerinde yaratabileceği olası zararların büyüklüğünü ve gerçekleşme olasılığını birlikte tanımlar. Risk gerçekleştiğinde ve sonuçları, etkilenen topluluğun kendi imkânlarıyla baş edebileceği sınırları aştığında, bu durum artık bir afete dönüşür. Dolayısıyla afet hem fiziksel olayın kendisine hem de sosyal, ekonomik ve yapısal savunmasızlıklara bağlı olarak ortaya çıkar.

Örneğin, aynı büyüklükteki bir deprem, gelişmiş bir kentsel altyapıya sahip ve hazırlık düzeyi yüksek bir şehirde daha az hasara yol açarken, kırılganlık düzeyi yüksek bir kentte büyük çaplı yıkımlara ve can kayıplarına neden olabilir. Bu nedenle afetin tanımı, yalnızca tehlikenin doğasına değil; aynı zamanda toplumsal yapının dayanıklılığına, riskin bileşenlerine ve müdahale kapasitesine göre şekillenir. Afet yönetimi açısından bu üç kavramın ayrıştırılması hem analizlerin hem de müdahale stratejilerinin daha etkili biçimde tasarlanmasına katkı sağlar.

Örneğin; İstanbul'da meydana gelen 7.0 büyüklüğündeki bir deprem, şehrin yüksek nüfus yoğunluğu, düzensiz yapılaşması, eski ve dayanıksız bina stokları ile birlikte, afet sonrası müdahale kapasitesindeki kısıtlılıklar nedeniyle çok büyük can ve mal kaybına yol açarak geniş çaplı bir afet meydana getirebilir. Aynı büyüklükteki bir deprem, örneğin Japonya'nın afetlere karşı yüksek dayanıklılık düzeyine sahip, modern altyapılı ve etkili erken uyarı sistemleriyle donatılmış bir şehrinde meydana geldiğinde, benzer şiddette bir olay yalnızca sınırlı fiziksel hasarla atlatılabilir. Bu örnek, tehlikenin sabit kalmasına rağmen, risk düzeyinin ve afet doğurma

potansiyelinin bulunduğu çevresel, sosyal ve yönetsel koşullara bağlı olarak ciddi biçimde değişebileceğini göstermektedir.

Aşağıda yer alan tablo, proje kapsamında hazırlanan belgelerde **"tehlike", "risk"** ve **"afet"** kavramlarının hangi bağlamda hangi terimle ifade edilmesi gerektiğini örneklerle ve açıklamalarla göstermektedir.

Bağlam	Doğru Terim	Örnek Kullanım	Açıklama
Fiziksel olayın varlığı vurgulanıyorsa	*Tehlike*	"Deprem tehlikesi altındaki bölgeler haritalandırıldı."	Yalnızca olayın olasılığı ve etkisi incelenir, maruz kalma veya savunmasızlık dikkate alınmaz.
Olayın belirli bir nüfus, bina stoğu veya altyapıya etkisi analiz ediliyorsa	*Risk*	"Bu bölgede yüksek nüfus yoğunluğu nedeniyle sel riski artmıştır."	Tehlike, maruziyet ve kırılganlık birlikte değerlendirilmiş.
Olası tehlike gerçekleşmiş, ciddi can ve mal kaybı oluşmuşsa	*Afet*	"2023 depremi, binlerce kişinin yaşamını yitirdiği büyük bir afete dönüşmüştür."	Olay, mevcut kaynaklarla baş edilemeyecek düzeyde etkiler doğurmuş.
Önleyici strateji geliştiriliyorsa	*Risk*	"Risk azaltma eylem planları hazırlanmalıdır."	Müdahale değil, potansiyel etkilerin azaltılmasına odaklanılır.
Müdahale kapasitesi, hazırlık ve koordinasyon planlanıyorsa	*Afet*	"Afet yönetim merkezlerinin kapasiteleri artırılmalıdır."	Olası afet durumuna hazırlık yapılmakta.
Tehlikenin gerçekleşme olasılığı ve coğrafi yayılımı belirleniyorsa	*Tehlike*	"Fay hatları boyunca deprem tehlikesi zonları oluşturuldu."	Fiziksel olasılığın mekânsal modellenmesi söz konusu.
Afet sonrası analiz veya müdahale planı hazırlanıyorsa	*Afet*	"Afet sonrası yeniden inşa süreci için senaryolar oluşturuldu."	Gerçekleşmiş bir olay sonrası etkiler değerlendiriliyor.

Sonuç olarak; bu kavramsal irdeleme, afet yönetimi ve risk azaltımı çalışmalarında temel öneme sahip olan "tehlike", "risk" ve "afet" terimlerinin hem uluslararası standartlarla uyumlu hem de bilimsel anlamda doğru biçimde kullanımını sağlamaya yönelik olarak yapılmıştır. Kavramların doğru şekilde kullanımı, yalnızca terminolojik bir hassasiyet değil; aynı zamanda risk haritalama, senaryo modelleme, önceliklendirme stratejileri ve politika geliştirme süreçlerinin doğruluğunu da doğrudan etkileyen bir faktördür.

Bilimsel olarak bakıldığında, bu üç kavramın doğru kullanımı afet döngüsünün tüm aşamalarında (önleme, hazırlık, müdahale, iyileştirme) tutarlılık sağlar. "Tehlike" kavramı olayın fiziksel doğasını ve potansiyelini ifade ederken, "risk" bu tehlikenin etkileyebileceği değerlerin (nüfus, altyapı, ekonomi) kırılganlığıyla birleşen etkisini temsil eder. "Afet" ise, bu riskin gerçekleştiği ve etkilerin kurumsal ya da toplumsal müdahale sınırlarını aştığı durumdur. Bu nedenle, kavramların bilimsel ve analitik düzeyde ayrıştırılması yalnızca akademik metinler için değil, karar destek sistemleri, senaryo analizleri, kaynak planlaması ve kriz yönetimi gibi uygulamalı alanlar için de gereklidir. Özellikle MARAP gibi bölgesel düzeyde uygulanan afet risk azaltım planlarında, bu kavramlara dair kavramsal belirsizlikler müdahale stratejilerinde gecikmeye ve hatalı kaynak tahsisine yol açabilir.

Nihayetinde burada önerilen kavram kullanımı ilkeleri, yalnızca MARAP projesi kapsamında değil, Türkiye'nin ulusal ve yerel afet planlama süreçlerinde de yaygınlaştırılmalı; kamu kurumları, yerel yönetimler ve akademik paydaşlar tarafından ortak bir terminoloji kılavuzu olarak benimsenmelidir. Bu yaklaşım hem bilimsel açıklık hem de yönetsel etkinlik açısından afet yönetimi alanında kurumsal kapasiteyi güçlendirecek önemli bir katkı sunmaktadır. İrdeleme, afet yönetimi ve risk azaltımı çalışmalarında temel öneme sahip olan "tehlike", "risk" ve "afet" terimlerinin hem uluslararası standartlarla uyumlu hem de bilimsel anlamda doğru biçimde kullanımını sağlamaya yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Kavramların doğru şekilde kullanımı, yalnızca terminolojik bir hassasiyet değil; aynı zamanda risk haritalama, senaryo modelleme, önceliklendirme stratejileri ve politika geliştirme süreçlerinin doğruluğunu da doğrudan etkileyen bir faktördür.

2 GİRİŞ: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde afet risklerinin azaltılmasına yönelik geliştirilen planlama ve yönetim modelleri, yalnızca uygulamaya dönük eylem planları ve operasyonel müdahale prosedürlerinden ibaret değildir. Bu modellerin uzun vadeli başarıya ulaşabilmesi için, kavramsal derinliğe, teorik temellere ve bilimsel bir arka plana dayanması gerekir. Literatür çalışmaları bu bağlamda, yalnızca bilgi birikiminin toplanması değil, aynı zamanda bu bilgilerin eleştirel bir süzgeçten geçirilerek sistematik olarak sınıflandırılmasını, eksik yönlerin belirlenmesini ve güçlü yaklaşımların tespit edilmesini mümkün kılar.

Afet yönetiminin tarihsel evrimi, yönetişim yapılarının dönüşümü, teknoloji-temelli karar destek sistemlerinin gelişimi ve çok aktörlü müdahale paradigmasının ortaya çıkışı gibi süreçlerin kavramsal olarak anlaşılması, ancak disiplinlerarası bir literatür analizi ile sağlanabilir. Bu analizler; jeoloji, harita, inşaat, meteoroloji, çevre mühendisliği, şehir planlama, kamu yönetimi, sosyoloji ve bilgi teknolojileri gibi birçok farklı alanın kesişiminde ortaya çıkan sorunları ve çözüm önerilerini bir bütün olarak değerlendirmeye olanak tanır. Dolayısıyla literatür taraması, MARAP gibi bütüncül bir afet risk azaltma planının, yalnızca geçmiş uygulamalara değil, aynı zamanda gelecekteki senaryolara da ışık tutacak şekilde tasarlanabilmesinin en sağlam zeminlerinden birini oluşturur.

Bu nedenle, MARAP gibi bölgesel düzeyde kapsamı ve etkisi büyük olan bir afet risk azaltma planının ilk aşaması olarak literatür taramasına dayalı bir kuramsal çalışmanın yürütülmesi yalnızca anlamlı değil, aynı zamanda metodolojik bir zorunluluktur. Literatür temelli bu ilk adım, projenin sonraki tüm aşamalarına yön verecek kavramsal çerçevenin doğru biçimde kurulmasını sağlar; planlama ve karar alma süreçlerinde karşılaşılabilecek belirsizliklerin önüne geçer ve uluslararası geçerliliğe sahip uygulama standartlarıyla uyumlu bir yaklaşımın inşa edilmesine olanak tanır.

Bu kapsamda yürütülen çalışma, MARAP'ın bilimsel, yönetsel ve teknik mimarisinin bütüncül olarak kurgulanmasına rehberlik etmiş; afet risk azaltımı alanında gerek normatif belgeler gerekse uygulama düzeyinde geliştirilen stratejiler açısından güçlü bir referans zemini oluşturmuştur. Özellikle Sendai Çerçevesi gibi küresel belgeler ile Türkiye'nin TAMP, TARAP ve İRAP gibi ulusal düzenlemeleri arasında kurulan kavramsal köprüler, MARAP'ın çok düzeyli uyum kapasitesini güçlendirmiştir. Ayrıca akademik yayınlar ve teknik rehberler aracılığıyla, risk senaryoları, kırılganlık analizleri, kritik altyapı modellemeleri, CBS destekli karar sistemleri ve çok aktörlü yönetişim modelleri gibi çok sayıda kavramsal bileşenin değerlendirilmesi sağlanmıştır. Bu literatür tabanlı kavramsal altyapı sayesinde MARAP yalnızca bir eylem planı olmanın ötesine geçerek, afet risklerinin bilimsel yöntemlerle analiz edildiği, teknolojik gelişmelerle desteklendiği ve stratejik planlama mantığıyla bütünleştiği bir yönetim aracı olarak konumlanabilmektedir.

2.1 Afet Risk Azaltmada Uluslararası Politika ve Stratejiler

Uluslararası afet ve risk azaltma çalışmalarında, politika ve strateji belgeleri, hem küresel ölçekte norm belirleyici belgeler hem de bölgesel ve sektörel düzeyde uygulama rehberleri olarak kritik rol oynamaktadır. Bu belgeler, afetlerin önlenmesi, risklerin azaltılması ve krizlerin etkin yönetimi için uluslararası toplum tarafından geliştirilen kurumsal ve düzenleyici çerçeveleri tanımlar. Özellikle teknolojik, endüstriyel ve çevresel tehlikelerin giderek daha karmaşık hale geldiği günümüzde, bu belgelerin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi; sadece akademik araştırmalar açısından değil, aynı zamanda uygulayıcı kurumların politika geliştirme ve uygulama kapasiteleri bakımından da büyük önem taşımaktadır. Ancak söz konusu politika belgeleri arasında içerik, uygulama bağlamı ve bağlayıcılık düzeyi bakımından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bazı belgeler küresel ölçekte tüm ülkeleri kapsayan çerçeveler oluştururken, bazıları daha çok Avrupa Birliği (AB) düzeyinde, belirli sektörel riskler üzerinde yoğunlaşan düzenlemelerdir. Bazı belgeler doğrudan bağlayıcı bir yasal zemine otururken, bazıları rehber niteliğinde yöntem ve analiz araçları sunmakta; bazıları ise daha çok bilgi sistemleri ve kaza verisi odaklı yapılar olarak işlev görmektedir. Bu nedenle, **“Afet ve Risk Azaltma”** alanında hangi belgenin ne ölçüde öncelikli ve etkili olduğunu belirlemek için çok boyutlu bir değerlendirme gereklidir.

Bu çalışmada, afet ve risk azaltımı kapsamında öne çıkan bazı uluslararası politika ve strateji belgeleri; etki alanı (küresel, bölgesel, ulusal), kapsayıcılık (konu yelpazesi ve sektörler), uygulama ölçeği (düzenleyici mi, destekleyici mi) ve uluslararası bağlayıcılık (yasal zorunluluk içerip içermemesi) kriterleri doğrultusunda değerlendirilmiş ve önem sırasına göre sınıflandırılmış ve içerikleri detaylıca açıklanmıştır. Yapılan sıralamada, örneğin Birleşmiş Milletler (BM) çatısı altında kabul edilen ve küresel ölçekte yol gösterici nitelik taşıyan “SENDAI Afet Risk Azaltma Çerçevesi” en üst düzeyde yer alırken; AB bünyesinde geliştirilen “SEVESO Direktifi” gibi bölgesel ancak yasal olarak bağlayıcı düzenlemeler de önemli bir yer tutmuştur. Öte yandan, çeşitli risk analiz metodolojileri (ARAMIS gibi) veya kaza veri tabanları (eMARS, ARIA gibi) ise daha çok uygulamayı destekleyici nitelikte ele alınmış ve daha alt sıralarda değerlendirilmiştir. Böyle bir sıralama, afet yönetimi ve endüstriyel güvenlik alanında çalışan araştırmacılar, politika yapıcılar ve uygulayıcılar için önceliklendirme ve kaynak planlama açısından önemli bir referans sağlamaktadır.

1) SENDAI Afet Risk Azaltma Çerçevesi (2015–2030)

Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında kabul edilen SENDAI Çerçevesi, afet risklerinin azaltılması konusunda küresel ölçekte referans alınan en kapsamlı strateji belgesidir. Tüm ülkeleri kapsayan ve çok paydaşlı bir yaklaşıma dayanan bu belge, önleyici risk yönetimi anlayışını ön plana çıkarır. Afetlere karşı dirençli toplumlar oluşturmak amacıyla riskin anlaşılması, yönetişimin güçlendirilmesi, yatırım planlarının riski azaltacak şekilde şekillendirilmesi ve afet sonrası iyileşmenin

sürdürülebilir biçimde gerçekleştirilmesi gibi dört ana öncelik alanı belirlemiştir. Ulusal ve yerel stratejilere yön veren bu çerçeve, 2030 yılına kadar uygulanacak küresel bir yol haritası sunmaktadır. (https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030).

2) SEVESO Direktifi ve Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi

Avrupa Birliği tarafından geliştirilen SEVESO Direktifi, büyük endüstriyel kazaların önlenmesine ve etkilerinin sınırlandırılmasına yönelik bağlayıcı bir mevzuat çerçevesi sunar. Kimyasal ve tehlikeli madde içeren tesislerin risk analizlerini yapmalarını, güvenlik raporları hazırlamalarını ve acil durum planlarını geliştirmelerini zorunlu kılar. Direktif hem önleyici hem de müdahale süreçlerini kapsayan detaylı teknik ve yönetsel hükümler içerir. Tüm AB ülkelerinde uygulanmakta olup, Türkiye gibi aday ülkeler tarafından da iç hukuk sistemine uyarlanmıştır. Endüstriyel afetlerin yönetimi açısından en güçlü yasal düzenlemelerden biridir (https://ec.europa.eu/environment/seveso/).

3) EPA – ABD Çevre Koruma Ajansı Standartları ve Endüstriyel Güvenlik

ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA- Environmental Protection Agency), endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkilerini düzenleyen, bilimsel temelli standartlar ve düzenlemeler geliştiren öncü bir kurumdur. Kimyasal güvenlik, hava-su-toprak kirliliği kontrolü, tehlikeli atık yönetimi ve acil müdahale planlaması gibi başlıklarda kapsamlı rehberlik sağlar. EPA'nın Risk Management Program (RMP) gibi uygulamaları, tesislerin potansiyel büyük kazaları değerlendirmesini ve önlem almasını zorunlu kılar. ABD'deki düzenleyici rolünün ötesinde, EPA standartları dünya genelinde pek çok ülke için örnek teşkil eder ve uluslararası sanayi güvenliği uygulamalarına yön verir (https://www.epa.gov/rmp).

4) ECHA – Avrupa Kimyasallar Ajansı ve Kimyasal Risk Yönetimi

Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA- European Chemicals Agency), Avrupa Birliği'nin kimyasal maddelere ilişkin düzenlemeleri uygulamakla sorumlu kurumudur ve özellikle REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) ve CLP (Classification, Labelling and Packaging) düzenlemeleri çerçevesinde çalışır. ECHA, kimyasalların güvenli kullanımını sağlamak, insan sağlığını ve çevreyi korumak amacıyla risk değerlendirme, veri toplama ve iletişim süreçlerini yürütür. Tesislerin kimyasal envanterlerini ve risk analizlerini kayıt altına alır, sınıflandırır ve kamuya açık hale getirir. Kimyasal risklerin uluslararası boyutta yönetilmesinde merkezi bir rol oynar (https://echa.europa.eu/).

5) MINERVA – Avrupa Komisyonu Büyük Kaza Tehlikeleri Bürosu ve Kritik Altyapı Yönetimi (KAY)

MINERVA (Major Industrial Accidents and Emerging Risks: Visualisation and Analysis), Avrupa Komisyonu bünyesinde faaliyet gösteren ve büyük endüstriyel kazaların önlenmesiyle ilgili bilgi birikimi, analiz ve politika geliştirme desteği

sağlayan teknik bir birimdir. SEVESO Direktifi'nin uygulanmasını destekleyen çalışmalar yürütürken, aynı zamanda kritik altyapıların korunmasına yönelik risk değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sunar. MINERVA platformu, ülkeler arasında bilgi paylaşımı, iyi uygulama örnekleri ve kapasite geliştirme faaliyetleri açısından değerli bir kaynak sağlar. Her ne kadar bağlayıcı mevzuat üretmese de karar vericilere teknik rehberlik sunarak politika süreçlerini destekler (https://minerva.jrc.ec.europa.eu/).

6) ARAMIS – Risk Analiz Metodolojisi ve Uygulama Modelleri

ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for IndustrieS), endüstriyel kazaların önlenmesi amacıyla geliştirilen Avrupa merkezli bir risk analiz metodolojisidir. SEVESO tesislerine yönelik olarak, kazaya neden olabilecek tehlikeleri tanımlama, maruziyet yollarını analiz etme ve olası sonuçları değerlendirme konusunda sistematik bir çerçeve sunar. Grafiksel temsiller, karar destek araçları ve güvenlik performans göstergeleri ile kurumlara rehberlik eder. Uygulayıcılar için somut risk azaltma stratejileri geliştirme imkânı verir. Yasal bir çerçeve sunmamakla birlikte, mevcut mevzuatların uygulanmasında etkili bir teknik araç olarak öne çıkar (https://cordis.europa.eu/project/id/EVG1-CT-2001-00036).

7) eMARS – Büyük Kazaları Raporlama Sistemi

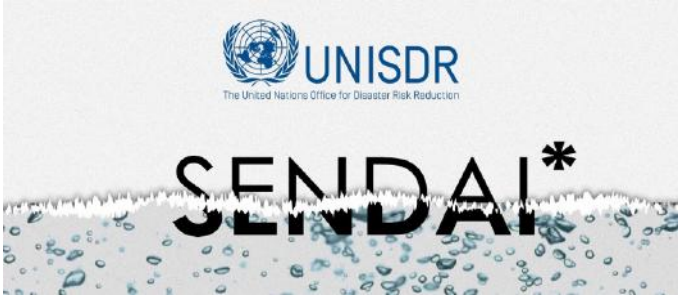
eMARS (Major Accident Reporting System), Avrupa Komisyonu tarafından yönetilen ve SEVESO Direktifi kapsamındaki büyük kazaların raporlandığı resmi bir veri sistemidir. Bu sistem, yaşanan kazaların nedenlerini, alınan önlemleri ve sonuçlarını sistematik biçimde analiz ederek, üye ülkelere geri bildirim sağlar. eMARS verileri, politika yapıcılar, denetleyici kurumlar ve araştırmacılar için önemli bir bilgi kaynağıdır. Yeni önleme stratejilerinin geliştirilmesi ve ortak risklerin belirlenmesi amacıyla kullanılır. Doğrudan düzenleyici bir belge olmasa da bilgi tabanı olarak SEVESO uygulamalarını güçlendirir (https://emars.jrc.ec.europa.eu/).

8) ARIA – Kazalara İlişkin Analiz, Araştırma ve Bilgilendirme Sistemi

ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents), Fransa merkezli bir sistem olup, teknolojik kazaların nedenlerini analiz eden ve bu bilgileri hem ulusal hem uluslararası düzeyde paylaşan bir veri tabanı ve araştırma platformudur. Kazaların sistematik biçimde sınıflandırılmasını, sonuçlarının değerlendirilmesini ve benzer durumların önlenmesine yönelik bilgi paylaşımını sağlar. ARIA, özellikle Fransız SEVESO tesislerine yönelik uygulamaları desteklerken, Avrupa genelinde de bilgi alışverişini teşvik eder. Yasal bağlayıcılığı bulunmayan bu sistem, karar destek araçlarına veri sağlayarak risk iletişimi ve farkındalık çalışmalarını güçlendirir (https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/).

2.1.1 SENDAI Afet Risk Azaltma Çerçevesi

2.1.1.1 Genel bilgiler



Afetler, toplumların yapısını ve sürdürülebilir kalkınmayı önemli ölçüde etkileyen olaylardır. Modern afet yönetimi, yalnızca kriz anı müdahalesiyle sınırlı kalmayıp, afetlerin önlenmesi ve risklerin yönetilmesini de kapsar. Bu bağlamda, Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi, Mart 2015'te Japonya'nın Sendai kentinde kabul edilmiş ve küresel afet risk yönetiminde paradigma değişikliği yaratmıştır. Sendai Çerçevesi, afet yönetiminden risk yönetimine geçişi vurgulayarak; doğal, teknolojik ve biyolojik tehditleri kapsayan bütüncül bir yaklaşım sunar. Çerçeve, riskin oluşmasını önlemede devletlerin yanı sıra yerel yönetimler, özel sektör, akademik kuruluşlar ve toplum temelli organizasyonları da sürece dâhil eder. Afetlerin nedenleriyle mücadele, kırılgan grupların korunması, sağlık altyapısının güçlendirilmesi ve sürdürülebilir kalkınma ile risk azaltımının bütünleştirilmesi temel ilkeler arasında yer alır. Sendai Çerçevesi, daha önceki Hyogo ve Yokohama stratejilerinin devamı olarak; küresel iş birliğini teşvik eder, ekonomik ve sosyal kayıpların azaltılmasını hedefler. 2005-2015 arasında afetler nedeniyle 1,3 trilyon dolar ekonomik kayıp yaşanmıştır. Çerçeve, risk temelli yatırımların artırılması, kırılgan grupların korunması ve tüm aktörlerin iş birliğini güçlendirmesi gerekliliğini vurgular. Sonuç olarak, Sendai Çerçevesi; afet risklerini önleyici, kapsayıcı ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen bir yaklaşımla yönetmeyi amaçlar. Uygulanan bu model, toplumların afetlere karşı dirençli hale gelmesini ve gelecekteki risklerin azaltılmasını sağlayacak temel bir yol haritası sunar.

2.1.1.2 Temel hedefler ve yenilikler

Sendai Çerçevesi, afet risk yönetimine yönelik küresel hedefler belirleyerek yönetişim yapılarının güçlendirilmesini ve risklerin önlenmesini merkeze alır. Afetleri sadece kriz anı değil, önceden yönetilmesi ve azaltılması gereken süreçler olarak görür. Çerçevenin ana amacı, risk yönetim stratejilerini etkinleştirip toplumsal dayanıklılığı artırmak ve sürdürülebilir kalkınma ile entegre risk azaltma mekanizmalarını güçlendirmektir. Çerçevenin getirdiği yeniliklerden biri, 2030'a kadar ulaşılması hedeflenen yedi küresel hedefin belirlenmesidir. Bunlar arasında afet kaynaklı ölümlerin ve etkilenen kişi sayısının azaltılması, ekonomik kayıpların asgariye indirilmesi ve kritik altyapının dayanıklılığının artırılması ilk sırada gelir. Ayrıca, risk azaltma stratejilerinin yaygınlaştırılması, gelişmekte olan ülkelere uluslararası desteğin güçlendirilmesi ve erken uyarı sistemlerine erişimin artırılması da temel hedeflerdendir.

Sendai Çerçevesi, afet yönetiminde devletlere öncü rol verir; ancak süreçte özel sektör, akademi, sivil toplum ve bireylerin de aktif katılımını teşvik eder. Bu çok paydaşlı yaklaşım, risklerin yalnızca kamu kurumlarıyla değil, toplumsal bütünlükle yönetilmesini amaçlar. Afet riskleri, doğal olaylarla sınırlı kalmayıp çevresel, teknolojik ve biyolojik tehditleri de kapsar. Sürdürülebilir kalkınma doğrultusunda, risk azaltıcı yatırımların uzun vadede ekonomik açıdan daha verimli olduğu vurgulanır. Özellikle altyapı projelerinde afetlere karşı dayanıklılık artırılırken, yeniden inşa süreçlerinde "Daha İyi İnşa Etme" ilkesiyle gelecekteki risklerin en aza indirilmesi hedeflenir. Son olarak, uluslararası iş birliği ve bilgi paylaşımı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde kapasite geliştirme için büyük önem taşır. Sendai Çerçevesi, tüm toplumsal kesimlerin aktif katılımıyla sürdürülebilir ve dirençli bir afet yönetimi modeli ortaya koyar. Böylece kriz yönetiminden çok, önleyici ve kapsayıcı bir yaklaşım benimsenmiş olur.

2.1.1.3 "Dört Öncelikli Eylem Alanı"

Sendai Çerçevesi, afet risk yönetiminde bütüncül ve sistematik bir yaklaşımı benimseyerek, afetlerin olası zararlarını minimize etmeyi ve toplumların dirençliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, afet risklerinin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için dört temel öncelikli eylem alanı belirlenmiştir (Şekil 2-1). Bu eylem alanları, risklerin belirlenmesi ve anlaşılmasından yönetişim mekanizmalarının geliştirilmesine, finansal ve yapısal yatırımlardan afet sonrası iyileştirme süreçlerine kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Bu yaklaşımla Sendai Çerçevesi, yalnızca afet sonrası müdahaleye odaklanan geleneksel yönetim anlayışını terk ederek, önleyici ve sürdürülebilir bir afet risk yönetimi sistematiğini teşvik etmektedir.

Şekil 2-1 Afet risk yönetiminde Sendai Çerçevesinin Stratejik Yaklaşımları

Sendai Çerçevesi'nin ilk öncelikli eylem alanı afet riskinin anlaşılmasıdır. Etkin bir risk yönetimi stratejisi oluşturulabilmesi için, afet riskinin tüm boyutlarıyla ele alınması ve kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Risk yönetimi politikalarının ve uygulamalarının bilimsel temellere dayanması, doğru ve güncel verilerle desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, afet risk yönetimi süreçleri; maruziyet, kırılganlık, tehlike ve kapasite gibi bileşenleri içeren çok boyutlu bir analiz çerçevesine oturtulmalıdır. Doğru bir risk değerlendirmesi yapabilmek için, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), uzaktan algılama teknolojileri ve büyük veri analitiği gibi modern veri toplama ve analiz yöntemlerinin kullanımı teşvik edilmelidir. Aynı zamanda, afet kayıplarının detaylı bir şekilde kayıt altına alınması ve geçmiş afetlerin analiz edilerek gelecekteki risklerin modellenmesi büyük önem taşımaktadır. Sendai Çerçevesi, risk değerlendirmesinde yalnızca teknik ve bilimsel yaklaşımları değil, aynı zamanda geleneksel, yerel ve toplumsal bilgi sistemlerini de içeren katılımcı bir metodolojiyi benimsemektedir. Toplumun tüm kesimlerinin afet risk bilgisine erişimini artırmak, erken uyarı sistemlerini güçlendirmek ve risk farkındalığını artırmaya yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerini yaygınlaştırmak bu eylem alanının temel bileşenlerindendir.

İkinci öncelikli eylem alanı afet risk yönetimi kapasitesinin güçlendirilmesi olarak tanımlanmıştır. Afet risklerinin azaltılabilmesi için güçlü ve etkin bir yönetişim yapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda, ulusal ve yerel yönetimlerin afet risk yönetimi süreçlerini yasal, kurumsal ve stratejik çerçevelerle desteklemesi gerekmektedir. Afet risk yönetimi politikalarının ulusal kalkınma stratejileriyle entegre edilmesi, sektörel planlamalar ve düzenlemelerle uyumlu hale getirilmesi kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Sendai Çerçevesi, afet yönetiminin yalnızca merkezi hükümetlerin sorumluluğunda olmadığını, yerel yönetimlerin, özel sektörün, akademik kurumların ve sivil toplum kuruluşlarının da bu süreçte etkin roller üstlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Yönetişim mekanizmalarının güçlendirilmesi, şeffaf ve hesap verebilir bir afet risk yönetimi sürecinin oluşturulmasını sağlayarak, kamu ve özel sektör arasında daha güçlü iş birliklerinin kurulmasına zemin hazırlayacaktır. Bu kapsamda, devletlerin risk azaltma politikalarına yönelik yasal düzenlemeleri hayata geçirmesi, risk yönetimi süreçlerine finansal ve teknik kaynak tahsis etmesi ve yerel yönetimlerin afet risklerini azaltma kapasitelerini artırması hedeflenmektedir. Ayrıca, uluslararası iş birliği mekanizmalarının güçlendirilmesi, afet yönetimi politikalarının bölgesel ve küresel düzeyde daha koordineli bir şekilde uygulanmasına katkı sunacaktır.

Üçüncü öncelikli eylem alanı afet risk azaltımı için finansal ve yapısal yatırımların teşvik edilmesidir. Afetlerin neden olduğu ekonomik kayıpların en aza indirilebilmesi için, risk azaltma önlemlerine yönelik yatırımların artırılması gerekmektedir. Yapısal önlemler kapsamında, afetlere dayanıklı altyapı sistemlerinin oluşturulması, şehir planlamalarının afet risklerine duyarlı hale getirilmesi ve kritik altyapıların (hastaneler, okullar, enerji ve ulaşım ağları gibi) dirençli hale getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Sendai Çerçevesi, özellikle riskli

bölgelerde sürdürülebilir arazi kullanım politikalarının benimsenmesini, şehirleşme süreçlerinin afet risklerine uygun şekilde planlanmasını ve afet risk azaltımı odaklı mühendislik standartlarının geliştirilmesini önermektedir. Bunun yanı sıra, finansal yatırımlar kapsamında, afet sigortası sistemlerinin geliştirilmesi, risk transfer mekanizmalarının yaygınlaştırılması ve afet risklerini minimize etmeye yönelik ekonomik teşviklerin artırılması önerilmektedir. Afet risklerinin ekonomik maliyetlerinin azaltılması için, özel sektörün risk yönetimi süreçlerine daha fazla entegre edilmesi gerekmektedir. İş dünyasının afet risk yönetimi politikalarına katılımı, ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak açısından kritik bir faktördür. Ayrıca, devletlerin kamu yatırımlarını afet risk azaltımı hedefleriyle uyumlu hale getirmesi ve uzun vadeli risk yönetimi politikalarına uygun şekilde kaynak tahsis etmesi gerekmektedir.

Dördüncü öncelikli eylem alanı afetlere karşı hazırlıklı olma ve “Daha İyi İnşa Etme” yaklaşımıdır. Afetlerin tamamen önlenmesi mümkün olmasa da, etkilerini en aza indirmek için önleyici ve hazırlıklı olma süreçlerinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, afet senaryolarına dayalı hazırlık planlarının oluşturulması ve toplumların afetlere karşı bilinçlendirilmesi önemli adımlar olarak öne çıkmaktadır. Afet sonrası iyileştirme süreçlerinde, yalnızca mevcut durumun eski haline getirilmesi değil, aynı zamanda daha dirençli sistemler oluşturulmasını amaçlayan “Daha İyi İnşa Etme” ilkesi benimsenmelidir. Bu ilke, afetlerden sonra gerçekleştirilen yeniden inşa süreçlerinin, gelecekte benzer afetlerin etkilerini en aza indirecek şekilde planlanmasını öngörmektedir. Afet sonrası iyileştirme süreçlerinde, risk azaltıcı önlemlerin entegre edilmesi, dayanıklı altyapıların inşa edilmesi ve afet bölgelerindeki toplumsal direncin artırılması öncelikli stratejiler arasında yer almaktadır. Ayrıca, afetlerden etkilenen toplulukların ekonomik ve sosyal olarak desteklenmesi, yeniden yerleşim süreçlerinin planlı bir şekilde yürütülmesi ve yerel ekonomilerin sürdürülebilir şekilde yeniden inşa edilmesi bu sürecin temel bileşenleridir.

Sendai Çerçevesi’nin dört öncelikli eylem alanı, afet risk yönetiminin çok boyutlu ve uzun vadeli bir süreç olduğunu göstermektedir. Afetlerin yalnızca acil müdahale gerektiren olaylar olarak ele alınması yerine, risklerin belirlenmesi ve yönetilmesi sürecine odaklanılması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu kapsamda, bilimsel temelli veri analizi ve karar alma mekanizmalarının güçlendirilmesi, kamu ve özel sektör arasında iş birliklerinin teşvik edilmesi, afet risklerine yönelik ekonomik yatırımların artırılması ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinin sürdürülebilir bir çerçevede yürütülmesi gerekmektedir. Sendai Çerçevesi, afet risk yönetiminin yalnızca devletlerin sorumluluğunda olmadığını, toplumun tüm kesimlerinin bu sürece aktif olarak katılması gerektiğini vurgulayarak, dayanıklı ve sürdürülebilir bir gelecek inşa etmeye yönelik kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır. Bu kapsamda, belirlenen dört öncelikli eylem alanının etkin şekilde uygulanması, afet risklerinin azaltılması ve toplumların afetlere karşı daha dirençli hale getirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır.

2.1.1.4 Küresel Temel 7 Hedef

Sendai Çerçevesi, afet risk yönetiminde bütüncül ve önleyici bir yaklaşımı benimseyerek, küresel düzeyde afet risklerinin azaltılmasına yönelik somut hedefler belirlemiştir (Şekil 2-2). Bu hedefler, yalnızca afet sonrası müdahaleye değil, afetlerin önlenmesi ve toplumların dayanıklılığının artırılmasına yönelik uzun vadeli politikaları içermektedir. Sendai Çerçevesi kapsamında belirlenen yedi küresel hedef, doğrudan afetlerin insan yaşamına, ekonomiye, altyapıya ve toplumsal yapılara etkilerini minimize etmeyi amaçlamakta ve bu doğrultuda uluslararası iş birliğini teşvik etmektedir.

Belirlenen hedefler, 2005-2015 yılları arasında yürürlükte olan Hyogo Çerçevesi'nin deneyimlerinden yola çıkarak geliştirilmiş olup, 2030 yılına kadar ülkelerin afet risk yönetimi stratejilerini güçlendirmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, küresel hedefler hem ulusal hem de yerel yönetimler için rehber niteliği taşımakta ve afet risk yönetimi politikalarının daha etkin ve ölçülebilir hale getirilmesine katkı sunmaktadır.

1) Afet kaynaklı can kayıplarının azaltılması

Sendai Çerçevesi'nin en temel küresel hedeflerinden biri, afetler nedeniyle yaşanan ölümlerin azaltılmasıdır. 2005-2015 yılları arasında dünya genelinde büyük ölçekli afetler nedeniyle yüz binlerce insan hayatını kaybetmiş, milyonlarca kişi ise doğrudan veya dolaylı olarak afetlerin etkilerine maruz kalmıştır. Afetlerin ölümcül etkilerini en aza indirmek için erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi, tahliye planlarının geliştirilmesi ve kriz anında hızlı müdahale kapasitesinin artırılması büyük önem taşımaktadır. Bu hedef doğrultusunda, toplumların afetlere karşı daha hazırlıklı hale gelmesi için eğitim programları yaygınlaştırılmalı ve kırılgan grupların korunmasına yönelik özel stratejiler geliştirilmelidir. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, afet kaynaklı ölümlerin yüksek olmasının temel nedenlerinden biri, risk azaltma politikalarının yetersizliği ve afet öncesi hazırlık seviyelerinin düşük olmasıdır. Bu nedenle, Sendai Çerçevesi bu ülkelerde risk yönetim kapasitesinin artırılmasını, altyapı yatırımlarının güçlendirilmesini ve afetlere karşı daha hızlı tepki verebilecek sistemlerin kurulmasını teşvik etmektedir.

2) Afetlerden etkilenen kişi sayısının azaltılması

Afetler, doğrudan fiziksel yıkıma neden olmanın ötesinde, toplumları sosyo-ekonomik açıdan da derinden etkilemektedir. Sendai Çerçevesi'nin ikinci küresel hedefi, afetlerden etkilenen kişi sayısını azaltmak ve risklerin yönetilmesine yönelik kapasite geliştirme faaliyetlerini yaygınlaştırmaktır. Bu hedef, özellikle düşük gelirli toplulukların afetlere karşı daha savunmasız olması gerçeğinden hareketle, sosyal ve ekonomik dayanıklılığın artırılmasını hedeflemektedir. Afetlerin neden olduğu kitlesel göçler, barınma sorunları ve gıda güvenliği gibi konular da bu hedefin kapsamı içinde değerlendirilmelidir. Özellikle şehirleşme sürecinin plansız ilerlediği bölgelerde, risk analizine dayalı kentleşme politikalarının benimsenmesi, afetlerden etkilenen kişi sayısının azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda, afet

risklerinin azaltılmasına yönelik mekânsal planlama süreçlerinin geliştirilmesi, risk haritalarının oluşturulması ve toplumsal farkındalık seviyesinin yükseltilmesi gerekmektedir.

3) Afetlerin ekonomik kayıplara etkisini azaltmak

Afetler, yalnızca insan kayıplarına değil, aynı zamanda ciddi ekonomik kayıplara da yol açmaktadır. 2005-2015 yılları arasında dünya genelinde afetler nedeniyle meydana gelen ekonomik kayıpların toplamı 1,3 trilyon doları aşmıştır. Bu durum, afetlerin küresel ekonomiyi nasıl etkilediğini ve ülkelerin ekonomik büyümesini nasıl engelleyebileceğini açıkça göstermektedir. Bu hedef doğrultusunda, ülkelerin ekonomik kayıpları minimize etmek için risk azaltıcı yatırımları teşvik etmeleri gerekmektedir. Afet sigortası mekanizmalarının yaygınlaştırılması, risk transfer modellerinin oluşturulması ve özel sektörün afet risk yönetimine dahil edilmesi, ekonomik kayıpların önlenmesine yardımcı olacaktır. Aynı zamanda, altyapı yatırımlarının afetlere dayanıklı hale getirilmesi, sanayi ve tarım sektörlerinde risk yönetimi politikalarının uygulanması gibi önlemler ekonomik kayıpların azaltılmasına katkı sunacaktır.

4) Kritik altyapı ve temel hizmetlerin dirençliliğinin artırılması

Hastaneler, okullar, enerji sistemleri, su altyapıları ve ulaşım ağları gibi kritik altyapılar, afetler sırasında büyük zarar görebilmektedir. Sendai Çerçevesi'nin dördüncü hedefi, bu tür temel hizmetlerin afetlere karşı daha dayanıklı hale getirilmesini sağlamaktır. Altyapı sistemlerinin afetlere dayanıklı hale getirilmesi için, mühendislik standartlarının gözden geçirilmesi ve risk azaltma önlemlerinin kent planlamalarına entegre edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, altyapı sistemlerine yapılacak yatırımlarda afet risklerinin dikkate alınması, kamu ve özel sektör iş birliklerinin güçlendirilmesi kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

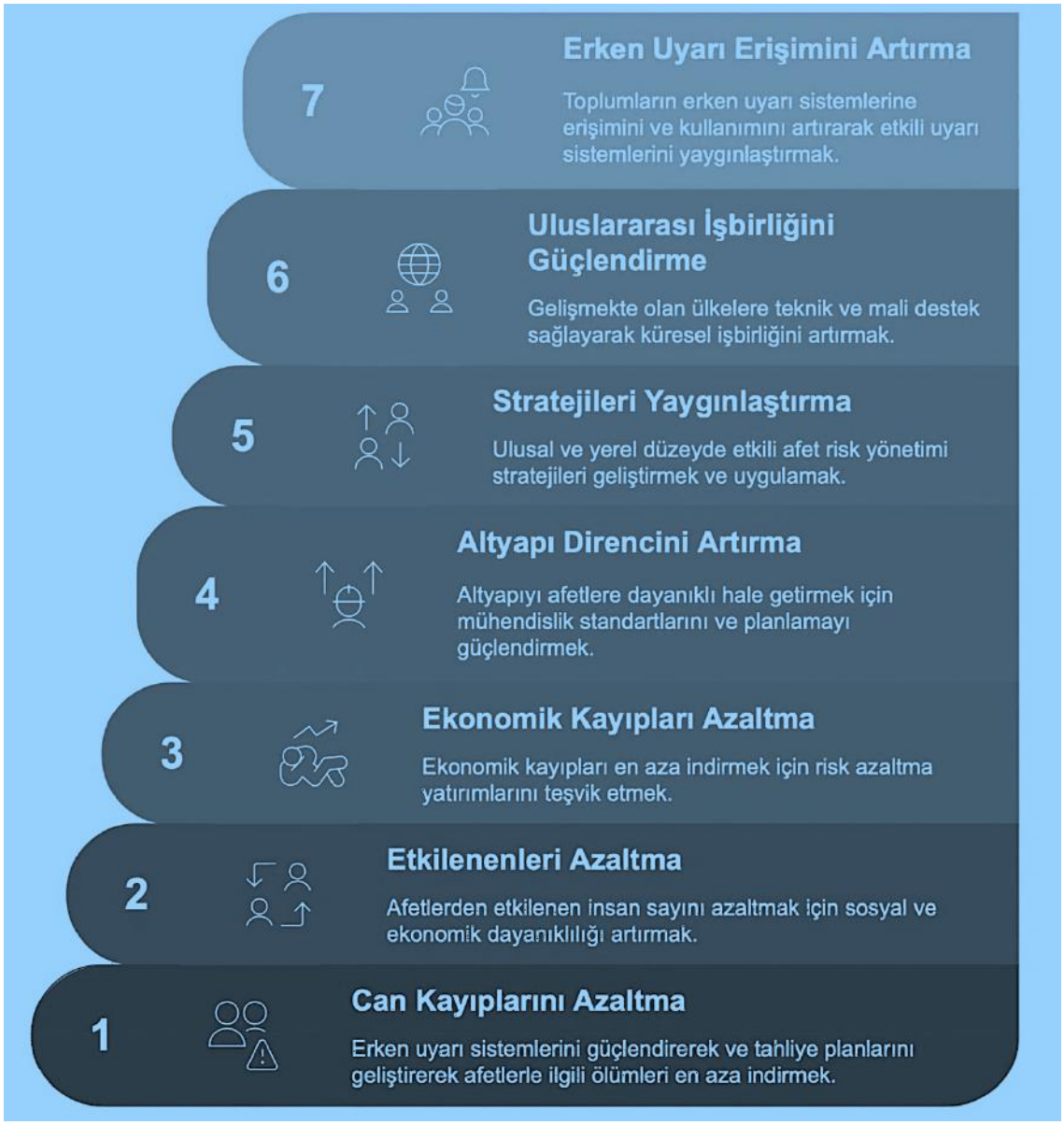
5) Ulusal ve yerel afet risk azaltma stratejilerinin yaygınlaştırılması

Afet risk yönetimi politikalarının etkin bir şekilde uygulanabilmesi için, her ülkenin kendi ulusal ve yerel düzeyde risk azaltma stratejilerini oluşturması gerekmektedir. Sendai Çerçevesi, devletlerin afet risk yönetimi konusunda güçlü yasal ve kurumsal çerçeveler oluşturmasını teşvik etmektedir. Bu hedef doğrultusunda, ülkelerin afet yönetimi kapasitelerini artırmaları, politika ve strateji belgelerini geliştirmeleri ve bu stratejileri yerel düzeyde etkin bir şekilde uygulamaları beklenmektedir. Ayrıca, toplulukların afet risklerine karşı bilinçlendirilmesi ve afet yönetim süreçlerine dahil edilmesi bu hedefin başarısı açısından kritik bir faktördür.

6) Uluslararası iş birliği ve teknik destek mekanizmaları

Sendai Çerçevesi, afet risk yönetiminde uluslararası iş birliğinin artırılmasını ve gelişmekte olan ülkeler için teknik ve mali destek mekanizmalarının yaygınlaştırılmasını önermektedir. Afet risk yönetimi kapasiteleri sınırlı olan ülkeler için, uluslararası fonlar, eğitim programları ve teknoloji transferi gibi desteklerin

sağlanması, risklerin azaltılmasında kritik rol oynamaktadır. Bu kapsamda, gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkelere finansal ve teknik destek sağlaması, küresel afet risk yönetimi sisteminin daha güçlü hale getirilmesine katkı sunacaktır. Ayrıca, bölgesel ve küresel iş birliği platformları aracılığıyla bilgi paylaşımının artırılması hedeflenmektedir.



Şekil 2-2 Sendai Çerçevesinde afet risklerinin azaltılmasına yönelik 7 hedef

7) Afet erken uyarı sistemlerine erişimin artırılması

Afetlerin etkilerini minimize etmenin en etkili yollarından biri, erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi ve toplumların bu sistemlere erişiminin artırılmasıdır. Sendai Çerçevesi, çoklu afet erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılmasını, afet risk bilgilerine erişimin kolaylaştırılmasını ve toplumların bilinçlendirilmesini önermektedir. Bu hedef doğrultusunda, devletlerin erken uyarı sistemlerine yönelik yatırımları artırması, afet senaryoları üzerine düzenli tatbikatlar gerçekleştirmesi ve

toplumların bu sistemleri etkin bir şekilde kullanmasını sağlayacak bilinçlendirme faaliyetlerini yaygınlaştırması beklenmektedir. Sendai Çerçevesi'nin belirlediği bu yedi küresel hedef, afet risk yönetiminin yalnızca bir güvenlik meselesi değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmanın ayrılmaz bir parçası olduğunu göstermektedir.

2.1.1.5 Sendai Çerçevesinin Türkiye açısından ve genel sonuç değerlendirmesi

Sendai Çerçevesi, afet risk yönetiminde küresel ölçekte kabul gören kapsayıcı bir politika belgesidir. Bu çerçeve, afetlerin önlenmesi ve risklerin azaltılmasıyla toplumsal dayanıklılığın güçlendirilmesini öncelikli hedef olarak belirler. Afet sonrası müdahaleden öte, risklerin yönetilmesi ve altyapıların güçlendirilmesi, önleyici ve proaktif bir yaklaşımla ele alınır. Dört temel önceliği, afet risklerinin anlaşılması, yönetişimin güçlendirilmesi, risk azaltıcı yatırımların teşviki ve iyileştirme süreçlerinde "Daha İyi İnşa Etme" ilkesinin benimsenmesi olarak özetlenebilir.

Yedi küresel hedef, can kaybı ve ekonomik kayıpların azaltılması, kritik altyapıların dayanıklılığı ve ulusal stratejilerin yaygınlaştırılması gibi ölçülebilir sonuçlara odaklanır. Ayrıca, uluslararası iş birliği ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi de öncelikler arasındadır. Sendai Çerçevesi, hükümetlerin yanı sıra özel sektör, sivil toplum ve bireylerin de aktif katılımını teşvik eder. Özellikle risk yönetiminde çok paydaşlı yaklaşımın önemi vurgulanır; ekonomik sürdürülebilirlik adına özel sektör ve sigorta sistemlerinin rolü öne çıkar. Çerçevenin başarısı, yerel yönetimlerin ve toplulukların uygulamadaki etkinliğine bağlıdır. Bu nedenle, yerel düzeyde risk azaltıcı politikaların hayata geçirilmesi, farkındalık eğitimleri ve toplumsal katılım büyük önem taşır. Başarılı bir afet risk yönetimi için devletlerin uzun vadeli, bütüncül ve bilim temelli politikalar geliştirmesi gerekmektedir. Uluslararası iş birliği ve teknik destek, özellikle gelişmekte olan ülkelerde kapasite artırımı açısından kritiktir. Sonuç olarak, Sendai Çerçevesi önleyici, kapsayıcı ve sürdürülebilir yaklaşımlar sunar; toplumun tüm kesimlerinin katılımıyla afetlere karşı daha dirençli bir yapı oluşturmayı hedefler. Çerçeve, afet risklerinin azaltılmasını kalkınma süreçlerinin ayrılmaz bir parçası olarak tanımlar ve gelecekteki kayıpların önlenmesinde kapsamlı bir yol haritası sunar.

Türkiye açısından; Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi, afet risklerinin azaltılmasına ilişkin küresel hedef, ilke ve öncelikleri tanımlayan temel uluslararası strateji belgesidir. Türkiye, 2015 yılında yürürlüğe giren bu çerçeveyi ulusal afet yönetimi sistemine entegre etmek amacıyla başta **Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP)** olmak üzere, **il bazlı İRAP** gibi stratejik planlama araçlarını geliştirmiştir. Sendai'nin dört önceliği (afet riskini anlamak, risk yönetim kapasitesini güçlendirmek, afet risk azaltmaya yatırım yapmak, etkin müdahale ve yeniden yapılanmayı hızlandırmak) Türkiye'nin 2019-2023 stratejik planlarında ve AFAD öncülüğünde yürütülen projelerde doğrudan karşılık bulmaktadır. Örneğin Türkiye'de son dönemde İRAP çalışmalarıyla **afet risklerinin haritalanması ve mekânsal önceliklendirme**, Sendai'nin birinci ve ikinci öncelikleriyle doğrudan

ilişkilidir. Ayrıca AFAD'ın ARAMIS (Afet Risk Azaltma Yönetim Bilgi Sistemi) ve TEHMA (Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması Projesi) projeleri hem risk azaltma yatırımlarının planlanması hem de olay sonrası toparlanmanın hızlandırılması hedefleriyle örtüşmektedir.

Bu çerçevede Sendai'nin dört temel önceliği, Türkiye'de geliştirilen TARAP, İRAP ve bu proje kapsamında geliştirilmesi planlanan BARAP gibi ulusal planlarla büyük ölçüde örtüşmekte; riskin anlaşılması, azaltılması ve müdahale kapasitesinin artırılması açısından benzer hedefler gözetilmektedir. Özellikle İRAP projelerinde mekânsal risk analizleri ve öncelikli alanların belirlenmesi, Sendai'nin risk temelli yönetim anlayışının yerel ölçekte uygulanmasına imkân sağlamaktadır.

Örneğin:

- **Riskin anlaşılması ve bilgi tabanının geliştirilmesi (Sendai Öncelik 1)**: Türkiye genelinde yapılan İRAP çalışmaları ile tehlike ve risk haritaları üretilmiş, öncelikli yerleşim alanları belirlenmiştir. AFAD'ın TEHMA ve ARAMIS projeleri bu alanda veri üretimini ve paylaşımını desteklemektedir.
- **Risk yönetim kapasitesinin güçlendirilmesi (Sendai Öncelik 2)**: Türkiye'de AFAD koordinasyonunda kamu kurumları, belediyeler ve özel sektör için kapasite geliştirme eğitimleri düzenlenmiş; yerel düzeyde müdahale planları güncellenmiştir.
- **Risk azaltmaya yatırım yapılması (Sendai Öncelik 3)**: Belediyeler düzeyinde afet odaklı kentsel dönüşüm projeleri ve kritik altyapının güçlendirilmesine yönelik yatırımlar gerçekleştirilmiştir. Örneğin İstanbul'da riskli yapıların yenilenmesi ve mikro-bölgeleme çalışmaları bu kapsamda değerlendirilebilir.
- **Afet sonrası toparlanma ve daha iyi yeniden yapılanmanın sağlanması (Sendai Öncelik 4):** Türkiye'de özellikle İzmir ve Maraş depremlerinden sonra uygulanan yeniden inşa programları, afet sonrası süreçlerin hızlandırılması ve daha dayanıklı yapı stokunun oluşturulmasına odaklanmıştır.

2.1.1.6 Sendai Çerçevesine benzer nitelikte diğer çalışmalar

Sendai Çerçevesi, afet risk yönetimi konusunda en kapsamlı uluslararası politika belgelerinden biri olsa da küresel ölçekte risk yönetimi, iklim değişikliği, sürdürülebilir kalkınma ve kriz yönetimi gibi alanları kapsayan başka önemli raporlar ve çerçeve belgeleri de bulunmaktadır. Bu çalışmalar, Sendai Çerçevesi ile doğrudan veya dolaylı olarak ilişkili olup, küresel ölçekte dayanıklılığı artırmaya yönelik politika ve stratejiler içermektedir.

1) Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SDG'ler) - 2030 gündemi ve afet risk yönetimiyle ilişkisi

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (Sustainable Development Goals - SDGs), 2015 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından kabul edilen ve 2030 yılına kadar küresel sürdürülebilir kalkınmayı

yönlendirmeyi amaçlayan 17 ana hedeften oluşan kapsamlı bir çerçevedir. SDG'ler, çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliği destekleyerek küresel refahı artırmayı, eşitsizlikleri azaltmayı ve insan haklarını güçlendirmeyi hedeflemektedir. Bu hedefler, özellikle yoksullukla mücadele, sağlık, eğitim, temiz su ve sanitasyon, sürdürülebilir şehirleşme ve iklim değişikliği ile mücadele konularına odaklanmaktadır. Sendai Çerçevesi ile doğrudan bağlantılı olan SDG'ler, afet risk yönetimi ve toplumsal dayanıklılığın artırılması açısından önemli stratejik hedefler içermektedir.

Afet risk yönetimi, sürdürülebilir kalkınmanın ayrılmaz bir parçasıdır. Afetler, yoksulluğun artmasına, ekonomik istikrarsızlığa, gıda güvensizliğine, sağlık hizmetlerinin aksamasına ve eğitimde kesintilere neden olarak, kalkınma süreçlerini geriye götüren önemli bir faktördür. Bu bağlamda, SDG'lerin afet risk yönetimi ile doğrudan bağlantılı olduğu iki kritik hedefi **Hedef 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar ve Hedef 13: İklim Eylemi** olarak öne çıkmaktadır.

SDG 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar: Hedef 11, kentlerin ve insan yerleşimlerinin güvenli, sürdürülebilir, kapsayıcı ve dirençli hale getirilmesini amaçlamaktadır. Günümüzde dünya nüfusunun yarısından fazlası kentlerde yaşamaktadır ve bu oranın 2050'ye kadar %70'e ulaşması beklenmektedir. Ancak hızlı kentleşme, afet risklerini artıran önemli bir faktördür. Plansız şehirleşme, altyapı eksiklikleri, düşük kaliteli yapılaşma ve çevresel bozulmalar, özellikle gelişmekte olan ülkelerde doğal afetlere karşı kırılganlığı artırmaktadır.

Afet risklerini azaltmak ve şehirleri daha dirençli hale getirmek için aşağıdaki önlemler kritik önem taşımaktadır:

- **Afet risklerine duyarlı kent planlamasının uygulanması:** Yerleşim alanları, taşkın riskleri, fay hatları ve diğer doğal afet tehlikeleri göz önüne alınarak planlanmalıdır.
- **Dayanıklı altyapı yatırımları:** Ulaşım, enerji ve su altyapıları afetlere karşı dirençli hale getirilmelidir.
- **Kentsel dönüşüm süreçlerinin afet riskleriyle entegre edilmesi:** Deprem, sel ve diğer afetlere karşı eski yapıların yenilenmesi ve güçlendirilmesi gerekmektedir.
- **Yeşil alanların artırılması:** Doğal afetlerin etkilerini azaltmak için ekosistem temelli çözümler teşvik edilmelidir.

Sendai Çerçevesi ile doğrudan bağlantılı olan bu hedef, şehirlerde afetlere karşı dayanıklılığı artırmayı ve risk yönetimi politikalarının kent yönetim süreçlerine entegre edilmesini teşvik etmektedir.

SDG 13: İklim Eylemi: Hedef 13, iklim değişikliğine karşı acil önlemler alınmasını ve iklim değişikliğine uyum sağlama kapasitesinin artırılmasını amaçlamaktadır. Günümüzde küresel ısınma nedeniyle afetlerin sıklığı ve şiddeti

artmaktadır. IPCC raporları, sıcaklık artışlarının küresel ölçekte daha fazla kuraklık, kasırga, sel ve orman yangını riskine neden olduğunu ortaya koymaktadır. Sendai Çerçevesi ile doğrudan bağlantılı olan bu hedef kapsamında ele alınması gereken kritik noktalar şunlardır:

- **İklim değişikliğine bağlı afet risklerinin yönetilmesi:** Kuraklık, yükselen deniz seviyeleri ve aşırı hava olayları gibi riskler için uzun vadeli stratejiler geliştirilmelidir.
- **Sera gazı emisyonlarının azaltılması:** İklim değişikliğini önlemek için fosil yakıt tüketimi azaltılmalı ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş hızlandırılmalıdır.
- **Toplumların iklim değişikliğine uyum kapasitelerinin artırılması:** Kırılgan topluluklar için su yönetimi, tarım sistemleri ve erken uyarı sistemleri gibi mekanizmalar geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.
- **Afet sonrası toparlanma süreçlerinin sürdürülebilir hale getirilmesi:** Afetlerin ardından altyapı, ekonomi ve toplumsal sistemlerin daha dayanıklı şekilde yeniden inşa edilmesi gerekmektedir.

SDG'lerin afet risk yönetimi açısından önemi

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, afet risk yönetimi ile entegre edildiğinde, uzun vadede daha güvenli, dirençli ve sürdürülebilir toplumlar oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. SDG'ler, afetlerin yol açtığı yıkıcı etkileri azaltmak için yalnızca kriz yönetimi perspektifini değil, risk azaltıcı ve önleyici politikaların uygulanmasını da teşvik etmektedir.

Sendai Çerçevesi'nin öngördüğü afet risk yönetimi stratejileri, SDG'lerin başarısı için kritik bir bileşen olarak değerlendirilmektedir. SDG'ler ile Sendai Çerçevesi arasında güçlü bir sinerji bulunmaktadır: afet risklerini azaltmak, iklim değişikliğinin etkilerini yönetmek ve dirençli kentler oluşturmak, uzun vadede kalkınmayı destekleyen temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, SDG'ler, afetlerin kalkınma üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan bir politika çerçevesi sunmakta ve Sendai Çerçevesi ile paralel olarak, afetlere karşı daha dirençli toplumlar oluşturmak için yol gösterici bir rehber niteliği taşımaktadır. Afet risk yönetimi ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki bu güçlü bağlantının, küresel politikalar ve uygulamalar çerçevesinde daha da güçlendirilmesi, 2030 hedeflerine ulaşılması açısından kritik öneme sahiptir.

Türkiye açısından; Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG'ler), afet risk azaltımı ve iklim adaptasyonu başta olmak üzere çok boyutlu kalkınma dinamiklerini bütüncül bir çerçevede ele almayı hedefleyen küresel stratejik yol haritalarıdır. Türkiye, SDG'lerin yürürlüğe girdiği 2015 yılından itibaren bu hedefleri ulusal plan ve programlarına entegre etmeye yönelik kurumsal mekanizmalar geliştirmiştir. Özellikle **11. Kalkınma Planı (2019-2023)**, SDG'lerin ulusal önceliklerle entegrasyonu bakımından temel politika dokümanı niteliğindedir.

Afet risk azaltımı ve dayanıklılık açısından doğrudan ilişkilendirilen **SDG 11 (Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar)** ile **SDG 13 (İklim Eylemi)**, Türkiye'de **TARAP**, **İRAP**, **İklim Değişikliği Eylem Planları** gibi çok katmanlı stratejik belgeler aracılığıyla somutlaşmaktadır. Bu belgeler, SDG'lerin hedef odaklı yaklaşımını ulusal düzeyde operasyonel hale getirerek hem risk azaltımı hem de iklim uyumu konularında projelerin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Örneğin İRAP kapsamında yapılan **mekânsal risk analizleri**, SDG 11'in alt hedeflerinden olan "afet risklerini önemli ölçüde azaltmak" amacıyla doğrudan örtüşmektedir. Benzer şekilde, Türkiye'nin **Ulusal Katkı Beyanı (NDC)** ve sektörel karbon azaltım stratejileri, SDG 13'ün temel çerçevesine entegre edilmiştir.

Türkiye aynı zamanda BM Gönüllü **Ulusal Gözden Geçirme (VNR)** raporları aracılığıyla SDG uygulamalarındaki ilerlemelerini uluslararası kamuoyuna düzenli olarak sunmakta ve böylece hesap verebilirlik mekanizmasını güçlendirmektedir. **Türkiye'nin VNR raporları, özellikle SDG 11 ve 13'e** dair yerel uygulamaların ölçeklenmesi, kapasite geliştirme faaliyetlerinin yaygınlaştırılması ve dayanıklılık odaklı yatırımların artırılması gibi alanlarda önemli çıktılar sağlamıştır. Bu süreç, SDG'lerin yalnızca stratejik belgelerde yer almakla kalmayıp, çok düzeyli yönetişim mekanizmaları (AFAD'ın koordinasyonu, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın teknik rehberliği, belediyelerin yerel uygulama rolleri) aracılığıyla somutlaştırılmasını mümkün kılmıştır. Dolayısıyla SDG'lerin Türkiye'deki afet risk azaltımı ve iklim uyumu ekseninde uygulanabilirliği; ulusal kalkınma planları, sektörel stratejiler, il düzeyindeki İRAP'lar ve yerel yönetim projeleri gibi çok katmanlı politika setlerinin birlikte işletilmesi sayesinde, hem uluslararası hedeflerle güçlü bir paralellik oluşturmakta hem de sürdürülebilir kalkınma paradigmasının yerel ölçeklerde içselleştirilmesine zemin hazırlamaktadır.Paris iklim anlaşması ve afet risk yönetimiyle ilişkisi

Paris İklim Anlaşması, küresel ölçekte iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve uzun vadede sürdürülebilir bir çevresel politika oluşturmak amacıyla 2015 yılında 195 ülkenin katılımıyla kabul edilen uluslararası bir anlaşmadır. Anlaşma, küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelere kıyasla 2°C'nin altında tutmayı ve mümkünse 1,5°C ile sınırlandırmayı hedefleyen bağlayıcı bir çerçeve sunmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerinin giderek daha belirgin hale gelmesi ve doğal afetlerin sıklığının artması, Paris İklim Anlaşması'nın afet risk yönetimi açısından kritik bir rol üstlenmesini sağlamaktadır.

Sendai Çerçevesi ile doğrudan bağlantılı olan Paris İklim Anlaşması, iklim değişikliğine bağlı afetlerin (sel, kuraklık, sıcak hava dalgaları, orman yangınları, kasırgalar vb.) önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için küresel ölçekte uyum politikalarının geliştirilmesini teşvik etmektedir. İklim değişikliğiyle mücadelede sera gazı emisyonlarının azaltılması, iklim uyum mekanizmalarının geliştirilmesi ve iklim finansmanı sistemlerinin yaygınlaştırılması, afet risk yönetimi süreçlerinin başarısını doğrudan etkileyen temel faktörlerdir.

İklim değişikliği ve afet risk yönetimi arasındaki bağlantı

İklim değişikliği, küresel ölçekte ekosistemleri, su kaynaklarını, gıda üretimini ve insan sağlığını tehdit eden çevresel değişimlere neden olmaktadır. IPCC (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli) raporlarına göre, küresel sıcaklık artışı, aşırı hava olaylarının sıklığını ve şiddetini artırarak daha fazla doğal afete yol açmaktadır. Bu bağlamda, Paris İklim Anlaşması'nın afet risk yönetimiyle bağlantılı olduğu temel noktalar şu şekildedir:

- **Sıcak hava dalgaları ve orman yangınlarının artışı:** Artan sıcaklıklar, daha uzun ve yoğun sıcak hava dalgalarına neden olmakta, bu durum özellikle kurak bölgelerde orman yangınlarının yayılmasını hızlandırmaktadır.
- **Şiddetli fırtınalar ve kasırgalar:** Okyanus sıcaklıklarının yükselmesi, tropikal siklonların daha yoğun ve yıkıcı hale gelmesine yol açmaktadır.
- **Deniz seviyesinin yükselmesi ve kıyı bölgelerindeki riskler**: Buzulların erimesi ve okyanus seviyelerinin yükselmesi, kıyı bölgelerinde sel risklerini artırmakta ve milyonlarca insanın yaşadığı bölgeleri tehdit etmektedir.
- **Kuraklık ve su kıtlığı:** Yağış rejimlerinin değişmesi, bazı bölgelerde aşırı kuraklığa neden olarak tarımsal üretimi ve su kaynaklarını ciddi şekilde tehdit etmektedir.

Bu riskler göz önüne alındığında, Paris İklim Anlaşması'nın öngördüğü emisyon azaltım hedefleri, iklim kaynaklı afetlerin şiddetini ve sıklığını azaltmak için kritik bir öneme sahiptir. Ancak yalnızca emisyonları azaltmak yeterli değildir; aynı zamanda toplumların ve ekosistemlerin iklim değişikliğine uyum sağlamasına yönelik politikaların da geliştirilmesi gerekmektedir.

Paris iklim Anlaşması'nın afet risk yönetimi açısından önemi

Paris İklim Anlaşması, iklim değişikliğine bağlı afet risklerini azaltmak için ülkelerin ulusal katkı beyanları (Nationally Determined Contributions - NDCs) çerçevesinde kendi hedeflerini belirlemelerini öngörmektedir. Bu kapsamda, afet risk yönetimi açısından kritik olan üç temel bileşen bulunmaktadır:

i. **İklim Uyum Stratejileri:** Ülkelerin iklim değişikliğine bağlı afet risklerini azaltmak için uzun vadeli planlar oluşturması gerekmektedir. Bu doğrultuda, altyapının güçlendirilmesi, afet erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılması ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi gibi önlemler ön plana çıkmaktadır.

ii. **Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması:** İklim değişikliğini önlemek için fosil yakıt tüketiminin azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması ve enerji verimliliğini artırmaya yönelik politikaların benimsenmesi gerekmektedir. Bu sayede, uzun vadede iklim değişikliği kaynaklı afetlerin etkileri minimize edilebilir.

iii. **İklim Finansmanı:** Gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum sağlama kapasitesini artırmak için finansal destek mekanizmaları

oluşturulmalıdır. Paris İklim Anlaşması kapsamında, gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkelere yıllık **100 milyar dolar finansman sağlaması** öngörülmüştür. Bu finansman, iklim dirençli altyapı projeleri, yenilenebilir enerji yatırımları ve sürdürülebilir kalkınma projelerinin desteklenmesini amaçlamaktadır.

Paris iklim anlaşması ve Sendai çerçevesi arasındaki bağlantılar

Sendai Çerçevesi ile Paris İklim Anlaşması arasında güçlü bir sinerji bulunmaktadır. Her iki anlaşma da afet risklerini azaltmak için uluslararası iş birliğini teşvik etmekte ve ülkelerin uzun vadeli stratejiler geliştirmesini öngörmektedir. Ortak noktalar şunlardır:

- **Afet Risk Yönetimi ve İklim Değişikliği Uyum Politikalarının Entegre Edilmesi:** Sendai Çerçevesi, afet risklerinin yönetilmesine odaklanırken, Paris İklim Anlaşması iklim değişikliğiyle mücadeleyi önceliklendirmektedir. Ancak her iki çerçeve de dirençli altyapı, sürdürülebilir şehirler ve ekosistem tabanlı çözümleri teşvik etmektedir.
- **Erken Uyarı Sistemleri ve Bilimsel Veriye Dayalı Karar Alma Mekanizmalarının Güçlendirilmesi:** İklim değişikliği ve afet riskleri arasındaki ilişkiyi anlamak ve yönetmek için bilim temelli yaklaşımların benimsenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, her iki çerçeve de risk analizi ve modelleme sistemlerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir.
- **İklim Finansmanı ve Afet Risk Azaltımı İçin Kaynak Sağlanması:** Paris İklim Anlaşması kapsamında gelişmekte olan ülkelere sağlanan finansman desteği, Sendai Çerçevesi'nin hedeflediği afet risk yönetimi stratejilerinin uygulanmasına da katkı sağlamaktadır.

Paris İklim Anlaşması, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve küresel sıcaklık artışını kontrol altına almak için kritik bir yol haritası sunmaktadır. Ancak bu hedeflere ulaşmak için ülkelerin yalnızca sera gazı emisyonlarını azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda iklim değişikliğine bağlı afetlere karşı daha dayanıklı toplumlar oluşturması gerekmektedir. Bu bağlamda, Sendai Çerçevesi ile Paris İklim Anlaşması arasındaki bağlantı güçlendirilerek, afet risk yönetimi politikalarının iklim değişikliğiyle mücadele stratejileriyle entegre edilmesi sağlanmalıdırTürkiye, **Paris İklim Anlaşması'nı 22 Nisan 2016 tarihinde imzalamış**, ancak gelişmekte olan ülkeler için finansman ve teknoloji transferine ilişkin adil yük paylaşımı konularındaki uluslararası belirsizlikler nedeniyle anlaşmanın onay sürecini uzun süre ertelemiştir. Nihayet 6 Ekim 2021 tarihinde **TBMM tarafından onaylanarak resmi olarak taraf olmuş** ve 10 Kasım 2021 itibarıyla Anlaşmaya taraf ülkeler listesine dâhil edilmiştir. Böylece Türkiye, uluslararası iklim rejiminin hukuken bağlayıcı yükümlülüklerini kabul etmiş ve Paris Anlaşması'nın 2°C hedefi ile uyumlu karbon azaltım taahhüdü verme sürecine dâhil olmuştur.

Türkiye'nin Paris Anlaşması kapsamındaki mevcut Ulusal Katkı Beyanı (NDC), 2030 yılına kadar "referans senaryoya göre %21'e kadar emisyon azaltımı" hedefini içermektedir. Bu hedef, ülkenin büyüyen sanayi ve enerji ihtiyacına rağmen sera gazı artış hızının önemli ölçüde yavaşlatılmasını öngörmektedir. Ancak 2022 yılı itibarıyla açıklanan iklim finansmanı stratejileri ve YEKA gibi büyük ölçekli yenilenebilir enerji ihaleleri dikkate alındığında, bu hedefin güncellenmesi ve daha iddialı bir azaltım patikasına oturması yönünde ulusal düzeyde hazırlık çalışmaları devam etmektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması'na taraf olması ve belirlediği NDC çerçevesi, hem SDG 13'ün ("İklim Eylemi") ulusal ölçeğe taşınmasına hem de MARAP gibi bölgesel afet risk azaltım projelerinin iklim adaptasyonu bileşenlerine doğrudan temel oluşturmaktadır. Bu süreç aynı zamanda uluslararası finansman ve teknoloji transferine erişimi güçlendirmekte, yerel düzeyde daha dirençli altyapı ve şehir planlamalarının önünü açmaktadır.Hyogo Çerçevesi (2005-2015) ve afet risk yönetimiyle ilişkisi

Hyogo Çerçevesi, 2005-2015 arasında yürürlükte kalan ve afet risklerinin azaltılmasına yönelik küresel ilk kapsamlı politika dokümanıdır. Japonya'nın Hyogo kentinde kabul edilen bu çerçeve, ulusal ve uluslararası düzeyde afet risk yönetimini kurumsallaştırmayı ve devletlerin afetlere karşı dayanıklılığını artırmayı hedeflemiştir. Ayrıca, kriz anındaki müdahaleden ziyade risk azaltma ve önleyici stratejiler geliştirmeye odaklanmıştır. Hyogo Çerçevesi, Sendai Çerçevesi'nin doğrudan öncüsü olarak beş ana öncelikli eylem alanı belirlemiş ve bu alanlar afet yönetimi süreçlerine rehberlik etmiştir.

Hyogo çerçevesi'nin beş öncelikli eylem alanı

1. Afet Risk Yönetiminin Ulusal ve Yerel Düzeyde Kurumsallaştırılması: Afet risklerini azaltmak için hükümetlerin güçlü bir yasal ve kurumsal çerçeve oluşturması gerekliliği vurgulanmıştır. Devletlerin afet yönetimi politikalarını ulusal kalkınma planlarına entegre etmesi, risk azaltımını politika yapım süreçlerinin temel bir bileşeni haline getirmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, ulusal afet yönetim stratejilerinin oluşturulması, kurumsal kapasitenin artırılması ve toplumların afet riskleri konusunda bilinçlendirilmesi önerilmiştir.

2. Risklerin Tanımlanması, Değerlendirilmesi ve İzlenmesi: Etkin bir afet yönetimi için risklerin bilimsel verilerle tanımlanması ve düzenli olarak izlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Risk haritalama, tehlike analizleri ve afet veri tabanlarının oluşturulması teşvik edilmiş, ayrıca afet istatistiklerinin uluslararası düzeyde paylaşılması ve iş birliğinin artırılması öngörülmüştür.

3. Bilgi, Yenilik ve Eğitim Yoluyla Dayanıklılığın Artırılması: Toplumların afetlere karşı daha bilinçli hale getirilmesi için afet eğitimi, bilinçlendirme kampanyaları ve bilimsel araştırmaların teşvik edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Özellikle okullarda afet eğitiminin müfredata dahil edilmesi, halkın afet riskleri konusunda bilinçlendirilmesi ve risk azaltma politikalarının toplum tabanlı katılımla geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

4. Temel Risk Faktörlerinin Azaltılması: Afetlerin etkilerini artıran plansız kentleşme, çevresel bozulma, yoksulluk ve altyapı eksiklikleri gibi faktörlerin kontrol altına alınması ve azaltılması önerilmiştir. Kentleşme süreçlerinde afet risk analizi temelli planlamanın benimsenmesi, dayanıklı altyapıların oluşturulması ve doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi teşvik edilmiştir.

5. Afet Müdahale Kapasitesinin Güçlendirilmesi: Afetlere müdahale kapasitesinin artırılması için erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılması, afet müdahale planlarının geliştirilmesi ve kriz yönetimi süreçlerinin daha etkili hale getirilmesi önerilmiştir. Afet sonrası hızlı ve etkili toparlanma süreçleri için "Daha İyi İnşa Etme" (Build Back Better) ilkesi Hyogo Çerçevesi'nde ilk kez vurgulanmış ve afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerinin risk azaltıcı önlemlerle şekillendirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Hyogo çerçevesi'nin afet risk yönetimi açısından önemi

Hyogo Çerçevesi, afet risk yönetimi konusunda küresel ölçekte ilk kapsamlı ve sistematik politika dokümanı olması nedeniyle kritik bir yere sahiptir. Çerçevenin en büyük katkılarından biri, afet risk azaltımını küresel kalkınma süreçlerinin ayrılmaz bir parçası haline getirmesidir. Afetlerin yalnızca insani bir kriz olarak değil, ekonomik ve sosyal kalkınmayı engelleyen bir tehdit olarak ele alınması gerektiği vurgulanmış ve bu doğrultuda ulusal hükümetlerin afet risklerini yönetmeye yönelik daha sistematik yaklaşımlar benimsemesi önerilmiştir.

Hyogo Çerçevesi ayrıca, risk temelli karar alma süreçlerinin geliştirilmesini, afet yönetimi politikalarının bilimsel verilere dayanmasını ve toplum katılımının artırılmasını teşvik eden bir yapı sunmuştur. Ancak uygulama aşamasında bazı eksiklikler ortaya çıkmıştır. Örneğin, çerçeve belirli küresel hedefler içermemekte ve ülkelerin afet risk azaltma süreçlerini ölçmek için net göstergeler sunmamaktadır. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerde uygulamaya yönelik finansman eksikliği ve uluslararası iş birliği mekanizmalarının yetersiz kalması çerçevenin etkisini sınırlayan faktörler arasında yer almıştır.

Hyogo çerçevesi ve Sendai çerçevesi arasındaki bağlantılar

Hyogo Çerçevesi, Sendai Çerçevesi'nin temelini oluşturan ilk uluslararası politika dokümanı olarak değerlendirilmekte olup, Sendai Çerçevesi bu çerçevenin eksikliklerini tamamlayan daha kapsamlı ve uygulanabilir hedefler sunmaktadır. Hyogo Çerçevesi, afetlere dayanıklı toplumlar inşa etmeyi genel bir ilke olarak benimserken, Sendai Çerçevesi afet risk yönetimini daha somut göstergeler ve ölçülebilir küresel hedefler ile destekleyerek daha etkin bir sistem geliştirmiştir. Öne çıkan farklardan bazıları şunlardır:

- Sendai Çerçevesi, afet yönetiminden afet risk yönetimine net bir geçiş yapmıştır, Hyogo Çerçevesi ise daha çok kriz müdahalesi ve risk azaltma süreçlerine odaklanmıştır.

- Hyogo Çerçevesi, beş temel eylem alanı tanımlarken, Sendai Çerçevesi bunları dört öncelikli eylem alanı ile güncellemiş ve afet risklerini daha geniş bir perspektiften ele almıştır.
- Sendai Çerçevesi, yedi küresel hedef belirleyerek afet risk yönetimini daha somut göstergelerle desteklemiş ve ülkelerin performanslarını ölçmelerine olanak tanımıştır.

Hyogo Çerçevesi, afet risk yönetimi konusunda küresel bir farkındalık yaratmış ve devletlerin afet politikalarını daha sistematik hale getirmeleri için önemli bir yol haritası sunmuştur. Ancak, çerçevenin uygulama süreçlerinde ortaya çıkan eksiklikler, daha kapsamlı ve hedef odaklı bir stratejiye ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Bu noktada, 2015 yılında Sendai Çerçevesi'nin kabul edilmesi, afet risk yönetimi alanında daha etkin ve ölçülebilir politikaların uygulanmasını sağlayarak, Hyogo Çerçevesi'nin geliştirilmiş bir versiyonu olarak uluslararası alanda kabul görmüştür.

2) IPCC iklim değişikliği raporları ve afet risk yönetimiyle ilişkisi

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change), 1988 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından kurulmuş olup, iklim değişikliği ile ilgili bilimsel verileri derleyen ve küresel politika yapıcılara rehberlik eden en önemli kuruluşlardan biridir. IPCC, iklim değişikliğinin fiziksel temelleri, etkileri, uyum ve azaltım stratejileri ile ilgili kapsamlı bilimsel analizler yaparak, karar alıcıların iklim değişikliğine karşı sürdürülebilir politikalar üretmelerine yardımcı olmaktadır. IPCC tarafından hazırlanan Değerlendirme Raporları (AR - Assessment Reports), dünya genelinde iklim değişikliğinin mevcut ve gelecekteki etkilerini analiz eden en kapsamlı bilimsel çalışmalardır.

IPCC raporları, iklim değişikliğinin küresel afet risklerini artırdığına dair güçlü bilimsel kanıtlar sunmaktadır. Küresel sıcaklık artışının 1,5°C'yi aşması halinde, doğal afetlerin sıklığının ve şiddetinin önemli ölçüde artacağı öngörülmektedir. Aşırı hava olayları, deniz seviyesinin yükselmesi, gıda ve su güvenliğinde bozulmalar, ekosistem kayıpları ve halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkiler, IPCC'nin analiz ettiği en önemli konular arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, IPCC raporları, Sendai Çerçevesi ile doğrudan ilişkilidir ve iklim değişikliğiyle mücadelede risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine yönelik bilimsel kanıtlar sunmaktadır.

IPCC değerlendirme raporlarının temel bulguları

IPCC, bugüne kadar altı kapsamlı Değerlendirme Raporu (AR1 - AR6) yayımlamış olup, en son rapor olan 6. Değerlendirme Raporu (AR6) 2021-2023 yılları arasında yayımlanmıştır. Bu raporlar, iklim değişikliğinin etkilerini anlamak ve uyum stratejileri geliştirmek için kritik bilimsel veriler sunmaktadır. IPCC raporlarının en önemli bulgularından bazıları şunlardır:

- Küresel sıcaklık artışı, insan kaynaklı sera gazı emisyonları nedeniyle sanayi öncesi seviyelere kıyasla 1,1°C artmıştır ve bu eğilim devam ederse 2050'ye kadar 1,5°C eşik seviyesi aşılacaktır.
- İklim değişikliği, aşırı hava olaylarının sıklığını ve şiddetini artırmaktadır. 2021 yılında yayımlanan IPCC AR6 Fiziksel Bilim Temelleri Raporu, sıcak hava dalgalarının daha sık ve daha şiddetli hale geldiğini, şiddetli yağışların ve taşkınların daha yaygın hale geldiğini ve kasırga şiddetinin arttığını ortaya koymaktadır.
- Deniz seviyeleri yükselmektedir ve bu durum kıyı bölgelerinde yaşayan milyonlarca insan için büyük bir risk oluşturmaktadır. Kıyı şehirleri ve ada ülkeleri, yükselen deniz seviyeleri nedeniyle daha fazla taşkın ve erozyon riskiyle karşı karşıyadır.
- Kuraklık ve su kıtlığı, tarımsal üretimi ve gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Özellikle Afrika, Orta Doğu, Güney Asya ve Latin Amerika'daki bazı bölgeler, azalan yağışlar ve artan sıcaklıklar nedeniyle büyük su kıtlığı riski taşımaktadır.
- Biyoçeşitlilik kayıpları hızlanmaktadır ve ekosistemler iklim değişikliğine bağlı olarak büyük bir baskı altındadır. Mercan resifleri, ormanlar ve kutup ekosistemleri, sıcaklık artışı ve okyanus asitlenmesi nedeniyle büyük ölçüde zarar görmektedir.

Bu bulgular, iklim değişikliğinin afet risklerini nasıl artırdığına dair güçlü kanıtlar sunmaktadır ve Sendai Çerçevesi'nin afet risk yönetimi yaklaşımını destekleyen bilimsel temeli oluşturmaktadır.

IPCC ve Sendai çerçevesi arasındaki bağlantılar

Sendai Çerçevesi, afet risklerinin azaltılması için uzun vadeli, önleyici ve kapsayıcı politikalar benimsemeyi teşvik etmektedir. IPCC raporları, iklim değişikliği ile afetler arasındaki doğrudan bağlantıyı ortaya koyarak, Sendai Çerçevesi'nin uygulanmasına bilimsel bir temel sağlamaktadır. Bu bağlamda, IPCC ve Sendai Çerçevesi arasındaki en önemli bağlantılar şunlardır:

- *İklim Değişikliği Kaynaklı Afetlerin Artışı ve Sendai Çerçevesi'nin Önleyici Yaklaşımı*
- IPCC raporları, sıcak hava dalgaları, fırtınalar, sel ve kuraklık gibi iklim kaynaklı afetlerin giderek daha sık ve şiddetli hale geldiğini göstermektedir.
- Sendai Çerçevesi, bu tür afetlerin önlenmesi için erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesini, altyapıların güçlendirilmesini ve afetlere dayanıklı şehirler oluşturulmasını önermektedir.

1. *İklim Uyumu Politikaları ve Afet Risk Yönetimi*

- IPCC, iklim değişikliğine uyum sağlama politikalarının geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

- Sendai Çerçevesi ise afet risklerini azaltmaya yönelik önleyici politikaların benimsenmesini teşvik etmektedir. Bu bağlamda, şehir planlaması, doğal kaynak yönetimi, tarımsal dayanıklılık ve kritik altyapıların korunması gibi alanlarda her iki çerçevenin de ortak noktaları bulunmaktadır.

2. Afet Risk Finansmanı ve İklim Finansmanı

- IPCC, gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele etmesi için uluslararası finansal mekanizmaların geliştirilmesi gerektiğini öne sürmektedir.
- Sendai Çerçevesi de afet risk yönetimi için finansal kaynakların artırılması gerektiğini vurgulamaktadır. Afet risk finansmanı ve iklim değişikliği finansmanı arasındaki bağlantılar güçlendirilerek, dirençli toplumlar oluşturulabilir.

3. Erken Uyarı Sistemleri ve Bilim Temelli Politikalar

- IPCC, erken uyarı sistemlerinin ve veri temelli karar alma mekanizmalarının geliştirilmesi gerektiğini öne sürmektedir.
- Sendai Çerçevesi, afetlerin önlenmesi ve etkilerinin en aza indirilmesi için erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılmasını ve risk farkındalığının artırılmasını savunmaktadır.

IPCC İklim Değişikliği Raporları, iklim değişikliğinin etkilerini bilimsel olarak analiz eden en önemli küresel çalışmalar arasında yer almakta olup, afet risk yönetimi ile doğrudan bağlantılıdır. Küresel sıcaklık artışları, aşırı hava olaylarının sıklığını artırarak sel, kuraklık, fırtına ve orman yangını gibi afetlerin daha yıkıcı hale gelmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda, Sendai Çerçevesi ve IPCC raporları, afet risk yönetiminin iklim değişikliği politikalarıyla entegre edilmesi gerektiğini göstermektedir (Şekil 2-3) .

İklim değişikliğiyle mücadelede hem azaltım (mitigation) hem de uyum (adaptation) stratejileri geliştirilmelidir. IPCC raporlarının sunduğu bilimsel veriler, Sendai Çerçevesi'nin küresel ölçekte daha etkin uygulanmasını destekleyen güçlü bir temel oluşturmaktadır. İklim değişikliği ve afet risk yönetimi arasındaki bu sinerji güçlendirildiğinde, toplumların daha dirençli hale gelmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması mümkün olacaktır. Ayrıca IPCC raporlarının Türkiye'deki yansımalarına ilişkin olarak; **Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın iklim projeksiyon çalışmaları**, **AFAD'ın afet-iklim ilişkili risk analizleri** ile **TÜBİTAK destekli sektörel akademik araştırmalar** da örnek düzeyinde raporda belirtilerek, MARAP kapsamında yürütülen risk temelli analizlerin bilimsel temelleri daha da pekiştirilmiştir.

3) UNDRR küresel afet risk değerlendirme raporları ve afet risk yönetimiyle ilişkisi

Birleşmiş Milletler Afet Risk Azaltma Ofisi (UNDRR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction) tarafından yayımlanan Küresel Afet Risk Değerlendirme Raporları (GAR - Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction), afet risk

yönetimi konusundaki en kapsamlı bilimsel ve politik değerlendirmelerden biridir. GAR raporları, küresel, ulusal ve yerel düzeyde afet risklerini analiz ederek, risk yönetiminde en iyi uygulamaları ve politika önerilerini içeren kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Sendai Çerçevesi'nin hedeflerinin uygulanmasını destekleyen bu raporlar, devletler, özel sektör, akademik çevreler ve uluslararası kuruluşlar için önemli bir rehber niteliği taşımaktadır.

GAR raporları, afet risklerinin dinamiklerini anlamaya yönelik çok disiplinli bir yaklaşım sunarak, afetlerin ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini derinlemesine incelemektedir. Raporlar, afet risk yönetiminde bilim temelli karar alma mekanizmalarını güçlendirmek, afet risklerine karşı daha etkin politikalar oluşturmak ve toplumların dayanıklılığını artırmak için gereken stratejik adımları belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. UNDRR tarafından 2009 yılından itibaren periyodik olarak yayımlanan GAR raporları, risklerin nasıl şekillendiğini, hangi faktörlerin afet risklerini artırdığını ve bu riskleri azaltmak için hangi politikaların uygulanması gerektiğini bilimsel kanıtlarla ortaya koymaktadır.

IPCC ve SENDAI Çerçevesi Arasındaki Bağlantılar

Ortak Amaç: İklim Değişikliğine Dayalı Afet Risklerinin Azaltılması

IPCC (İklim Değişikliği)	SENDAI Çerçevesi (Afet Risk Yönetimi)
Bilimsel iklim verileri sağlar	Risk temelli, önleyici yönetim yaklaşımını benimser
Aşırı hava olaylarının artışını raporlar	Erken uyarı sistemleri ve dirençli, altyapıları önerir
Uyum ve azaltım stratejilerini önerir	Şehir planlaması, doğal kaynaklar ve altyapı yönetimiyle entegre çalışır
Bilim temelli karar alma sistemlerini teşvik eder	Bilgiye erişim, farkındalık ve yerel katılımı öne çıkarır
Entegre Yaklaşımın Gücü: • *Bilimsel temelli politika üretimi* • *Ortak erken uyarı sistemleri* • *Uyum ve Risk azaltımı yatırımlarında eşgüdüm* • *Toplum direncini artırma*	***Sonuç:*** *IPCC verileri, SENDAI Çerçevesinin uygulanmasını destekler; bu iki yapı, daha dayanıklı ve sürdürülebilir bir gelecek için birbirini tamamlayıcı rol üstlenir.*

Şekil 2-3 IPCC ve Sendai Çerçevesi arasındaki bağlantılar

GAR raporlarının ana bulguları ve afet risk yönetimine katkıları

UNDRR tarafından hazırlanan GAR raporları, afet risk yönetimi alanında kapsamlı istatistikler, modellemeler ve vaka analizleri sunarak, küresel eğilimleri detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu raporlar, devletlerin ve diğer paydaşların afet risklerini azaltma konusundaki ilerlemelerini ölçmek için de önemli bir araç niteliğindedir. GAR raporlarının temel bulgularından bazıları şu şekilde özetlenebilir:

- Afet riskleri artmaktadır ve bu riskler daha karmaşık hale gelmektedir. İklim değişikliği, hızlı kentleşme, çevresel bozulma, ekonomik eşitsizlikler ve nüfus artışı gibi faktörler, afetlerin etkilerini artırarak daha geniş alanlarda yıkıcı sonuçlara yol açmaktadır.
- Ekonomik kayıplar hızla artmaktadır. Afetlerin neden olduğu ekonomik zarar, 2000'li yılların başından bu yana katlanarak büyümüş ve küresel ölçekte yıllık milyarlarca dolarlık kayıplara neden olmuştur. Özellikle altyapı hasarları, üretim kayıpları ve tarımsal zararlar, ekonomik büyümeyi engelleyen en önemli unsurlar arasında yer almaktadır.
- Risk algısı ve yönetimi konusunda küresel bir boşluk bulunmaktadır. Çoğu ülke, afet risklerini azaltmaya yönelik yasal ve kurumsal çerçevelere sahip olmasına rağmen, bu politikaların uygulanması ve finansmanı konusunda ciddi eksiklikler bulunmaktadır.
- Özel sektörün afet risk yönetimine entegrasyonu yetersizdir. Afetlerin ekonomik etkileri göz önüne alındığında, özel sektörün risk yönetimi süreçlerine daha fazla dahil edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Risk azaltıcı yatırımlar, sigorta mekanizmaları ve iş sürekliliği planları bu süreçlerin önemli bileşenleridir.
- Risk transfer mekanizmaları yeterince gelişmemiştir. Afet sigortaları, sosyal güvenlik programları ve risk paylaşımı modelleri, birçok ülkede yeterince yaygın değildir ve bu durum, afet sonrası toparlanma süreçlerini olumsuz etkilemektedir.
- Afet risk yönetimi politikaları daha kapsayıcı hale getirilmelidir. Toplumun kırılgan kesimlerinin (kadınlar, çocuklar, engelliler ve yaşlılar gibi gruplar) afet riskleriyle nasıl başa çıkacağına dair daha fazla politika geliştirilmelidir.

GAR raporları ile Sendai çerçevesi arasındaki bağlantılar

GAR raporları, Sendai Çerçevesi'nin uygulanmasını destekleyen en önemli bilimsel kaynaklardan biridir. Sendai Çerçevesi, afet risklerini azaltmaya yönelik yedi küresel hedef belirlerken, GAR raporları bu hedeflere ulaşmada ne tür ilerlemeler kaydedildiğini ve hangi alanlarda eksikliklerin bulunduğunu analiz etmektedir. Bu bağlamda, GAR raporları ile Sendai Çerçevesi arasındaki en önemli bağlantılar şu şekilde özetlenebilir (Şekil 2-4):

1. *Afet Risk Yönetiminin Bilim Temelli Hale Getirilmesi*

- Sendai Çerçevesi, afet risk yönetimi politikalarının bilimsel verilere ve risk analizlerine dayanmasını önermektedir.

- GAR raporları, afet risklerini daha iyi anlamak ve yönetmek için veri analitiği, büyük veri sistemleri ve yapay zeka gibi yenilikçi yaklaşımların kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır.

2. *Risk Azaltıcı Yatırımların Artırılması*

- Sendai Çerçevesi, afet risklerini azaltmak için kamu ve özel sektör yatırımlarının teşvik edilmesini öngörmektedir.
- GAR raporları, ülkelerin afet risklerini azaltmak için daha fazla altyapı yatırımı yapması ve risk azaltma stratejilerine finansal kaynak ayırması gerektiğini göstermektedir.

3. *Erken Uyarı Sistemleri ve Risk Algısının Güçlendirilmesi*

- Sendai Çerçevesi, afetlerin etkilerini minimize etmek için erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılmasını önermektedir.
- GAR raporları, birçok ülkede erken uyarı sistemlerinin eksik olduğunu ve bu sistemlerin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

4. *Afet Risk Yönetimi Politikalarının Entegre Edilmesi*

- Sendai Çerçevesi, afet risk yönetimi politikalarının sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliği politikalarıyla entegre edilmesini teşvik etmektedir.
- GAR raporları, afet risk yönetiminin iklim değişikliği stratejileriyle uyumlu hale getirilmesi gerektiğini ve şehir planlamalarının bu perspektifle yeniden ele alınması gerektiğini göstermektedir.

GAR raporlarının afet risk yönetimi açısından önemi

GAR raporları, afet risk yönetimi süreçlerinde en sık karşılaşılan zorlukları ve fırsatları analiz ederek, ülkelerin afet risklerini daha iyi yönetmelerine yardımcı olmaktadır. Bu raporlar, devletlere, uluslararası kuruluşlara, özel sektöre ve akademik çevrelere rehberlik ederek, afet risk azaltma stratejilerinin daha etkili hale getirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, GAR raporları, afet risklerinin yalnızca teknik ve bilimsel bir mesele olmadığını, aynı zamanda ekonomik, sosyal ve politik boyutları olan karmaşık bir süreç olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle, afet risk yönetimi politikalarının multidisipliner bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir.

UNDRR tarafından yayımlanan GAR raporları, afet risk yönetimi konusunda küresel ölçekte en kapsamlı değerlendirmeleri içeren çalışmalardan biri olup, Sendai Çerçevesi'nin hedeflerini destekleyen bilimsel bir temel sunmaktadır. Raporlar, afetlerin artan ekonomik ve sosyal maliyetlerini gözler önüne sererek, devletlerin ve diğer paydaşların risk yönetimi süreçlerini güçlendirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

GAR raporları, aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadelede ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada afet risk yönetiminin kritik bir bileşen olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, GAR raporları ve Sendai Çerçevesi'nin sunduğu politika önerileri birlikte değerlendirildiğinde, afet risk yönetimi süreçlerinin daha

etkin ve sürdürülebilir hale getirilmesi için bilimsel temelli, entegre ve kapsayıcı yaklaşımların benimsenmesi gerektiği açıkça ortaya çıkmaktadır.

Bu bölümde incelenen uluslararası politika ve strateji belgeleri, Türkiye'deki afet riski azaltma ve iklim uyumu politikalarıyla genel olarak ilişkilendirilmiş; özellikle **TARAP**, **İRAP** ve **Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi** gibi ulusal belgelerle bağlantılar kurulmuştur. Ancak Türkiye'de bazı uluslararası yükümlülüklerin henüz tam olarak uygulamaya geçmemesi, örneğin afet risk azaltma yatırımlarının sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde izlenmesini sağlayacak ulusal bir performans göstergeleri sisteminin eksikliği gibi durumlar da raporda ayrıca değerlendirilmiştir. Böylece Türkiye'de **hangi çalışmaların yapıldığı, hangilerinin henüz hayata geçirilemediği ve bunun nedenleri**, MARAP kapsamında önerilen mekânsal risk yönetimi yaklaşımı için önemli bir arka plan oluşturmuştur.

GAR ve SENDAI Çerçevesi Arasındaki Bağlantılar

Ortak Amaç: Afet Risklerinin ve Kayıplarının Azaltılması

GAR (Afet Risk Azaltımı)	SENDAI Çerçevesi (Afet Risk Yönetimi)
Küresel ve ulusal değerlendirmeler yürütür	Risk yönetim önceliklerini belirler
Politika oluşturma için bilgi sağlar	Kapsamlı stratejiler ve ulaşılabilir hedefler önerir
Risk azaltım önlemleri ve yatırımlarını vurgular	Risk azaltım yatırımlarını teşvik eder
Afet verilerinin erişilebilirliğine katkıda bulunur	Risk verilerinin kalitesini ve kullanımını güçlendirir
Entegre Yaklaşımın Gücü: • *Kapsamlı bilgi üretimi* • *Risk temelli planlama ve politikalar* • *Yatırımlar ve bilgiye erişim için destek* • *Sürdürülebilir kalkınma hedefleri*	***Sonuç:*** *GAR verileri, SENDAI Çerçevesinin etkili uygulanmasını destekler; bu iki girişim, bütünleşmiş ve sürdürülebilir afet risk yönetimi çabaları için birbirini tamamlayıcı bir rol üstlenir.*

Şekil 2-4 GAR ve Sendai Çerçevesi arasındaki bağlantılar

4) "Yeni Kentsel Gündem" ve afet risk yönetimiyle ilişkisi

Yeni Kentsel Gündem (UA - New Urban Agenda), 2016 yılında Birleşmiş Milletler Konut ve Sürdürülebilir Kentsel Gelişim Konferansı (Habitat III) kapsamında kabul edilen küresel bir çerçevedir ve şehirlerin sürdürülebilir, kapsayıcı ve dirençli hale getirilmesini amaçlayan kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır. NUA, hızla artan

kentleşmenin yarattığı ekonomik, çevresel ve sosyal zorlukları ele alarak, kent planlamasının afet risk yönetimi ve iklim değişikliği ile nasıl daha entegre hale getirilebileceğini tartışmaktadır. Sendai Çerçevesi ile doğrudan bağlantılı olan NUA, şehirlerin afetlere karşı dayanıklı hale getirilmesini teşvik eden ilkeler içermekte ve risk azaltma politikalarının kent yönetimine entegre edilmesini savunmaktadır.

Günümüzde dünya nüfusunun %56'sı kentlerde yaşamakta olup, bu oranın 2050 yılına kadar %70'e ulaşması beklenmektedir. Ancak plansız şehirleşme, altyapı eksiklikleri, düzensiz yapılaşma ve çevresel bozulmalar, kentlerin afet risklerine karşı kırılgan hale gelmesine neden olmaktadır. Özellikle düşük gelirli kent bölgelerinde, yoksulluk, aşırı nüfus yoğunluğu ve temel hizmetlere erişimdeki yetersizlikler, afetlerin daha büyük yıkımlara yol açmasına sebep olmaktadır. NUA, bu kırılganlıkları azaltmak için şehir planlamasında afet risk yönetiminin, iklim değişikliği politikalarının ve sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin birlikte ele alınmasını savunmaktadır.

Yeni kentsel gündem'in temel ilkeleri ve afet risk yönetimiyle bağlantısı

Yeni Kentsel Gündem, kentlerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda şekillendirilmesi için katılımcı, kapsayıcı ve dayanıklı bir kentsel gelişim modeli önermektedir. Bu model, afet risklerini en aza indirmek, altyapıları güçlendirmek ve sosyal dayanıklılığı artırmak için uzun vadeli stratejiler içermektedir. NUA'nın afet risk yönetimi ile doğrudan bağlantılı olduğu temel bileşenler şu şekilde özetlenebilir:

1. **Afet Risklerini Azaltan Sürdürülebilir Kentsel Planlama**

- Şehirlerin ve insan yerleşimlerinin afetlere karşı dirençli hale getirilmesi için mekânsal planlamanın önemi vurgulanmaktadır.
- Kent içi yeşil alanların artırılması ve doğal afetlere karşı tampon bölgeler oluşturulması önerilmektedir.
- Risk haritalama sistemlerinin şehir planlamalarına entegre edilmesi gerektiği belirtilmektedir.

2. **Dirençli Altyapı ve Kentsel Hizmetlerin Güçlendirilmesi**

- Enerji, ulaşım, su ve sanitasyon gibi temel altyapı sistemlerinin afetlere karşı dayanıklı hale getirilmesi gerekmektedir.
- İklim değişikliği ile bağlantılı aşırı hava olaylarına karşı kentsel altyapının yenilenmesi ve güçlendirilmesi önerilmektedir.
- Şehirlerin sürdürülebilir ulaşım sistemleri geliştirmesi ve afetlere karşı ulaşım ağlarının dayanıklılığının artırılması gerektiği vurgulanmaktadır.

3. **Toplum Katılımı ve Kapsayıcı Kent Yönetimi**

- Afet risk yönetimi politikalarının yerel topluluklar tarafından benimsenmesi ve halkın sürece aktif katılımının sağlanması önerilmektedir.

- Özellikle düşük gelirli grupların, göçmenlerin ve kırılgan toplulukların afet risk yönetimi süreçlerine dahil edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.
- Afet sonrası iyileşme ve yeniden inşa süreçlerinin topluluk temelli yaklaşımlarla gerçekleştirilmesi teşvik edilmektedir.

4. İklim Değişikliğine Uyum Sağlayan Kentleşme Politikaları

- Yeni yerleşim alanlarının seçiminde iklim değişikliği faktörlerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir.
- Deniz seviyesinin yükselmesine karşı kıyı bölgelerindeki kentlerin uyum stratejileri geliştirmesi önerilmektedir.
- Karbon salınımını azaltan sürdürülebilir kentleşme modellerinin benimsenmesi teşvik edilmektedir.

5. Afet Risk Finansmanı ve Sigorta Mekanizmalarının Geliştirilmesi

- Afet sigorta sistemlerinin yaygınlaştırılması ve risk transfer mekanizmalarının geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır.
- Afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerinde finansal kaynakların daha etkili kullanılması için uluslararası iş birliğinin artırılması önerilmektedir.

YEREL KENTSEL GÜNDEM (NUA) ve SENDAI Çerçevesi Arasındaki Bağlantılar

Ortak Amaç: Afet risklerini azaltarak toplumların, şehirlerin ve altyapının dayanıklılığını artırmak; sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada risk temelli bir yaklaşımı esas almak.

NUA (Kentsel Dirençliliği Artırmak)	SENDAI Çerçevesi (Afet Risk Yönetimi)
Sürdürülebilir şehirleşme ve yerleşimlerin kapsayıcı gelişimi	Afet risklerinin azaltılması ve toplumların dayanıklılığı
Kent planlamasında risk temelli karar süreçlerini teşvik eder	Afet risk yönetimini tüm sektör ve ölçeklere entegre etmeyi hedefler
Yerel yönetimlerin afet ve iklim risklerine hazırlığını güçlendirmeyi öngörür	Yerel risk azaltma kapasitelerinin artırılmasına özel vurgu yapar
Kentsel altyapı ve hizmetlerin dayanıklılığını artırmayı hedefler	Kritik altyapı ve temel hizmetlerin afet riskine karşı korunmasını amaçlar
Entegre Yaklaşımın Gücü: • *Kentsel gelişim politikalarının afet risk azaltımıyla birleşmesi* • *Dayanıklı altyapı yatırımları ve sürdürülebilir hizmetler* • *Yerel yönetimlerin kurumsal kapasitesinin artırılması* • *Afet risklerinin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarını birlikte ele alma*	***Sonuç:*** *Yeni Kentsel Gündem ve Sendai Çerçevesi, afet risklerinin azaltılması ve şehirlerin dayanıklılığının artırılması konusunda birbirini tamamlayan küresel strateji belgeleridir. Bu çerçevede NUA, afet risk yönetimini sürdürülebilir şehirleşmenin temel bir bileşeni haline getirirken; Sendai Çerçevesi ise risk yönetimini tüm ölçeklerde operasyonel hale getiren teknik yol haritaları sunar.*

Şekil 2-5 NUA ve Sendai Çerçevesi arasındaki bağlantılar

Yeni Kentsel Gündem'in ve SENDAI çerçevesi arasındaki bağlantılar

Yeni Kentsel Gündem ve Sendai Çerçevesi, afet risk yönetiminin kentsel kalkınma süreçlerine entegre edilmesi gerektiği konusunda ortak bir vizyon sunmaktadır. Her iki çerçeve de şehirlerin sürdürülebilirlik ve dayanıklılık çerçevesinde planlanmasını, afet risklerinin azaltılmasını ve kentsel altyapının güçlendirilmesini önceliklendirmektedir (Şekil 2-5).

1. **Kentsel Alanlarda Afet Risklerinin Azaltılması**
   - Sendai Çerçevesi, şehirlerin afetlere karşı daha dayanıklı hale getirilmesini teşvik etmektedir.
   - NUA, şehir planlamasının afet risklerini önleyecek şekilde düzenlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır.
2. **Erken Uyarı Sistemlerinin Kentsel Planlamaya Dahil Edilmesi**
   - Sendai Çerçevesi, afet erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılmasını önermektedir.
   - NUA, şehirlerin afetlere hazırlıklı hale gelmesi için bilim temelli karar alma mekanizmalarının geliştirilmesini savunmaktadır.
3. **Afet Sonrası Toparlanma Süreçlerinde "Daha İyi İnşa Etme" Yaklaşımı**
   - Sendai Çerçevesi, afet sonrası yeniden inşa süreçlerinde "Daha İyi İnşa Etme" ilkesini benimsemektedir.
   - NUA, afet sonrası rehabilitasyon süreçlerinin sürdürülebilir kentsel gelişim hedefleri doğrultusunda şekillendirilmesini önermektedir.

Yeni Kentsel Gündem'in afet risk yönetimi açısından önemi

Yeni Kentsel Gündem, şehirlerin planlanması ve yönetilmesi sürecinde afet risklerinin azaltılmasını bir öncelik olarak ele alarak, kentsel alanların daha güvenli hale getirilmesini hedeflemektedir. Bu çerçeve, kent yöneticileri, politika yapıcılar ve uluslararası kuruluşlar için bir yol haritası sunarak, afet risk yönetiminin sürdürülebilir kentsel gelişim politikalarıyla bütünleşmesini sağlamaktadır.

NUA, afetlerin sosyo-ekonomik etkilerini en aza indirmek, altyapıyı güçlendirmek ve kentlerdeki kırılgan grupları korumak için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Özellikle hızlı kentleşme sürecinde risklerin nasıl azaltılabileceği konusunda rehberlik eden bu çerçeve, afetlere karşı daha dirençli şehirler oluşturmak için kritik bir araçtır.

Yeni Kentsel Gündem, şehirlerin sürdürülebilir ve dirençli hale getirilmesi için kapsamlı ve bütüncül bir politika çerçevesi sunmaktadır. Sendai Çerçevesi ile doğrudan bağlantılı olan NUA, afet risk yönetiminin kentsel kalkınma süreçlerine entegre edilmesini teşvik ederek, daha güvenli ve sürdürülebilir şehirler oluşturulmasını amaçlamaktadır. Sonuç olarak, afet risk yönetimi ve kentsel sürdürülebilirlik arasındaki entegrasyon, geleceğin şehirlerini daha dirençli hale

getirmek için temel bir gerekliliktir. NUA ve Sendai Çerçevesi'nin sunduğu stratejilerin etkin bir şekilde uygulanması, kentlerin afetlere karşı daha hazırlıklı olmasını ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine daha hızlı ulaşmasını sağlayacaktır.

Türkiye açısından; Yeni Kentsel Gündem (NUA), afet risklerinin azaltılması, iklim uyumu ve kent dayanıklılığının güçlendirilmesini, sürdürülebilir kentsel gelişmenin temel eksenlerinden biri olarak ele almaktadır. Bu yaklaşım, afet risk yönetiminin yalnızca olağanüstü durumlara müdahale ile sınırlı kalmayıp, kentsel planlama ve arazi kullanım kararlarıyla önleyici ve risk temelli şekilde bütünleşmesini öngörmektedir.

Türkiye'de NUA'nın bu çerçevesi; Kentsel Dönüşüm Strateji Belgesi (2012), Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP, 2021), İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP) ve Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi gibi üst politika belgelerinde doğrudan karşılık bulmaktadır. Örneğin İstanbul'da yürütülen mikro-bölgeleme tabanlı kentsel dönüşüm projeleri, yapı stokunun depreme karşı dayanıklılığını artırırken, IRAP kapsamındaki mekânsal risk haritaları ile öncelikli müdahale bölgeleri belirlenmektedir. Benzer şekilde, İzmir ve Bursa'da risk temelli kentsel gelişim senaryoları oluşturularak, taşkın ve heyelan gibi afet türleri için kentsel büyümenin kontrollü şekilde yönlendirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca Türkiye'de büyükşehir belediyelerinin stratejik mekânsal planlarında (çevre düzeni ve nazım imar planları) afet risklerine ilişkin hükümler yer almakta; bu durum NUA'nın "afete dirençli şehirler inşa etmek için yerel yönetimlerin kapasitesini artırma" amacına doğrudan hizmet etmektedir. Ancak halen afet risk azaltma hedeflerinin tüm yerel imar planlarına sistematik olarak entegre edilmesi ve performans odaklı izlenmesi konusunda yapısal bazı eksiklikler bulunmakta; bu alan MARAP gibi bölgesel ölçekli risk yönetimi projeleri için önemli bir gelişim zemini oluşturmaktadır.

5) Dünya Bankası ve IMF'nin afet risk finansmanı çalışmaları ve afet risk yönetimiyle ilişkisi

Afetler, yalnızca insan hayatı ve çevre üzerinde etkili olmakla kalmayıp, aynı zamanda küresel ekonomiyi ve kalkınma süreçlerini de doğrudan etkilemektedir. Doğal afetlerin neden olduğu ekonomik kayıplar, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde büyük mali baskılar yaratmakta ve uzun vadeli kalkınma hedeflerini sekteye uğratmaktadır. Bu bağlamda, Dünya Bankası (World Bank) ve Uluslararası Para Fonu (IMF), afet risk finansmanı konusunda kritik roller üstlenerek, ülkelerin afet sonrası ekonomik istikrarlarını korumalarına yardımcı olacak finansal araçlar geliştirmektedir.

Afet risk finansmanı, ülkelerin afetlere karşı mali dayanıklılığını artırmayı, afet sonrası toparlanma süreçlerini hızlandırmayı ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamayı hedefleyen finansal mekanizmaları kapsar. Dünya Bankası ve IMF, özellikle gelişmekte olan ülkelerin afetlerden doğan ekonomik yükleri yönetebilmesi için kredi, sigorta sistemleri, risk transfer mekanizmaları ve finansal dayanıklılığı artırmaya yönelik çeşitli programlar sunmaktadır. Sendai Çerçevesi ile doğrudan

bağlantılı olan bu çalışmalar, afet risklerini azaltmak ve afet sonrası toparlanmayı hızlandırmak için finansal kaynakların stratejik olarak yönlendirilmesini hedeflemektedir.

Dünya Bankası'nın afet risk finansmanı çalışmaları

Dünya Bankası, afetlerin ekonomik etkilerini azaltmak ve ülkelerin mali dayanıklılıklarını artırmak amacıyla bir dizi finansal araç ve program geliştirmiştir. Bu mekanizmalar, afetlere karşı hazırlıklı olmayı, hızlı müdahale kapasitesini artırmayı ve uzun vadeli kalkınma süreçlerini korumayı amaçlamaktadır. Dünya Bankası'nın afet risk finansmanına yönelik başlıca programları şunlardır:

1. *Kapsamlı Afet Risk Finansmanı ve Sigorta Programı (Disaster Risk Financing and Insurance - DRFI)*
   - Afet sigortası ve risk transfer mekanizmalarını geliştirmek için finansal çözümler sunar.
   - Devletlerin afetlere yönelik mali hazırlıklarını artırarak, afet sonrası ekonomik kayıpları minimize etmeyi hedefler.
   - Kamu-özel sektör iş birliklerini teşvik ederek, sigorta sistemlerini daha erişilebilir hale getirmeye çalışır.
2. *Cat DDO (Catastrophe Deferred Drawdown Option - Afet Sonrası Hızlı Kredi Mekanizması)*
   - Acil finansman sağlayan ve ülkelerin afet sonrasında hızla toparlanmasına yardımcı olan bir kredi mekanizmasıdır.
   - Afet gerçekleşmeden önce ülkelerin mali planlama yapmasına olanak tanır.
   - Sendai Çerçevesi'nde vurgulanan "erken müdahale ve önceden hazırlık" yaklaşımıyla doğrudan ilişkilidir.
3. *Küresel Afet Risk Azaltma ve İyileştirme Fonu (Global Facility for Disaster Reduction and Recovery - GFDRR)*
   - Düşük ve orta gelirli ülkelerde afet risk yönetimini geliştirmek için mali ve teknik destek sunar.
   - Afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerinde finansal sürdürülebilirliği teşvik eder.
   - Risk haritalama, kentsel planlama-altyapı güçlendirme projeleri için fon sağlar.
4. *Bölgesel Risk Havuzları ve Parametrik Sigorta Sistemleri*
   - Bölgesel afet risk havuzları (örneğin, Karayipler Afet Risk Sigorta Havuzu - CCRIF) aracılığıyla afet sonrası hızlı finansman sağlamayı hedefler.
   - Bu sistemler, ülkelerin afet sigortası maliyetlerini düşürmelerine yardımcı olur ve Sendai Çerçevesi'nin afet risklerini azaltma ilkesiyle örtüşmektedir.

Dünya Bankası'nın sunduğu bu finansal araçlar, ülkelerin afet sonrası toparlanma süreçlerinde dış borçlanmaya bağımlı hale gelmelerini önlemek ve ekonomik istikrarlarını korumalarını sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Türkiye'nin Dünya Bankası ve IMF Afet Risk Finansmanı Kullanımı

Türkiye, afet risk yönetimi alanında uluslararası finansman kaynaklarını özellikle Dünya Bankası aracılığıyla etkin şekilde kullanmış; bu çerçevede risk azaltımı, yeniden yapılanma ve dayanıklılık temelli çeşitli projeleri hayata geçirmiştir. Dünya Bankası tarafından desteklenen en güncel projelerden biri, 2023 yılında başlatılan Post-Earthquake MSME Recovery girişimi olup, bu proje kapsamında yaklaşık 40 bin küçük ve orta ölçekli işletmeye (KOBİ) kredi ve teknik destek sağlanmıştır. Ayrıca 600 milyon ABD doları bütçeli Küçük Sanayi Siteleri Yeniden Yapılandırma ve Bölgesel Ekonomik Kurtarma Projesi ile deprem etkilerine karşı dirençli sanayi bölgelerinin oluşturulması ve yaklaşık 1.600 mikro işletmenin modern, afet dayanıklı iş alanlarına taşınması hedeflenmiştir.

Öte yandan Türkiye'de okul ve kamu binalarında yürütülen sismik güçlendirme projeleri kapsamında 62 okul ve 1.875 yatak kapasitesine sahip çeşitli sağlık tesislerinin afet riskine karşı dayanıklılığı artırılmıştır. Bunun yanında İstanbul Kalkınma Ajansı (İSTKA) ve diğer yerel aktörlerin desteğiyle Çukurova, Tuzla OSB, İzmir gibi kritik sanayi alanlarında altyapı ve risk analizleri Dünya Bankası iş birliğiyle geliştirilmiştir.

Buna karşın mevcut literatürde, Türkiye'nin IMF aracılığıyla doğrudan afet risk finansmanı sağlayan özel bir mekanizmayı kullandığına dair somut bir bulguya rastlanmamıştır. IMF, daha çok makroekonomik istikrar programları çerçevesinde faaliyet göstermekte olup, afet risk finansmanı alanında Türkiye'ye yönelik doğrudan bir portföy sunmamaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin Dünya Bankası finansmanlı projelerle afet risk yönetimi kapasitesini özellikle mikro işletmelerin desteklenmesi, kamu yapılarının sismik güçlendirilmesi ve bölgesel sanayi altyapısının risk temelli dönüştürülmesi alanlarında geliştirdiği görülmektedir. Bununla birlikte bu projelerin planlama süreçleri, harcama kalemleri, performans ve etki göstergeleri gibi detaylarının derinlemesine analiz edilmesi, daha geniş ölçekli ve çok disiplinli bir araştırmayı gerektirmektedir. Dolayısıyla burada sunulan bilgiler, genel bir değerlendirme çerçevesinde özetlenmiş olup, konunun ayrıntılı incelenmesi ileride yapılacak tematik çalışmalara bırakılmıştır.

2.1.1.7 Genel sonuçlar ve değerlendirme

Sonuç olarak, Sendai Çerçevesi, afet risk yönetiminde küresel ölçekte en kapsamlı, uygulanabilir ve sürdürülebilir bir yol haritası sunan stratejik bir çerçeve olsa da afet risk yönetiminin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için tek başına yeterli değildir. Afet risklerinin azaltılması, yalnızca kriz anında müdahaleyle sınırlı kalmayan, önleyici, çok sektörlü ve uzun vadeli bir yaklaşım gerektiren karmaşık bir

süreçtir. Bu bağlamda, Sendai Çerçevesi, küresel ölçekte afet risklerini yönetme hedefinde önemli bir mihenk taşı olmakla birlikte, sürdürülebilir kalkınma, iklim değişikliğiyle mücadele, ekonomik dayanıklılık ve afet sonrası toparlanma süreçleri gibi diğer küresel politika ve finansman mekanizmalarıyla entegre bir şekilde ele alındığında gerçek anlamda etkili olabilmektedir.

Bu noktada, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler), Paris İklim Anlaşması, IPCC İklim Değişikliği Raporları, UNDRR'nin Küresel Afet Risk Değerlendirme Raporları (GAR), Yeni Kentsel Gündem (NUA) ve Dünya Bankası ile IMF'nin afet risk finansmanı çalışmaları, Sendai Çerçevesi'nin vizyonunu genişleten ve uygulanabilirliğini destekleyen tamamlayıcı girişimler olarak öne çıkmaktadır. SDG'ler, afet risk yönetiminin sürdürülebilir kalkınmanın ayrılmaz bir parçası olduğunu vurgularken, Paris İklim Anlaşması ve IPCC raporları, iklim değişikliğinin giderek artan etkilerinin doğal afetlerin sıklığı ve şiddeti üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, Sendai Çerçevesi'nin afet risklerini azaltmaya yönelik hedefleri, iklim değişikliğine uyum politikalarıyla daha etkin hale getirilmektedir.

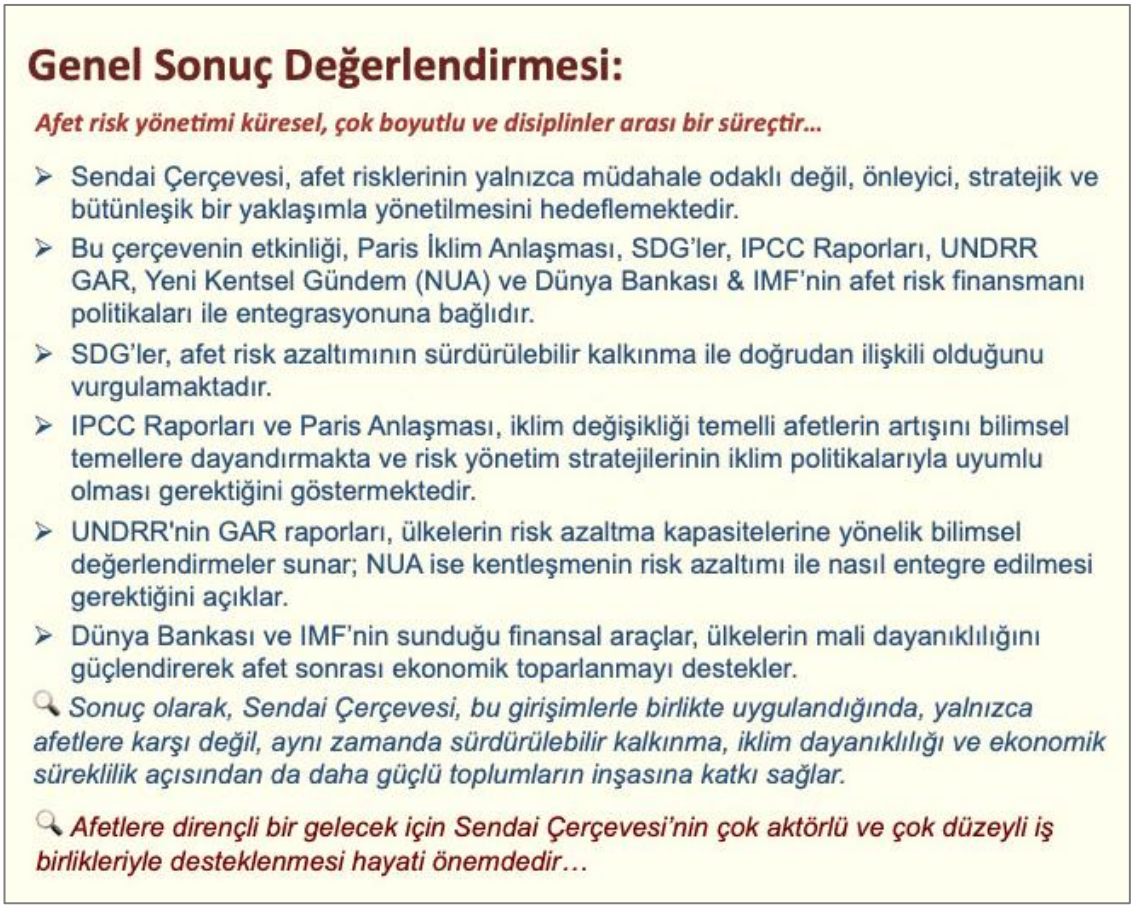
UNDRR'nin Küresel Afet Risk Değerlendirme Raporları (GAR), küresel afet risk yönetimi stratejilerinin etkinliğini ölçen ve ülkelerin risk azaltma politikalarındaki eksikliklerini ortaya koyan bilimsel analizler sunarak, Sendai Çerçevesi'nin uygulama sürecine katkı sağlamaktadır. Benzer şekilde, Yeni Kentsel Gündem (NUA), hızla kentleşen dünya nüfusunun afetlere karşı daha dayanıklı hale getirilmesi için, afet risk yönetimi ile kentsel planlama süreçlerinin nasıl entegre edilmesi gerektiğine dair kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır (Şekil 2-6).

Bununla birlikte, afetlerin yalnızca çevresel veya sosyal boyutları değil, aynı zamanda ciddi ekonomik etkileri olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Dünya Bankası ve IMF tarafından geliştirilen afet risk finansmanı çalışmaları, afetlerin ekonomik boyutlarını yönetmek ve ülkelerin mali dayanıklılıklarını artırmak için kritik araçlar sunmaktadır. Afet sonrası ekonomik çöküşü önlemek, hızlı toparlanmayı sağlamak ve ülkelerin altyapılarını yeniden inşa edebilmeleri için gereken finansal destek mekanizmalarını oluşturmak, Sendai Çerçevesi'nin temel hedeflerinden biri olan "Daha İyi İnşa Etme" (Build Back Better) yaklaşımının hayata geçirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde; yukarıdaki tüm bu belgelerin temel ilkeleri ve öncelikleri çeşitli ulusal strateji ve eylem planlarına önemli ölçüde yansımış durumdadır. Nitekim **TARAP (Türkiye Afet Risk Azaltma Planı)**, **İRAP (İl Afet Risk Azaltma Planları)**, **Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi** ve **Kentsel Dönüşüm Strateji Belgeleri**, söz konusu küresel çerçevelerin yerel ölçeğe adaptasyonu açısından kayda değer örneklerdir. İstanbul, İzmir ve Bursa gibi büyükşehirlerde yürütülen mikro-bölgeleme tabanlı kentsel dönüşüm uygulamaları, Sendai Çerçevesi'nin riskin anlaşılması ve azaltılması önceliklerini somutlaştırırken; bölgesel sanayi sitelerinin afet dirençli şekilde yeniden yapılandırılması ise NUA'nın

sürdürülebilir şehirleşme ve afet risk yönetimi ekseninde doğrudan karşılık bulmaktadır.

Öte yandan Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması kapsamında belirlediği **2030 yılına kadar referans senaryoya göre %21'e kadar emisyon azaltımı taahhüdü (NDC)**, SDG 13'ün "iklim eylemi" hedefine ulusal katkı sağlamaktadır. Ayrıca Türkiye, Dünya Bankası destekli projeler aracılığıyla afet risk finansmanından yararlanarak özellikle **mikro işletmelerin yeniden yapılanması**, **kamu binalarının sismik güçlendirilmesi** ve **sanayi bölgelerinin risk temelli dönüştürülmesi** konularında önemli adımlar atmıştır. Buna karşın afet risk azaltımı yatırımlarının sürdürülebilir kalkınma bütünlüğü içinde ulusal düzeyde izlenmesine yönelik entegre performans göstergesi sistemlerinin henüz tam olarak kurulmamış olması, uluslararası yükümlülüklerin sahadaki uygulamalara yansımasında bazı boşlukların bulunduğunu göstermektedir.



Şekil 2-6 Küresel afet risk yönetim inisiyatiflerin genel değerlendirmesi

Tüm bu değerlendirmeler ışığında, MARAP kapsamında önerilen mekânsal risk yönetimi modeli; hem uluslararası stratejik belgelerin temel ilkeleriyle hem de Türkiye'nin mevcut politika dokümanlarıyla uyumlu bir çerçeve sunmakta, ayrıca ulusal eksikliklerin giderilmesine yönelik bilimsel ve teknik bir zemin oluşturmaktadır. Böylece MARAP, risk temelli kalkınma perspektifinin bölgesel ölçekte operasyonelleştirilmesi için kritik bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Tüm bu girişimler ve politika çerçeveleri birlikte ele alındığında, afet risk yönetiminin yalnızca belirli bir bölge veya sektörle sınırlı kalmayan, küresel, çok boyutlu ve disiplinler arası bir süreç olduğu açıkça görülmektedir. Sendai Çerçevesi'nin etkili olabilmesi için, iklim değişikliğiyle mücadele, sürdürülebilir kalkınma hedefleri, afet sonrası toparlanma finansmanı ve şehirleşme politikaları ile bütünleşik bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

2.1.2 SEVESO Direktifi ve Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi

2.1.2.1 Genel bilgiler

Sanayi faaliyetlerinin yoğunlaştığı bölgelerde, tehlikeli maddelerin kullanımı ve depolanması büyük endüstriyel kazalara yol açabilecek ciddi riskler doğurmaktadır. Bu tür kazalar, yalnızca olayın meydana geldiği tesisle sınırlı kalmayıp, insan sağlığı, çevre ve ekonomik yapılar üzerinde geniş kapsamlı ve uzun süreli etkiler yaratabilmektedir. Özellikle 20. yüzyılın son çeyreğinde yaşanan Bhopal, SEVESO ve Toulouse gibi büyük endüstriyel kazalar, bu risklerin ulusal sınırları aşabileceğini ve daha bütüncül bir düzenleme ihtiyacını açıkça ortaya koymuştur. Bu bağlamda, başta Avrupa Birliği olmak üzere çeşitli uluslararası kuruluşlar tarafından geliştirilen düzenleyici yaklaşımlar, büyük kazaların önlenmesi ve etkilerinin en aza indirilmesi yönünde önemli bir hukuki ve kurumsal çerçeve oluşturmuştur. SEVESO Direktifleri, Endüstriyel Kazaların Sınır Ötesi Etkileri Sözleşmesi ve CLP Tüzüğü bu çerçevenin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Bu bölümde, söz konusu düzenlemelerin tarihçesi, kapsamı ve temel hükümleri ele alınarak büyük endüstriyel kazaların önlenmesine yönelik uluslararası yaklaşımın temel unsurları ortaya konacaktır.

2.1.2.2 SEVESO Direktifleri

2.1.2.2.1 Direktiflerin tarihçesi

SEVESO Direktifleri'nin tarihçesi, büyük endüstriyel kazaların ardından artan farkındalık ve Avrupa düzeyinde ortak bir düzenleme ihtiyacı ile şekillenmiştir. İlk olarak 1982'de yayımlanan 82/501/EEC sayılı Konsey Direktifi (SEVESO I), belirli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanabilecek büyük kaza tehlikelerini önlemeyi ve sonuçlarını sınırlandırmayı amaçlayan ilk önemli adımdı. Bu direktif, özellikle tehlikeli maddeler içeren tesislerin yetkili makamlara bildirimde bulunması ve çalışanların eğitimi ve bilgilendirilmesi gibi temel önlemleri getirmiştir (Avrupa Toplulukları Konseyi, 1982, Md. 1). SEVESO I, üye devletlerin bu alandaki mevzuatlarını yakınlaştırarak rekabet eşitsizliklerini gidermeyi de hedeflemiştir.

Daha sonra, 1996'da kabul edilen 96/82/EC sayılı Konsey Direktifi (SEVESO II), Bhopal ve Mexico City gibi büyük kazaların ışığında mevcut koruma düzeyini yükseltmek ve uygulama etkinliğini artırmak amacıyla SEVESO I'i revize etmiş ve kapsamını genişletmiştir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 1996). SEVESO II ile büyük kaza önleme politikası ve tehlikeli madde miktarları belirli eşikleri aşan tesisler için güvenlik raporu hazırlama zorunluluğu getirilmiştir. Ayrıca, tesislerin birbirine yakınlığı nedeniyle artabilecek riskleri ele alan "domino etkisi" kavramı ve araç

kullanım planlaması ile ilgili hükümler de direktife dâhil edilmiştir. SEVESO II, kamuoyunun bilgilendirilmesi ve acil durum planlaması konularında da önemli geliştirmeler sunmuştur. 2003 yılında, 2003/105/EC sayılı Direktif ile SEVESO II Direktifi'nde bazı teknik ve içeriksel değişiklikler yapılmıştır (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2003).

En son olarak, 2012'de yayımlanan 2012/18/EU sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi (SEVESO III), SEVESO II'yi güncellemiş ve 1 Haziran 2015 itibariyle yürürlükten kaldırmıştır (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2012). SEVESO III'ün temel amacı, mevcut koruma düzeyini daha da iyileştirmek, hükümleri daha etkili ve verimli hale getirmek ve gereksiz idari yükleri azaltmaktır. Bu amaçla, direktif Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanması Hakkında (CLP) Tüzük (EC) No 1272/2008 ile uyumlu hale getirilmiş, tanımlar ve Ekler güncellenmiştir. SEVESO III, kamuoyunun bilgiye erişimi ve katılımı ile ilgili hükümleri güçlendirmiş, denetim ve yaptırım mekanizmalarını iyileştirmiş ve operatörler ile yetkili makamlar arasındaki vurgulamıştır (SEVESO-III, Md.15). Ayrıca, belirli tehlikeli maddelerin büyük kaza tehlikesi oluşturup oluşturmadığının değerlendirilmesine yönelik hükümler de eklenmiştir.

2.1.2.2.2 SEVESO III Direktifi

SEVESO Direktifi III, resmi adıyla Tehlikeli Maddeleri İçeren Büyük Kaza Tehlikelerinin Kontrolü Hakkında 4 Temmuz 2012 tarihli ve 2012/18/AB sayılı Direktif, tehlikeli maddeleri içeren tesislerde büyük kazaları önlemek ve bu tür kazaların insan sağlığı ve çevre üzerindeki sonuçlarını sınırlandırmak amacıyla kurallar koymaktadır (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2012, Md. 1). Bu direktif, daha önce yürürlükte olan 9 Aralık 1996 tarihli 96/82/EC sayılı Konsey Direktifi'ni (SEVESO II Direktifi) yürürlükten kaldırarak onun yerine geçmiştir. SEVESO, Bhopal, Schweizerhalle, Enschede, Toulouse ve Buncefield gibi büyük kazaların gösterdiği gibi, bu tür olayların ciddi sınır ötesi etkileri olabileceği vurgulanarak, Avrupa Birliği genelinde yüksek düzeyde koruma sağlanmasının gerekliliği belirtilmiştir. Direktifin amacı, mevcut yüksek koruma düzeyini sürdürmek ve mümkünse artırmak, aynı zamanda hükümleri daha etkili ve verimli hale getirmektir.

Direktif, belirli miktarların üzerinde tehlikeli madde bulunduran "alt seviye" ve "üst seviye" olarak tanımlanan tesisleri kapsamaktadır (Md. 3). Bu tesislerin operatörleri, büyük kazaları önlemek için gerekli tüm önlemleri almak ve olası kazaların sonuçlarını sınırlandırmakla yükümlüdür (Md. 5). Bu yükümlülükler arasında büyük kaza önleme politikası (MAPP) oluşturma, güvenlik raporları hazırlama, iç ve dış acil durum planları geliştirme ve bunları düzenli olarak gözden geçirme ve güncelleme yer almaktadır (Md. 8). Ayrıca, tesislerin yer seçimi ve yeni gelişmelerin planlanması gibi arazi kullanım politikalarında büyük kaza risklerinin dikkate alınması gerekmektedir (Md. 13)

SEVESO III Direktifi, kamuoyunun bilgilendirilmesi ve karar alma süreçlerine katılımını da önemli ölçüde vurgulamaktadır (Md. 14) . Halkın, tesislerdeki tehlikeli

maddeler, olası kaza senaryoları ve alınması gereken güvenlik önlemleri hakkında düzenli ve anlaşılır bir şekilde bilgilendirilmesi sağlanmalıdır. Özellikle üst seviye tesisler için, olası bir büyük kazadan etkilenebilecek kişilere önceden bilgi verilmesi ve harici acil durum planları hakkında görüşlerinin alınması gerekmektedir (Md. 18). Üye devletler ayrıca, meydana gelen büyük kazalar hakkında Komisyonu bilgilendirmek ve bu kazalardan çıkarılan dersleri paylaşmakla yükümlüdür. Direktifin uygulanmasını sağlamak için üye devletler yetkili makamlar atayacak ve bu makamlar düzenli denetimler yaparak direktife uyumu kontrol edecektir (Md. 6).

2.1.2.3 Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi hakkında diğer uluslararası mevzuatlar

Espoo Sözleşmesi (1991) – Sınır ötesi Çevresel Etki Değerlendirmesi

Bu sözleşme, ekonomik faaliyetler ile çevresel sonuçları arasındaki karşılıklı ilişki bilinciyle, esas olarak sınır ötesi bağlamda önemli olumsuz çevresel etkileri önleme, azaltma ve kontrol etme amacını taşımaktadır. Çevreye duyarlı ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak ve özellikle sınır ötesi bağlamda çevresel etki değerlendirmesi (ÇED) konusunda uluslararası iş birliğini artırmak hedefiyle hazırlanmıştır (Birleşmiş Milletler, 1991). Sözleşme, karar alma sürecinin erken aşamalarında çevresel faktörlerin açıkça dikkate alınması gerektiğini vurgulayarak, ÇED'i karar vericilere sunulan bilginin kalitesini artırma ve çevresel açıdan sağlam kararlar alarak önemli olumsuz etkileri en aza indirme konusunda gerekli bir araç olarak konumlandırmaktadır. Bu yaklaşım, öngörülü politikalar geliştirmenin ve önemli çevresel etkileri izlemenin önemini de kapsamaktadır.

Sözleşmenin kapsamı ve mekanizması, özellikle sınır ötesi etkiye sahip olabilecek planlanan faaliyetler etrafında şekillenmiştir. "Sınır ötesi etki," bir tarafın yargı yetkisi altındaki bir alanda, fiziksel kökeni tamamen veya kısmen başka bir Tarafın yargı yetkisi altında bulunan bir faaliyetten kaynaklanan, küresel nitelikte olmayan herhangi bir etki olarak tanımlanır. Sözleşme, Ek I'de listelenen (örneğin, rafineriler, enerji santralleri, büyük barajlar) ve potansiyel olarak ilgili Taraflarca anlaşmaya varılan diğer faaliyetler için bir ÇED prosedürünün oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu prosedür, "menşe Taraf" (faaliyetin önerildiği Taraf) ve "etkilenen Taraf" (etkilenebilecek Taraf) arasında iş birliğini gerektirir. Süreç, etkilenen Taraflara bildirimde bulunmayı, halkın katılımını sağlamayı, ÇED dokümantasyonunu hazırlamayı, danışmalar yapmayı ve nihai kararda ÇED sonuçlarını dikkate almayı içerir. Ayrıca, sözleşme sonrası analiz ve ikili veya çok taraflı iş birliği anlaşmalarının devam ettirilmesi veya imzalanması imkanını da öngörmektedir.

Endüstriyel kazaların sınır ötesi etkileri sözleşmesi

Endüstriyel Kazaların Sınır ötesi Etkileri Sözleşmesi, sanayi kazalarının insan sağlığına ve çevreye olan olumsuz etkilerinin sınırları aşabileceği gerçeğini kabul ederek, bu tür kazaların önlenmesi, bunlara hazırlıklı olunması ve sınır ötesi etkilerinin azaltılması için uluslararası iş birliğini ve koordinasyonu amaçlamaktadır

(Birleşmiş Milletler, 1992). Sözleşme, tehlikeli maddelerin ve sınır ötesi etkilere yol açabilecek tehlikeli faaliyetlerin tanımını yapmakta, kaza, tehlikeli faaliyet, etkiler ve sınır ötesi etkiler gibi temel kavramları netleştirmektedir. Taraflar, kazaların önlenmesi, bunlara hazırlıklı olunması, etkilerinin giderilmesi ve rehabilitasyon çalışmaları dahil olmak üzere ulusal ve uluslararası düzeyde uygun önlemleri alma yükümlülüğü altındadır.

Sözleşme, potansiyel sınır ötesi etkileri olan tehlikeli faaliyetlerle ilgili bilgi alışverişi, danışma ve değerlendirme süreçlerini düzenlemektedir. Ayrıca, sanayi kazaları durumunda karşılıklı yardım mekanizmalarını, sorumluluk, araştırma ve geliştirme ile teknoloji transferi konularını ele almaktadır. Taraflar Konferansı'nın rolünü ve bir çalışma programının oluşturulmasını belirleyen sözleşme, değişiklik yapma usullerini de içermektedir. Uyuşmazlıkların çözümü için Uluslararası Adalet Divanı'na başvurma veya tahkim gibi mekanizmalar sunan sözleşmede, tehlikeli maddelerin listesini ve soruşturma ile danışma usullerini içeren ekler de bulunmaktadır.

Maddelerin ve karışımların sınıflandırılması, etiketlenmesi ve ambalajlanması hakkında (CLP) tüzük (EC) No 1272/2008

Bu tüzük, büyük endüstriyel kazaların riskinin azaltılmasına doğrudan odaklanan belirli bir madde içermese de tehlikeli maddelerin sınıflandırılması, etiketlenmesi ve ambalajlanmasıyla ilgili genel düzenlemeleri aracılığıyla bu amaca hizmet eder (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2008). Özellikle, tüzükte yer alan H kodları (tehlike ifadeleri) ve P kodları (önlem ifadeleri), büyük kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması açısından kritik bilgiler sunar. Örneğin, H202 ve EUH044 gibi ifadeler patlama tehlikesine dikkat çekerken, P230, P243 ve P373 gibi önlemler ise bu tür riskleri azaltmaya yönelik talimatlar sunar. Dolayısıyla, bu tüzükteki tehlike ve önlem ifadeleri, tehlikeli maddelerle güvenli çalışma prensiplerini belirleyerek ve acil durum prosedürlerine rehberlik ederek büyük endüstriyel kaza riskinin yönetilmesinde dolaylı ancak önemli bir rol oynar.

2.1.2.4 Genel sonuçlar ve değerlendirme

Sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde büyük endüstriyel kazaların meydana gelme riski, sadece bu tesislerin fiziksel çevresiyle sınırlı olmayan, insan sağlığı, çevresel denge ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından geniş etkiler doğurabilecek çok boyutlu bir tehdit oluşturmaktadır. Bu risklerin yönetimi, salt teknik önlemlerle değil, aynı zamanda güçlü bir mevzuat çerçevesi, kurumsal koordinasyon ve toplumsal farkındalıkla mümkündür. Avrupa Birliği tarafından geliştirilen SEVESO Direktifleri, bu bütüncül yaklaşıma örnek teşkil etmekte; büyük endüstriyel kazaların önlenmesi, meydana gelmeleri durumunda etkilerinin azaltılması ve kamuoyunun bilgiye erişimi açısından kapsamlı bir düzenleme sunmaktadır. Bu direktifler, riskin yalnızca sanayi tesisleriyle sınırlı olmadığını; yer seçiminden kentsel planlamaya, kamu bilgilendirmesinden acil durum yönetimine kadar pek çok alanda koordineli stratejiler gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Afet risk azaltma çalışmaları, doğa kaynaklı tehlikelerin yanı sıra insan kaynaklı teknolojik tehditleri de kapsamalıdır. Bu bağlamda, SEVESO III Direktifi gibi düzenlemeler, sadece sanayi tesisleri için değil, aynı zamanda yerel ve bölgesel düzeyde afet yönetimi politikaları geliştiren kurumlar için de yol gösterici olabilir. Tehlikeli maddelerin sınıflandırılması, domino etkisi değerlendirmeleri, arazi kullanım planlamasına entegre edilen güvenlik kriterleri ve kamuoyunun aktif katılımı gibi ilkeler, risk azaltma eylem planlarına entegre edilerek çok disiplinli ve önleyici bir yaklaşım geliştirilebilir. Dolayısıyla, SEVESO Direktifleri ve benzeri uluslararası düzenlemeler, teknolojik kaynaklı afetlerin sistematik biçimde yönetilmesine olanak tanıyarak, daha güvenli ve dirençli yerleşim alanlarının oluşturulmasına katkı sunmaktadır.

2.1.3 EPA – ABD Çevre Koruma Ajansı Standartları ve Endüstriyel Güvenlik

EPA'nın endüstriyel tesisler için belirlediği temel çevre düzenlemeleri, çeşitli önemli yasal düzenlemeler aracılığıyla oluşturulmuştur. Bu düzenlemelerin çoğu, Federal Yönetmelikler Kodunun (CFR) 40. Başlığı altında toplanmıştır ve farklı çevre alanlarını kapsamaktadır**.**

2.1.3.1 EPA standartları ve endüstriyel güvenliğin ilişkisi

Endüstriyel güvenlik, işyerinde kazaları, yaralanmaları ve hastalıkları önlemeye yönelik uygulamaları ve prosedürleri kapsar. Bu, yalnızca işyerindeki tehlikeleri azaltmakla kalmaz, aynı zamanda çalışanların fiziksel ve mental sağlığını koruyarak daha üretken ve güvenli bir çalışma ortamı sağlar. Endüstriyel güvenlik, tehlikeli maddelerin doğru şekilde işlenmesi, uygun koruyucu ekipmanların kullanımı ve risklerin sürekli olarak değerlendirilmesini gerektirir.

EPA'nın çevre düzenlemeleri ile endüstriyel güvenlik arasında doğrudan ve dolaylı ilişkiler bulunmaktadır. Bu ilişkiler, işyerinde güvenliği artırmanın yanı sıra çevresel sorumluluk bilinci oluşturmayı da hedefler. Çevreye yönelik düzenlemelerin işyerine entegrasyonu, iş süreçlerinin daha sürdürülebilir hale gelmesine ve çalışanların kendilerini daha güvende hissetmesine olanak tanır. Böylece, çevre koruma ve iş güvenliği hedefleri arasında bir denge kurularak her iki alanda da başarı sağlanır.

- **Doğrudan İlişkiler:** EPA'nın tehlikeli maddelerin işlenmesi, depolanması ve bertarafına ilişkin düzenlemeleri, çalışanların bu maddelere maruz kalma riskini en aza indirerek iş güvenliğini doğrudan etkiler. Hava emisyon standartları, çalışanları toksik maddelerin solunmasından kaynaklanan solunum yolu hastalıklarından ve diğer sağlık sorunlarından korumaya yardımcı olur. Su deşarj limitleri, zararlı kimyasalların su yollarına salınımını önleyerek, kontamine suyla temas edebilecek çalışanları korur.
- **Dolaylı İlişkiler:** EPA standartlarına uyum genellikle, işyeri güvenliğini de artırabilecek belirli teknolojilerin ve süreçlerin uygulanmasını gerektirir. Örneğin, emisyonları kontrol etmek için kullanılan ekipmanlar, aynı zamanda çalışanların

tehlikeli maddelere maruz kalmasını da engelleyebilir. Çevresel sorumluluk kültürünün benimsenmesi, kuruluşlarda genel bir güvenlik odaklılığının oluşmasına katkıda bulunabilir.

EPA standartlarına uyum sağlamak, işyeri güvenliği için çeşitli faydalar sunar:

- **Tehlikeli Madde Maruziyetinin Azaltılması**: EPA düzenlemeleri, tehlikeli kimyasalların güvenli bir şekilde yönetilmesini sağlayarak çalışanların bu maddelere maruz kalma riskini önemli ölçüde azaltır.
- **Kaza Önleme**: Kimyasal sızıntıları, patlamalar ve yangınlar gibi çevresel kazaların önlenmesi, işyeri güvenliğini artırır.
- **Sağlıklı Çalışma Ortamı:** Hava ve su kalitesinin iyileştirilmesi, çalışanların sağlığını korur ve mesleki hastalıkların önlenmesine yardımcı olur.
- **Acil Durum Hazırlığı:** EPA'nın Risk Yönetim Programı (RMP) gibi düzenlemeler, tesislerin kimyasal kazalara karşı acil durum planları geliştirmesini gerektirerek çalışanların ve çevredeki toplulukların güvenliğini sağlar.

EPA ve OSHA arasındaki iş birliği hem çevrenin hem de çalışanların korunmasını amaçlayan bütünleşik bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bu iş birliği, bilgi paylaşımı, ortak denetimler ve tutarlı düzenlemelerin geliştirilmesi yoluyla daha etkili bir güvenlik ve çevre koruma düzeyi sağlar.

Farklı endüstriyel sektörlerde uygulanan EPA standartlarına dair örnekler

EPA standartları, farklı endüstriyel sektörlerin kendine özgü çevresel etkilerini ve güvenlik zorluklarını ele almak üzere tasarlanmıştır. Aşağıda, kimya, enerji ve üretim sektörlerinde uygulanan EPA standartlarına özel örnekler ve bu standartların endüstriyel güvenlik uygulamalarını nasıl etkilediği gösterilmektedir.

***Kimya endüstrisi*:** Kimya endüstrisi, çeşitli tehlikeli kimyasalların kullanımı ve üretimi nedeniyle önemli çevresel ve güvenlik riskleri taşır. EPA, bu sektör için bir dizi özel standart belirlemiştir:

- **Tehlikeli Hava Kirleticileri İçin Ulusal Emisyon Standartları (NESHAP):** Kimya üretim tesisleri, çalışanların kanserojen ve diğer toksik maddelere maruz kalmasını önlemek için benzen, etilen oksit ve vinil klorür gibi tehlikeli hava kirleticilerinin emisyonlarını sınırlayan NESHAP standartlarına tabidir. Bu standartlara uyum, özel kontrol teknolojilerinin ve iş uygulamalarının uygulanmasını gerektirir, bu da işyeri güvenliğini doğrudan etkiler.
- **Toksik Maddeler Kontrol Yasası (TSCA) Düzenlemeleri**: TSCA, kimyasal maddelerin üretimi, işlenmesi, dağıtımı, kullanımı ve bertarafını düzenler. EPA, TSCA kapsamında kimyasal maddelerin risk değerlendirmesini yapar ve riskleri yönetmek için kısıtlamalar veya yasaklar uygulayabilir. Bu tür düzenlemeler, çalışanların tehlikeli kimyasallara maruz kalma riskini azaltarak iş güvenliğini artırır.

- **Tehlikeli Atık Bertaraf Standartları (RCRA):** Kimya endüstrisi, tehlikeli atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesini sağlamak için RCRA'nın katı düzenlemelerine uymak zorundadır. Bu düzenlemeler, atıkların uygun şekilde etiketlenmesini, depolanmasını ve taşınmasını gerektirir, bu da çalışanların toksik ve aşındırıcı maddelere maruz kalma riskini en aza indirir.

Enerji endüstrisi: Enerji endüstrisi, özellikle elektrik santralleri ve petrol ve gaz operasyonları, önemli çevresel etkilere sahiptir ve iş güvenliği için özel zorluklar sunar. EPA standartları bu zorlukları ele almaktadır:

- **Elektrik Santralleri için Standartlar (MATS ve ELG'ler):** EPA'nın Cıva ve Hava Toksikleri Standartları (MATS), kömürle çalışan elektrik santrallerinden cıva ve diğer tehlikeli hava kirleticilerinin emisyonlarını azaltır. Bu, çalışanları nörolojik ve diğer sağlık risklerinden korur. Atık Su Sınırlandırma Kılavuzları (ELG'ler), santrallerden atık su deşarjlarını düzenleyerek, çalışanların kontamine suyla temasını önler.
- **Petrol ve Gaz Operasyonları için Standartlar:** EPA düzenlemeleri, petrol ve gazın sızmasını ve salınımını önlemeye odaklanır; bu maddeler yanıcıdır ve toksik maddeler içerebilir. Bu düzenlemeler, Sızıntı Önleme Kontrol ve Karşı Tedbir (SPCC) planları ve emisyon kontrolleri gibi gereksinimleri içerir ve yangın, patlama ve zararlı buharlara maruz kalma riskini en aza indirerek daha güvenli bir çalışma ortamına katkıda bulunur.

Üretim endüstrisi: Üretim endüstrisi, faaliyetlerinin çeşitliliği nedeniyle geniş bir çevresel ve güvenlik düzenlemesine tabidir:

- **Plastik Kalıplama ve Şekillendirme için Atık Su Kılavuzları (ELG'ler)**: Bu tesislerden (40 CFR Bölüm 463) atık su deşarjına ilişkin düzenlemeler, çalışanları atık su arıtımı veya işlenmesiyle ilgili kirleticilere maruz kalmaktan koruyan BOD5, yağ ve gres ve TSS gibi kirleticileri kontrol eder.
- **Kimyasal Üretim Alanı Kaynakları (NESHAP)**: Daha küçük kimyasal üretim tesislerini hedefleyen standartlar, bu tesislerde ve çevredeki alanlarda çalışanlar için potansiyel maruz kalma risklerini azaltan etilen oksit gibi tehlikeli hava kirleticilerinin emisyonlarını sınırlar.
- **Metal İşleme (ELG'ler)**: Metal işleme operasyonları için atık su kılavuzları, çalışanları bu zararlı maddelerle potansiyel temastan koruyan atık sudaki metallerin ve diğer kirleticilerin deşarjını düzenler.

Bu örnekler, EPA standartlarının farklı endüstriyel sektörlerdeki güvenlik uygulamalarını nasıl etkilediğini göstermektedir. Standartlara uyum, çalışanlar için daha güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamının sağlanmasına yardımcı olurken, çevresel etkileri de en aza indirir.

2.1.3.2 EPA standartlarının endüstriyel güvenlik üzerindeki etkileri

ABD Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) endüstriyel tesisler için belirlediği standartlar, yalnızca çevreyi korumakla kalmayıp aynı zamanda işyeri güvenliğini de önemli ölçüde etkilemektedir. EPA'nın hava emisyonları, su kirliliği ve atık yönetimi gibi temel alanlardaki kapsamlı düzenlemeleri, endüstriyel tesislerin çevresel etkilerini en aza indirmeyi amaçlarken, aynı zamanda çalışanlar için daha güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamaktadır.

EPA standartlarına uyum, tehlikeli maddelere maruz kalma riskini azaltarak, çevresel kazaları önleyerek ve genel olarak daha güvenli bir çalışma kültürü oluşturarak endüstriyel güvenliğe doğrudan katkıda bulunur. Kimya, enerji ve üretim gibi çeşitli endüstriyel sektörlerde uygulanan özel EPA standartları, bu standartların endüstriyel güvenlik uygulamalarını nasıl şekillendirdiğini açıkça göstermektedir.

Sonuç olarak, EPA standartları endüstriyel güvenlik için vazgeçilmez bir çerçeve sunmaktadır. Bu standartlara tam ve sürekli uyum hem çevrenin korunmasına hem de endüstriyel tesislerde çalışanların sağlığı ve güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Gelecekte, EPA standartları ve endüstriyel güvenlik arasındaki bu ilişkinin, sürdürülebilirlik ve işyeri güvenliği hedeflerine ulaşmada daha da önemli bir rol oynaması beklenmektedir.

2.1.4 ECHA – Avrupa Kimyasallar Ajansı ve Kimyasal Risk Yönetimi

Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA), Avrupa Birliği'nde kimyasal maddelerin güvenli yönetimini sağlamak amacıyla kurulmuş merkezi bir otoritedir. Helsinki merkezli bu ajans; kimyasalların kayıt, değerlendirme, yetkilendirme ve kısıtlanmasından sorumlu olup, REACH ve CLP gibi düzenlemelerle üretimden kullanıma ve bertarafa kadar tüm süreci kapsamlı şekilde denetler. ECHA, sunduğu rehberlik, teknik belgeler ve veri yönetim araçlarıyla sektörün kimyasal risklerini bilimsel temele dayalı olarak analiz eder, güvenli kullanım için standart çözümler sunar. Ayrıca, Seveso III Direktifi gibi ileri düzey düzenlemeler ve MARAP gibi ulusal programlarla birlikte kimyasal risklerin mekânsal olarak analiz edilmesini ve acil durum planlarının oluşturulmasını destekler. Böylece ECHA, Avrupa'da ve Türkiye'de kimyasal güvenliğin ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında merkezi bir rol üstlenmektedir.

ECHA'nın rehberlik ettiği en önemli çerçevelerden biri olan REACH, Avrupa'da kimyasalların güvenli kullanımını sağlamak için en geniş kapsamlı düzenleyici yapı olarak kabul edilir. CLP ise kimyasal maddelerin tehlike sınıflandırmalarını, etiketlemelerini ve ambalajlarını standardize ederek kullanıcıları olası tehlikelere karşı uyarmayı hedeflemektedir. Bu düzenlemeler, kimyasal kazaların önlenmesi, toksik maruziyetin sınırlandırılması ve sanayi kaynaklı çevresel etkilerin minimize edilmesi açısından kritik rol oynamaktadır. ECHA'nın yürüttüğü bu düzenlemelerin güncel ve detaylı içeriğine (https://echa.europa.eu/) adresinden erişim sağlanabilir.

Avrupa'da kimyasal kazaların önlenmesine yönelik olarak ECHA yönergeleri, Seveso III Direktifi (2012/18/EU) gibi ileri düzey düzenlemelerle tamamlanmaktadır. Seveso Direktifi, kimyasal tesislerin risk analizlerini zorunlu kılar ve bu tesislerde olası kazalara karşı hazırlıklı olunması için acil durum planlarının hazırlanmasını gerektirir. Aynı zamanda yerleşim alanlarına yakın yüksek riskli tesislerin konumlandırılmasında mekânsal planlama ilkelerini de devreye sokar. Bu kapsamda, coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) kullanımıyla risk bölgeleri haritalanmakta, etki alanları hesaplanmakta ve müdahale stratejileri geliştirilmektedir.

Türkiye'de geliştirilen MARAP (Mekânsal Afet Risk Azaltım Programı), afet risklerinin mekânsal olarak analiz edilmesi ve bu risklerin azaltılmasına yönelik planlamaların geliştirilmesini amaçlamaktadır. MARAP kapsamında yürütülen çalışmaların kimyasal tehlikelerle bütünleşik biçimde ele alınması, risk senaryolarının çok tehlikeli sanayi tesislerini kapsayacak şekilde genişletilmesi ve müdahale planlarının kimyasal kazalara entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. ECHA'nın sunduğu maruziyet senaryoları, kimyasal sınıflandırmalar ve sınır değerler bu entegrasyon için bilimsel dayanak oluşturmaktadır.

Özellikle MARAP'ın veri altyapısında kimyasal tesislerin konumlarının, etki alanlarının ve taşımacılık güzergâhlarının detaylı şekilde modellenmesi, Avrupa'daki iyi uygulama örneklerinden biri olan Seveso yaklaşımına paralel bir planlama zemini oluşturacaktır. Bu çerçevede CBS tabanlı tehlike haritaları geliştirilebilir, yüksek riskli alanlar sınıflandırılabilir ve yerel yönetimler için teknik rehberlik dokümanları hazırlanabilir. Ayrıca ECHA'nın IUCLID ve Chesar gibi araçlarının MARAP veri modeliyle entegrasyonu, uluslararası ölçekte teknik uyumluluk açısından büyük avantaj sağlayacaktır.

Sonuç olarak, ECHA'nın bilimsel temelli düzenleme ve değerlendirme yapısı, MARAP gibi mekânsal risk yönetimi programlarının teknik düzeyde geliştirilmesine doğrudan katkı sunabilecek niteliktedir. Türkiye'deki kimyasal güvenlik düzenlemeleri ile Avrupa Birliği'nin ECHA rehberliğinde şekillenen sistemleri arasında uyumlaştırma sağlanması hem mevzuat hem de uygulama düzeyinde önemli gelişmelere zemin hazırlayacaktır. Bu doğrultuda MARAP'ın kimyasal tehlikeler bağlamında yeniden yapılandırılması önerilmekte; bu yapılandırma sürecinde ECHA'nın sunduğu rehberlik ve araçlardan sistematik biçimde yararlanılması gerektiği vurgulanmaktadır.

2.1.5 MINERVA – Avrupa Komisyonu Büyük Kaza Tehlikeleri Bürosu ve Kritik Altyapı Yönetimi (KAY)

2.1.5.1 Genel bilgiler

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (Joint Research Centre - JRC) tarafından yönetilen MINERVA, kimyasal kaza önleme ve hazırlık (Chemical Accident Prevention and Preparedness - CAPP) politikalarına bilimsel ve teknik destek sağlamak amacıyla geliştirilmiş çok yıllı bir bilgi yönetim sistemidir (Avrupa

Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi, t.y.c). MINERVA, bilgi döngüsünün tüm aşamalarında—bilginin toplanması, düzenlenmesi, analiz edilmesi, üretilmesi ve görselleştirilmesi—etkin bir şekilde faaliyet göstermeyi hedeflemektedir. Bu sistem, MAHB (Major Accident Hazards Bureau) bünyesindeki bilimsel ve politika destek faaliyetlerinin merkezi bir erişim noktası olarak konumlandırılmıştır. Aynı zamanda, sanayi kazaları, ortaya çıkan kimyasal riskler ve KBRN (kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer) dahil olmak üzere farklı nedenlere dayalı kimyasal olaylar konusunda öğrenilen dersler ışığında uluslararası düzeyde bilimsel ve teknik bir referans noktası olmayı amaçlamaktadır.

MINERVA'nın işlevleri arasında, risk değerlendirmesi (Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi, t.y.d), sonuç analizleri, kaza nedenlerine ilişkin eğilimler, güvenlik yönetim sistemleri, teknik kontrol önlemleri, insan ve örgütsel davranışlar, arazi kullanım planlaması, acil durum hazırlığı ve müdahale planlaması, denetim ve izleme gibi çeşitli tematik alanlarda bilgi ve deneyim paylaşımına dayalı hizmet ve ürünlerin sunulması yer almaktadır (Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi, t.y.e). Ayrıca sistem, SEVESO tesislerinden elde edilen deneyimler çerçevesinde geliştirilen ders bültenleri, raporlar, haber bültenleri ve EMM RSS yayınları ile bu bilgi birikimini geniş kitlelerle paylaşmayı hedeflemektedir. MINERVA, aynı zamanda Aarhus Sözleşmesi kapsamında halkın çevresel bilgilere erişim hakkını gözeterek, farklı kullanıcı gruplarının (Avrupa Komisyonu Genel Müdürlükleri, Üye Devletler, sanayi, akademi ve kamu) ihtiyaçlarına uygun bilgi haritalama süreçlerini desteklemekte; kimyasal, enerji, ulaşım, biyolojik ve radyolojik sektörlerdeki deneyimlerin karşılaştırmalı analizine ve disiplinler arası diyaloğun geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

Kaynak: https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/minerva/about

2.1.5.2 CAPRI platformu- kimyasal afet bilgi ekosistemi

Kimyasal afet yönetimi, bu tür olaylara ilişkin verilerin ve bilgilerin toplanması, analiz edilmesi ve yaygınlaştırılması süreçlerini kapsamaktadır. Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi bünyesindeki Büyük Endüstriyel Kazalar Bürosu (JRC-MAHB) tarafından geliştirilen CAPRI (Chemical Accident Prevention & Risk Information) platformu, kimyasal kazalara ilişkin bilginin mevcut durumda son derece dağınık olmasından hareketle tasarlanmıştır (Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi, t.y.b). Bu dağınıklık, geçmişteki kazaların nerede ve nasıl gerçekleştiğini anlamayı zorlaştırmakta ve dolayısıyla benzer kazaların gelecekte önlenmesini engelleyebilecek bir unsur haline gelmektedir. Kimyasal kaza verileri, kamu kurumları, akademi ve sanayi kuruluşları tarafından yönetilen birçok açık kaynakta parçalı bir biçimde bulunmaktadır. Ayrıca, zamanla bilgi teknolojilerinin eskimesi ya da bilgiyi barındıran kurumların önceliklerinin değişmesi gibi nedenlerle geçmişte üretilen bilgiye erişim zorlaşabilmektedir. Bununla birlikte, süreç güvenliği açısından önemli olan belirli kazaların anlamı ve katkısı, bu olayları araştıran ya da inceleyen uzmanların emekliliğiyle birlikte zamanla unutulabilmektedir.

Bu eksikliği gidermek amacıyla geliştirilen CAPRI platformu, seçilmiş kimyasal kaza olaylarına ilişkin bilginin korunmasına ve gelecek nesil kimyasal güvenlik uzmanlarına aktarılmasına yönelik bir bilgi merkezi işlevi görmektedir. Platform hem ulusal hem de uluslararası standartların ve düzenleyici çerçevelerin geliştirilmesinde etkili olmuş önemli kazalarla ilgili bilgiye erişimi sağlayarak bir "ekosistem" sunmaktadır. CAPRI; azaltım, önleme, hazırlık, müdahale ve iyileştirme gibi afet yönetiminin tüm aşamalarında edinilen dersleri kamuoyuyla ve güvenlik topluluğuyla paylaşmakta, böylelikle kimyasal afetlerin meydana gelmesini önlemeye ve olası etkilerini azaltmaya katkı sunmaktadır. Ayrıca platform, uzman kayıpları ve teknolojik eskime nedeniyle kurumsal bilgi ve deneyimin yitirilmesini önlemeye yönelik bir bilgi "koruma ve aktarım" stratejisinin parçası olarak tasarlanmıştır. Bu sayede, kimyasal güvenlik alanındaki operasyonel sürekliliğin sağlanması ve genç kuşaklara bilgi aktarımı hedeflenmektedir.

Kaynak: https://minerva.jrc.ec.europa.eu/EN/content/capri/4d64fdf8-a528-11ec-9877-0050563f0167/capriabout

2.1.5.3 MINERVA portalı tarafından yayımlanan raporlar

2.1.5.3.1 MAHBülten serisi

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından yayınlanan "MAHBülten" serisindeki her bir bülten, büyük endüstriyel kazalardan çıkarılan derslere odaklanmakta ve belirli bir temayı ele almaktadır. Bültenlerde yer alan kazaların açıklamaları ve çıkarılan dersler, Avrupa Birliği'nin Büyük Kaza Raporlama Sistemi (eMARS) ve diğer açık kaynaklardan elde edilen kaza raporlarına dayanmaktadır.

Ortak temalar ve çıkarılan dersler

- **İnsan Faktörü ve Organizasyonel Hatalar:** Birçok kaza, tasarım veya organizasyonel hatalar, yetersiz talimatlar veya işletme prosedürleri ile ilişkili insan hatalarından kaynaklanmaktadır. Operatörlerin, yüklenicilerin ve alt yüklenicilerin eğitimi ve deneyimi ile talimatların ve işletme yöntemlerinin kalitesi tesisin güvenliği için temel öneme sahiptir. Çalışma prosedürlerindeki sapmalara ancak kapsamlı bir değerlendirmeden sonra izin verilmelidir (JRC, 2012b).
- **İzinle Çalışma Sistemi:** Onarım ve bakım çalışmaları için izinle çalışma sisteminin uygulanması kritik öneme sahiptir. Modifikasyon durumlarında yeni bir izinle çalışma sistemi önerilmektedir. İzinlerin, yetkilendirilen eylemlerin yanı sıra açıkça yasaklananları da içermesi önemlidir (JRC, 2012b).
- **Yüklenici Güvenliği:** Yüklenicilerin karıştığı kazalar düzenli olarak meydana gelmektedir. Bu kazaların çoğu, yüklenicilerin yetersiz eğitimi ve/veya sözleşmeli işin yetersiz kontrolünden kaynaklanmaktadır. Operatörler, yüklenicilerin güvenliğini sağlamak, potansiyel tehlikeleri belirlemek ve kontrol etmekle yükümlüdür. Yüklenicilere işin riskleri, güvenlik kuralları ve acil durum prosedürleri hakkında eğitim verilmelidir (JRC, 2012b).

- **Malzeme Kalitesi ve Korozyon:** Ekipman seçiminde proses koşullarına uygun malzeme özelliklerine dikkat edilmelidir. Korozyon, özellikle petrol rafinerilerinde önemli bir kaza nedenidir. Korozyon risklerini değerlendirmek, uygun denetim sıklıklarını belirlemek ve uzman görüşünü almak önemlidir. Yaşlanan tesislerde korozyona karşı özel dikkat gösterilmelidir (JRC, 2013b).
- **Kimyasal Reaktivite ve Kontrol:** Tehlikeli maddelerin fiziksel özellikleri ve reaksiyon riskleri tam olarak anlaşılmalıdır. Kontrolsüz ekzotermik reaksiyonlar ciddi kazalara yol açabilir. Proses kontrolünün sıkı olması, sapmaları en aza indirmek ve acil durum sistemlerinin yeterli olması gereklidir. Geçmiş kazalardan ders çıkarmak önemlidir. Özellikle hidrojen kazalarından çıkarılan dersler kimyasal reaktivite ve kontrolün önemini vurgulanmaktadır (JRC, 2012a). Ayrıca kimyasal kazaların çevresel etkileri de önemli bir risk faktörüdür (JRC, 2013a).
- **Güvenlik Yönetim Sistemi ve Risk Değerlendirmesi:** Tesislerde sürekli bir risk farkındalığı olmalı ve tüm hiyerarşik seviyelerde dikkatli olunmalıdır. Risk değerlendirmeleri tüm olası kaza senaryolarını ve domino etkilerini kapsamalıdır. Bakım prosedürleri yazılı olarak belirlenmeli ve güvenlik konularına vurgu yapılmalıdır.
- **Acil Durum Hazırlığı ve Müdahale:** Acil durum planları hazırlanmalı, test edilmeli ve tüm personel tarafından anlaşılmalıdır. Acil müdahale ekiplerinin (özellikle itfaiyecilerin) karşılaşabilecekleri tehlikeler konusunda eğitimli ve donanımlı olmaları kritik öneme sahiptir(JRC, 2017a; JRC, 2017c). Acil durumlarda tahliye ve sığınma prosedürleri de büyük önem taşımaktadır (JRC, 2016a). Kaza durumunda çevredeki halkın ve ilgili kurumların derhal bilgilendirilmesi gerekmektedir.
- **Yaşlanan Tesisler:** Tesislerin, ekipmanların, personelin ve prosedürlerin yaşlanması risk oluşturabilir. Yaşlanma olgusu stratejik bir güvenlik sorunu olarak ele alınmalı, düzenli denetimler yapılmalı ve bilgi kaybının önüne geçilmelidir (JRC, 2015a).
- **Doğal Kaynaklı Teknolojik (Natech) Kazalar:** Doğal olayların (şimşek, sel, deprem vb.) tetiklediği kazalar da dikkate alınmalıdır. Risk değerlendirmelerinde doğal tehlikeler göz önünde bulundurulmalı ve uygun önleyici ve azaltıcı önlemler alınmalıdır (JRC, 2014c).
- **Fertilizatörlerle İlgili Kazalar:** Amonyum nitrat ve NPK gübreleri gibi maddelerin depolanması ve işlenmesi özel riskler taşır. Bu maddelerin kendine özgü tehlikeleri bilinmeli, uygun depolama koşulları sağlanmalı ve kontaminasyondan kaçınılmalıdır. Geçmişte meydana gelen fertiliztor kazalarından ders çıkarılmalıdır (JRC, 2014b).
- **Patlayıcı Maddelerle İlgili Kazalar:** Patlayıcı maddelerin üretimi, depolanması ve imhası yüksek risk içerir. Tüm operasyonlar için risk değerlendirmesi

yapılmalı, yeterli güvenlik mesafeleri sağlanmalı ve personel uygun şekilde eğitilmelidir (JRC, 2015b).

Bu bültenler genel olarak, endüstriyel tesislerdeki büyük kazaların önlenmesi ve bunlara hazırlıklı olunması için alınması gereken dersleri ve iyi uygulamaları vurgulamaktadır. Sürekli tetikte olmak, prosedürlere uymak, eğitimli personel çalıştırmak, riskleri doğru değerlendirmek ve geçmiş kazalardan ders çıkarmak güvenli bir işletme için hayati önem taşımaktadır.

2.1.5.3.2 SEVESO Denetimleri Serisi

SEVESO Denetimleri Serisi, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC) ve çeşitli Üye Devletlerin yetkili kuruluşlarının ortak yayınladığı bir dizi rapordur. Bu serinin amacı, büyük endüstriyel tehlikelerin kontrolü ve SEVESO II Direktifi'nin uygulanmasıyla ilgili teknik önlemler ve uygulama pratikleri hakkında bilgi paylaşımını sağlamaktır. Serideki kriterler, Avrupa ve diğer bölgelerdeki büyük endüstriyel tehlikelerin kontrolü için iyi uygulama ve risk yönetimi pratiklerinin yaygınlaştırılmasına yardımcı olmak üzere SEVESO müfettişleri tarafından geliştirilmiştir. Yayınlar, Üye Devletlerin deneyimlerini ve uygulamalarını paylaşarak Direktif'in uygulanmasında daha fazla etkinlik, tutarlılık ve şeffaflık sağlamayı hedeflemektedir. Serinin içeriği, teknik bilgi alışverişlerinden, araştırmalardan ve analizlerden elde edilen sonuçları ve kilit noktaları yansıtmaktadır.

- *Cilt 1 (Necessary Measures for Preventing Major Accidents at Petroleum Storage Depots)*

Bu rapor, Avrupa Komisyonu'nun Ortak Araştırma Merkezi ve Belçika Federal Kamu Hizmeti Çalışma, İşgücü ve Sosyal Diyalog birimlerinin ortak bir yayınıdır (Wood, 2008). "SEVESO Denetimleri Serisi"nin ilk cildini oluşturan bu belge, petrol depolama tesislerindeki büyük kazaları önlemek için gerekli önlemleri ele almaktadır. Raporda, Avrupa Birliği üye ülkelerinden SEVESO direktifi denetçilerinin katılımıyla Brüksel'de gerçekleştirilen bir "Karşılıklı Ortak Ziyaret" çalıştayının temel noktaları ve sonuçları özetlenmektedir. Amaç, bu tür tesislerdeki büyük kaza risklerini kontrol altına almak için asgari düzeyde gerekli teknik ve yönetimsel önlemler konusunda ortak bir anlayış geliştirmektir.

- *Cilt 2 (Improving Major Hazard Control At Petroleum Oil Refineries)*

Bu rapor, Avrupa Komisyonu'nun Ortak Araştırma Merkezi ve Birleşik Krallık Sağlık ve Güvenlik İcra Dairesi'nin ortak bir yayınıdır ve petrol rafinerilerindeki büyük kaza tehlikelerinin kontrolünü iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Joint Research Centre: Institute for the Protection and Security of the Citizen vd., 2008) . Bu rapor, Mart 2006'da Liverpool'da düzenlenen SEVESO Denetimleri konulu Karşılıklı Ortak Ziyaret (MJV) çalıştayının temel noktalarını ve sonuçlarını özetlemektedir. Çalıştay, kaza öğrenimi, bütünlük yönetimi, denetim stratejileri ve insan faktörleri gibi dört ana tema etrafında yoğunlaşmış ve Avrupa Birliği üye devletlerindeki denetçiler arasında bilgi ve iyi uygulamaların paylaşılmasını hedeflemiştir. Nihayetinde, bu rapor ve

benzeri girişimler aracılığıyla, Avrupa genelinde petrol rafinerilerinde daha tutarlı ve etkili bir güvenlik yaklaşımı benimsenmesi amaçlanmaktadır.

- *Cilt 3 (Enforcement Of SEVESO II: An Analysis Of Compliance Drivers And Barriers In Five Industrial)*

Bu rapor, Avrupa Birliği politikalarının oluşturulması, geliştirilmesi, uygulanması ve izlenmesi için müşteri odaklı bilimsel ve teknik destek sağlamak misyonuyla hareket eden Avrupa Komisyonu'nun bir hizmet birimi olan Ortak Araştırma Merkezi (JRC) ve Hollanda Sosyal İşler ve İstihdam Bakanlığı'nın ortak bir yayınıdır (JRC, 2008). Rapor, özellikle SEVESO II Direktifi'nin (büyük kaza önlenmesi) uygulanmasında uyumluluğu etkileyen faktörleri ve karşılaşılan engelleri beş farklı sanayi sektörü üzerinden analiz eden bir çalışmanın temel bulgularını ve sonuçlarını içermektedir. 2006 yılında Lahey'de düzenlenen bir Karşılıklı Ortak Ziyaret (MJV) etkinliğindeki tartışmalar ve anketler temel alınarak hazırlanan rapor hem Avrupa düzeyinde hem de ulusal ve müfettiş seviyelerinde uygulama stratejilerini ve araçlarını iyileştirmeye yönelik öneriler sunmaktadır.0

- *Cilt 5 (Chemical Hazards Risk Management In Industrial Parks And Domino Effect Establishments)*

Bu rapor, Avrupa Birliği'nin SEVESO Direktifi'nin uygulanması ve sanayi parkları ile domino etkisi riski taşıyan tesislerdeki kimyasal tehlike risk yönetimini ele alan bir rapordur (Joint Research Centre: Institute for the Protection and Security of the Citizen, 2012). Avrupa Komisyonu'nun Ortak Araştırma Merkezi ve Norveç Sivil Koruma Direktörlüğü'nün ortak çalışmasıyla hazırlanan bu rapor, SEVESO denetçileri için kilit noktaları ve çıkarımları sunmaktadır. Metin, öncelikle üye ülkelerdeki uygulamaları anlamak amacıyla yapılan anketlerin sonuçlarını ve ardından düzenlenen bir çalıştaydaki tartışmaları özetlemektedir. Raporun temel amacı, sanayi parklarındaki ve domino etkisi potansiyeli olan tesislerdeki denetim uygulamalarının etkinliğini artırmak, bilgi paylaşımını teşvik etmek ve en iyi uygulamaları belirlemektir.

- *Cilt 6 (Assessment Of Safety Management Systems Of Major Hazard Sites)*

Bu belge, Avrupa Komisyonu'nun Büyük Tehlike Alanlarının Güvenlik Yönetim Sistemlerinin Değerlendirilmesi başlıklı bir yayın olup, SEVESO II Direktifi kapsamındaki tesislerdeki güvenlik yönetim sistemlerinin incelenmesine odaklanmaktadır (JRC, 2014a). Temel amacı, Avrupa Birliği'ndeki uygulamaların mevcut durumunu sunarak SEVESO müfettişlerine ve denetim programlarına performanslarını gözden geçirme ve iyileştirme konusunda yardımcı olmaktır (Joint Research Centre: Institute for the Protection and Security of the Citizen et al, 2008)Belge, 2010 yılında Almanya'da düzenlenen bir Mutual Joint Visit (MJV) çalıştayında SEVESO müfettişleri arasında paylaşılan bilgi ve deneyimleri derlemekte ve iyi uygulama örneklerini belirleyerek risk yönetimi ve denetim süreçlerine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

- Learning lessons from accidents

Bu rapor, özellikle büyük kimyasal tehlike arz eden tesislerdeki müfettişler için kaza sonrası çıkarılan derslere odaklanmaktadır (Weibull vd., 2020). Bu çalışma, kaza incelemelerinden elde edilen bilgilerin öğrenilmesi ve bu bilgilerin önleyici tedbirlere nasıl dönüştürüleceği konusunu derinlemesine ele almaktadır. Belgenin temel amacı, Avrupa politika yapım sürecine kanıt temelli bilimsel destek sunmaktır.

- Process Safety Performance Indicators

Bu raporda güvenliği performans göstergeleri (SPI'ler) konusuna odaklanmaktadır. Raporun temel amacı, Avrupa Birliği SEVESO III Direktifi bağlamında büyük endüstriyel kaza risklerini yönetmek için kullanılan SPI'lerin ne olduğunu, nasıl uygulandığını ve ne gibi bir amaca hizmet ettiğini açıklamaktır (Avrupa Komisyonu, 2019). Metin, çeşitli SPI türlerini (öncü ve gecikmeli), bunların hangi sektörlerde kullanıldığını ve etkili bir SPI programının nasıl tasarlanıp değerlendirileceğini detaylandırmaktadır. Nihayetinde, bu rapor hem operatörlere hem de denetçilere, proses güvenliği performansını izlemek ve iyileştirmek için pratik rehberlik sunmayı amaçlamaktadır.

- Risk Management and Enforcement on Ageing Hazardous Sites

Bu rapor, Avrupa Birliği'ndeki tehlikeli sanayi tesislerinde yaşlanmanın neden olduğu risklerin yönetimi ve denetimi üzerine odaklanan kısa bir rapordur. SEVESO Direktifi kapsamındaki tesisler başta olmak üzere, altyapı, ekipman, sistemler ve personel yaşlanmasının güvenli operasyonlara etkilerini incelemektedir (Joint Research Centre, 2021). Rapor, operatörler ve denetçiler tarafından geliştirilen iyi uygulama örneklerini ve stratejilerini sunarak farkındalığı artırmayı ve risk yönetimini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, yaşlanan tesislerin denetimi için stratejiler ve örnek bir denetim gündemi de içermektedir.

- Liquefied Petroleum Gas (LPG) and Liqufied Natural Gas (LNG) Sites

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi tarafından hazırlanan ve Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG) ile Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG) tesislerindeki büyük kaza risklerini inceleyen bir raporun parçasıdır (JRC, 2018). Rapor, özellikle SEVESO Direktifi kapsamı dışındaki veya bu direktife tam olarak uymayan tesislerdeki risklere odaklanmakta, bu tür tesislerdeki denetim stratejilerini ve acil durum planlamasını ele almaktadır. Temel amaç, üye devletlere LPG ve LNG kaynaklı potansiyel tehlikeler konusunda rehberlik sunmak, risk değerlendirmelerini iyileştirmek ve bu alandaki denetim uygulamalarını geliştirmektir. Rapor aynı zamanda, ISO konteynerlerinin artan kullanımı gibi yeni ortaya çıkan risk faktörlerini de vurgulamaktadır.

- Explosive and Pyrotechnic Sites

Bu rapor, Avrupa Birliği ve Avrupa Ekonomik Alanı'ndaki patlayıcı ve piroteknik madde kullanan tesislerde güvenlik uygulamalarını ve denetimlerini ele almaktadır

(JRC, 2017b).. Raporun temel amacı, büyük kaza risklerini azaltmak ve önlemek için iyi uygulamaları teşvik etmek, denetim süreçlerini iyileştirmek ve ilgili düzenlemeler hakkında farkındalık yaratmaktır. Metin, SEVESO Direktifi gibi yasal çerçevelere, geçmişteki kazalardan çıkarılan derslere, güvenlik yönetim sistemlerinin önemine ve etkili denetim stratejilerine odaklanarak hem operatörler hem de denetim otoriteleri için rehberlik sunmaktadır.

- Process Hazard Analysis

Bu yayın, büyük kaza kontrolü ve SEVESO II Direktifi'nin uygulanmasıyla ilgili teknik önlemler ve denetim uygulamaları hakkında bilgi paylaşmayı amaçlamaktadır (JRC, 2016b). Belge, SEVESO müfettişleri tarafından geliştirilen ortak denetim kriterlerini sunarak, Avrupa ve ötesindeki büyük endüstriyel tehlikelerin kontrolünde iyi denetim ve risk yönetimi uygulamalarının yaygınlaştırılmasına yardımcı olmayı hedeflemektedir. Özellikle bu sayı, etkili iç prosedürler yoluyla riskin başarılı bir şekilde azaltılması için kritik olan bir dizi konuyu vurgulamaktadır, ancak teknik bir standart veya mevcut standartların özeti olarak tasarlanmamıştır. Metin, proses tehlike analizi (PHA) kavramına odaklanmakta, bunun büyük kazaları önleme ve sonuçlarını hafifletme amacıyla yapılan çeşitli değerlendirmeler bütünü olduğunu açıklamakta ve operatörler için temel bir referans teşkil ettiğini belirtmektedir.

SEVESO Denetimleri Serisi kapsamında yayımlanan raporlar, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC) öncülüğünde, SEVESO Direktifi'nin uygulanmasına dair teknik bilgi paylaşımını ve denetim uygulamalarında ortak yaklaşımların gelişimini hedeflemektedir. Petrol depolama tesislerinden rafinerilere, sanayi parklarından yaşlanan tehlikeli tesislere, LPG/LNG tesislerinden patlayıcı/piröteknik alanlara kadar geniş bir yelpazede yer alan bu yayınlar; büyük kaza önleme, güvenlik yönetim sistemlerinin değerlendirilmesi, süreç güvenliği performans göstergeleri ve proses tehlike analizi gibi konulara odaklanmaktadır. Raporlar; düzenlenen çalıştaylar, karşılıklı denetçi ziyaretleri ve üye ülkelerden toplanan deneyimler doğrultusunda hazırlanmış olup, iyi uygulamaların yaygınlaştırılması, risklerin daha etkin yönetimi, bilgi paylaşımının artırılması ve denetimlerin tutarlılığı için kapsamlı analizler ve öneriler sunmaktadır.

- Risk Mapping of Industrial Hazards in New Member States

Bu rapor , Avrupa Birliği'ne yeni üye ülkelerdeki endüstriyel tehlikelerin risk haritalandırılması konusunu ele almaktadır (JRC, 2007). Rapor, on bir ülkenin (Bulgaristan, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Macaristan, Letonya, Litvanya, Polonya, Romanya, Slovakya ve Slovenya) endüstriyel tehlikelerle ilgili mevcut haritalama uygulamalarını ve politikalarını inceleyen bir ankete dayanmaktadır. Temel amaç, farklı ülkelerdeki metodolojileri karşılaştırarak uyumlu risk haritalandırma sistemleri oluşturmak için rehber ilkeler tanımlamak ve özellikle çoklu tehlike risk haritalandırması bağlamında bu tür bir uyumun avantajlarını ve engellerini belirlemektir. Rapor, endüstriyel tehlike haritalarının mevcudiyeti, veri toplama mekanizmaları, risk değerlendirmesi ve gelecekteki iş birliği potansiyelleri

gibi çeşitli yönleri analiz etmektedir.Bu çerçevede SEVESO denetimleri serisine ait dokümanlar, doğrudan bir uluslararası politika belgesi niteliği taşımamakla birlikte; MARAP kapsamında geliştirilen mekânsal risk yönetimi yaklaşımı için önemli metodolojik ve teknik başvuru kaynakları oluşturmaktadır. Söz konusu belgeler, SEVESO uygulamalarının sahada nasıl izlendiğine, tesis bazında güvenlik yönetim sistemlerinin hangi performans göstergeleriyle değerlendirildiğine, organize sanayi bölgeleri veya domino etkisine açık endüstriyel kümelerde risk yönetiminin hangi parametreler üzerinden yürütüldüğüne dair uluslararası kabul görmüş pratik örnekler sunmaktadır.

Bu yönüyle aşağıdaki Tablo 2-1'de özetlenen her bir doküman, MARAP veri modelinin **tank çiftliklerinden rafinerilere, yaşlanan tesislerden LPG/LNG terminallerine kadar geniş bir spektrumda risk parametriklerinin belirlenmesi**, **proses güvenliğine özgü performans izleme kriterlerinin oluşturulması** ve **tarihsel kaza derslerinin eğitsel içeriğe dönüştürülmesi** gibi teknik bileşenlerine doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu raporda bu türden belgelerin incelenmesi, yalnızca mevzuat karşılaştırması yapmak için değil; bilhassa MARAP çıktılarının **uluslararası iyi uygulamalarla metodolojik olarak desteklenmesi, risk analizlerinin literatüre dayalı kavramsal zenginliğinin artırılması ve veri modeline ileri düzey referans standartlar kazandırılması amacıyla** ele alınmıştır.

Tablo 2-1 SEVESO Denetim Serisi Belgelerinin MARAP Kapsamındaki Teknik ve Metodolojik Katkıları

SEVESO Denetim Serisi Belgesi	***MARAP Kapsamında Sağlayabileceği Teknik ve Metodolojik Katkı***
Cilt 1: Necessary Measures for Preventing Major Accidents at Petroleum Storage Depots	Petrol depolama terminallerinde tank konfigürasyonları, güvenlik zonları, ikincil muhafaza (bund) sistemleri ve sızıntı senaryoları için kritik parametrelerin belirlenmesi; MARAP CBS tabanlı tank çiftliği tehlike yayılım modellemelerine teknik girdi sağlar.
Cilt 2: Improving Major Hazard Control At Petroleum Oil Refineries	Rafinerilerde proses güvenliği entegrasyonu, çok aşamalı reaktör ve distilasyon ünitelerinin risk profilinin çıkarılması; MARAP'ın proses kaynaklı domino etkisi modellemesi ve kırılgan altyapı analizleri için alt senaryo setleri üretir.
Cilt 3: Enforcement Of SEVESO II: Compliance Drivers and Barriers	Yasal ve kurumsal denetimlerin sektör üzerinde oluşturduğu uyum davranışları, MARAP için risk azaltıcı operasyonel kontrol önlemlerinin uygulanabilirliğine dair davranışsal öngörü sağlar; güvenlik yönetim sistemleri (SMS) için izleme göstergesi tanımlamaya yardımcı olur.
Cilt 5: Chemical Hazards Risk Management in Industrial Parks	Organize sanayi bölgeleri (OSB) ve endüstriyel kümelerde kimyasal tehlike transferi, tesisler arası proses bağımlılıkları

SEVESO Denetim Serisi Belgesi	***MARAP Kapsamında Sağlayabileceği Teknik ve Metodolojik Katkı***
and Domino Effect Establishments	ve domino etkisi modelleme yaklaşımları; MARAP CBS ortamında çoklu tesis etkileşim senaryolarının parametrizasyonunda kullanılır.
Cilt 6: Assessment of Safety Management Systems of Major Hazard Sites	SEVESO kapsamında büyük tehlike tesislerinde uygulanan güvenlik yönetim sistemlerinin olgunluk düzeyleri ve performans izleme yaklaşımları; MARAP'ta oluşturulacak risk yönetimi modülünde sektörel uyum seviyesi haritalamalarına temel sağlar.
Learning Lessons from Accidents	Tarihsel kaza vakalarından çıkarılan süreçsel dersler, MARAP için eğitim-farkındalık modüllerine vaka temelli içerik üretir ve risk iletişimi stratejilerinin tasarımında kullanılır.
Process Safety Performance Indicators	Proses güvenliğine özgü öncül ve artçıl performans göstergeleri (leading & lagging indicators), MARAP raporlamasında risk izleme göstergeleri kümesinin oluşturulmasına metodolojik dayanak sağlar.
Risk Management on Ageing Hazardous Sites	Yaşlanan tesislerin (ör: 30+ yıl operasyon) ekipman bozulmaları ve bakım optimizasyon problemleri MARAP'ın tesis yaş analizi katmanında önceliklendirme için teknik girdi sağlar.
Liquefied Petroleum Gas (LPG) & LNG Sites	LPG/LNG terminallerinde tank tasarımı, buhar bulutu yayılım modellemeleri, MARAP CBS'de sızıntı ve BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) senaryoları simülasyonları için kaynak doküman işlevi görür.
Explosive and Pyrotechnic Sites	Patlayıcı tesisler için minimum emniyet mesafeleri, tampon bölgeler ve şok dalgası etkileri; MARAP mekânsal risk analizlerinde buffer zonları belirlemek için parametrik standart sağlar.
Process Hazard Analysis (PHA)	HAZOP, LOPA gibi proses tehlike analiz metodolojileri MARAP'ın ileri düzey sektör spesifik risk modellemesi için örnek analiz zincirleri sunar.
Risk Mapping of Industrial Hazards in New Member States	Yeni üye ülkelerde SEVESO kapsamlı tesislerin risk haritalama yöntemleri; MARAP'ın CBS katmanlama tekniği ve veri standardizasyonu için karşılaştırmalı uygulama örneği sağlar.

2.1.5.4 Genel sonuçlar ve değerlendirme

MINERVA, kimyasal kazaların önlenmesi ve yönetilmesine yönelik önemli bir platformdur ve Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi tarafından yönetilmektedir. Platform, sanayi kazalarının öncesi ve sonrasında güvenlik önlemlerinin iyileştirilmesi amacıyla kapsamlı veri toplama, analiz etme ve bilgi paylaşımı süreçlerini desteklemektedir. MINERVA, kimyasal güvenlik konularında kullanıcılar arasında bilgi ve deneyim paylaşımını teşvik ederken, SEVESO Direktifi ve diğer güvenlik düzenlemeleri çerçevesinde güvenlik kültürünün gelişimine katkı sağlamaktadır. Platform, özellikle CAPRI gibi raporlardan elde edilen verileri bir araya getirerek, kimyasal kaza geçmişi üzerine yapılan analizler ve karşılaşılan zorluklara dair bilgileri sunmaktadır. Bu sayede, kullanıcılar geçmiş kazaların derslerini alarak gelecekteki benzer olayların önlenmesi için daha etkili stratejiler geliştirebilmektedir. MINERVA, aynı zamanda kimyasal kazaların risklerini azaltmaya yönelik somut adımlar atılmasını sağlayarak, sanayi güvenliği ve afet yönetiminin bütünsel bir şekilde iyileştirilmesine önemli katkılar sunmaktadır.

MINERVA tarafından yayımlanan raporlar, MARAP çalışmasında endüstriyel kazaların riskini azaltmak için kapsamlı bir temel sunmaktadır. Raporlar sanayi parkları ve domino etkisi potansiyeli olan alanlardaki çoklu işletmeci yapılarından ve SEVESO dışı tesislerin yarattığı özel zorluklardan kaynaklanan karmaşık risk profilini anlamanın önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, ortak risk değerlendirmeleri ve domino etkileri analizi, özellikle coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak bölgesel ölçekte detaylı risk haritalarının oluşturulması MARAP için kritik bir adım olacaktır. Raporlar yetkili makamlar ve işletmeciler arasında sürekli ve formalize edilmiş iletişim ile iş birliğinin önemini vurgulamakta olup, ortak acil durum planlarının geliştirilmesi ve ortak altyapı ve hizmetlerin güvenliğinin sağlanmasında net sorumlulukların tanımlanması için yol göstermektedir. Ayrıca raporlar, denetim kapasitesinin artırılması, özellikle uzman denetim ekiplerinin oluşturulması ve denetim için özelleşmiş araçların (kontrol listeleri, kılavuzlar geliştirilmesinin, denetimlerin etkinliğini ve belirlenen standartlara uyumu sağlamadaki kritik rolüne işaret etmektedir. Bu çıkarımlar MARAP'ın endüstriyel kaza riskine yönelik çalışmalarında önemli bir katkı sağlayabilir.

Teknolojik Afetlerde Uluslararası İyi Uygulamalar ve MARAP ile İlişkisi

Bu bölümde, daha önce raporun farklı alt başlıklarında ayrı ayrı incelenen SEVESO Direktifi, Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA) tarafından geliştirilen IUCLID ve Chesar araçları ile MINERVA kritik altyapı yönetim çerçevesi, teknolojik afet risklerinin yönetimi ve azaltılması bağlamında uluslararası iyi uygulama örnekleri olarak birlikte ele alınmaktadır. Böylece bu yaklaşımlar, MARAP kapsamında geliştirilmekte olan mekânsal risk değerlendirme modeli ile çok boyutlu ve karşılaştırmalı bir perspektif içinde ilişkilendirilerek bütüncül bir analize tabi tutulmaktadır.

SEVESO Direktifi ve MARAP İlişkisi

SEVESO III Direktifi, Avrupa Birliği müktesebatının önemli bir parçası olarak, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi, bu kazaların insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası ciddi etkilerinin azaltılması amacıyla geliştirilmiş kapsamlı bir yasal düzenleyici çerçevedir. Türkiye'nin AB uyum süreci çerçevesinde SEVESO esaslarını ulusal mevzuatına adapte etmiş olması, MARAP tarafından yürütülen sanayi kaynaklı risk analizleri açısından yalnızca bir yasal arka plan değil, aynı zamanda metodolojik bir referans işlevi de görmektedir. MARAP çalışma alanında yürütülen sanayi envanteri ve BEKRA tesis analizleri doğrudan SEVESO bildirim ve sınıflandırma kriterlerine dayandırılmış; böylece risk seviyeleri, domino etkisi potansiyeli ve kritik lojistik koridorlarla mekânsal ilişkileri uluslararası kabul görmüş normlar temelinde irdelenmiştir. Bu yaklaşım, MARAP'ın çıktılarını yalnızca ulusal mevzuatla sınırlı kalmaksızın, Avrupa ölçeğinde geçerliliğe sahip risk yönetimi standartlarıyla da uyumlu hale getirmektedir.

ECHA Teknik Araçları ve MARAP Veri Modeline Katkısı

ECHA tarafından geliştirilen IUCLID (International Uniform Chemical Information Database) ve Chesar (Chemical Safety Assessment and Reporting Tool) gibi araçlar, kimyasal risk yönetimi alanında çok parametreli veri standartlarını uluslararası düzeyde ortaklaştırmak amacıyla tasarlanmıştır. IUCLID veri şemaları, kimyasal maddelere ilişkin fizikokimyasal özelliklerden toksisite profillerine kadar geniş bir veri setini XML tabanlı formatlarda tutarak, ülkeler ve kurumlar arasında yüksek derecede interoperabilite (birlikte çalışabilirlik) sağlamaktadır. Benzer şekilde Chesar, kimyasal güvenlik değerlendirmelerini senaryo bazlı kurgulamakta ve kimyasal maruziyet yollarını sektör veya proses bazında modelleyerek risk kontrol önlemleriyle ilişkilendirmektedir. Bu araçların MARAP veri modeliyle kavramsal düzeyde entegrasyonu, özellikle sanayi tesislerinden kaynaklanan kimyasal tehlikelerin mekânsal analizinde uluslararası kalite güvencesi sağlayan ortak veri sözlükleri (controlled vocabulary) ve veri yönetimi protokollerinin uygulanabilmesi açısından ileri düzey bir teknik avantaj sunmaktadır. Nitekim MARAP raporunda IUCLID ve Chesar'ın entegrasyonu, henüz yürütülmüş doğrudan bir yazılım entegrasyonu anlamında değil, MARAP'ın gelecekteki genişletilebilir veri yapıları için potansiyel bir uluslararası referans olarak önerilmiştir.

MINERVA Yaklaşımı ve Kritik Altyapı Yönetimi

MINERVA, Avrupa Komisyonu tarafından kritik altyapıların büyük kaza tehlikelerine ve karmaşık domino etkilerine karşı nasıl yönetileceği konusundaki politika geliştirme, gösterge seti oluşturma ve iyi uygulamaların paylaşılması için kurulan bir platform niteliğindedir. Bu yaklaşım, özellikle endüstriyel tesislerin yoğunlaştığı bölgelerde lojistik merkezlerin, enerji iletim hatlarının ve büyük ölçekli su altyapılarının korunmasına yönelik risk azaltma stratejilerini bütüncül bir perspektiften ele almaktadır. MARAP kapsamında gerçekleştirilen altyapı ağ analizi, OSB ve serbest bölgelerin mekânsal kırılganlık haritalamaları, doğrudan

MINERVA'nın öngördüğü kritik altyapı risk göstergeleri (ör. süreç bağımlılıkları, ikame olanakları, kapasite dayanıklılığı) ile paralellik arz etmekte; böylece MARAP çıktılarının uluslararası literatürde karşılığı bulunan metodolojik dayanaklarla zenginleşmesi sağlanmaktadır.

2.1.6 ARAMIS – Risk Analiz Metodolojisi ve Uygulama Modelleri

Sanayi kaynaklı teknolojik afetlerin giderek artan etkisi, endüstriyel risk analiz metodolojilerinin daha sistematik, şeffaf ve bilimsel yaklaşımlarla yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda Avrupa Birliği destekli bir araştırma projesi olarak geliştirilen ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for IndustrieS) metodolojisi, büyük endüstriyel kazaların öngörülebilirliğini artırmak ve risk yönetimi süreçlerini bütüncül şekilde ele almak amacıyla tasarlanmıştır. ARAMIS, geleneksel risk analiz tekniklerine kıyasla hem nicel hem de nitel girdileri entegre eden, karar destek sistemleri ile uyumlu bir metodoloji olarak öne çıkmaktadır.

2.1.6.1 ARAMIS metodolojisinin temel bileşenleri

ARAMIS metodolojisi, endüstriyel tesislerdeki potansiyel büyük kaza tehlikelerinin sistematik biçimde belirlenmesi, bu tehlikelerin doğurabileceği senaryoların yapılandırılması ve sonuçlarının mekânsal olarak değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş çok aşamalı bir analiz sistemidir. Metodoloji, genellikle üç ana bileşen üzerinden yapılandırılır: (1) Tehlike Tanımlama, (2) Kaza Senaryolarının Geliştirilmesi ve Olasılık Analizi, (3) Risk Haritalaması ve Etki Değerlendirmesi. Ancak bu yapı, farklı sektörlerde ve MARAP gibi ulusal ölçekli risk azaltım programlarında kullanılmak üzere daha ayrıntılı alt bileşenlerle de genişletilebilmektedir.

İlk aşama olan Tehlike Tanımlama sürecinde, tesisin proses envanteri, kullanılan tehlikeli maddeler, ekipman özellikleri ve işletme koşulları dikkate alınarak potansiyel kaza kaynakları belirlenir. Bu kapsamda, HAZID (Hazard Identification) ve güvenlik envanteri yöntemleri ile yangın, patlama ve toksik yayılım gibi olaylara yol açabilecek unsurlar sınıflandırılır. Ayrıca işletme koşullarına özgü kontrolsüz durumlar (örneğin; basınç artışı, sızıntı, ekipman arızası) değerlendirmeye alınır.

İkinci aşama olan Kaza Senaryolarının Geliştirilmesi, her bir tanımlı tehlike kaynağı için muhtemel olay zincirlerinin belirlenmesini kapsar. Bu süreçte HAZOP (Hazard and Operability Studies), FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) ve LOPA (Layer of Protection Analysis) gibi yöntemler kullanılarak; olayların tetikleyicileri, oluş sıklıkları ve güvenlik bariyerlerinin etkinliği analiz edilir. Senaryolar hem zaman hem de mekân boyutunda modellenir. Özellikle domino etkisi olasılığı, yani bir olayın başka olayları tetikleme potansiyeli, bu analizlerde kritik bir yer tutar.

Üçüncü aşama olan Risk Haritalaması ve Etki Değerlendirmesi, senaryo çıktılarının mekânsal bileşenlerle ilişkilendirilmesini içerir. Burada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aktif olarak kullanılır. Patlama basınç zonları, toksik gaz bulutlarının yayılım alanları, ısı radyasyonu etkisi gibi sonuçlar haritalandırılır. Bu

haritalar üzerinde etki altındaki nüfus, hassas altyapılar, çevresel varlıklar ve acil müdahale yolları gibi unsurlar analiz edilir. Ayrıca risklerin tolerans seviyeleriyle karşılaştırılması sağlanarak karar destek sistemlerine veri sağlanır.

ARAMIS metodolojisinin ayırt edici bir diğer yönü de görselleştirme temelli risk iletişimi sağlamasıdır. Risk zonlarının renkli, açıklayıcı haritalar aracılığıyla sunulması, teknik olmayan paydaşlar açısından da karar sürecine katılımı kolaylaştırır. Ayrıca her adımda belgelendirme yükümlülüğü getirmesi sayesinde, şeffaf ve izlenebilir bir analiz yapısı kurulur.

ARAMIS metodolojisinin bu çok boyutlu yapısı, MARAP gibi mekânsal afet risk azaltım programlarıyla kolayca entegre edilebilecek potansiyeller sunar. Özellikle CBS tabanlı yapısı, yerleşim alanlarının tehlikeye maruziyetini mekânsal düzlemde değerlendirme imkânı verirken; senaryo temelli yaklaşımı, MARAP'ın çoklu risk modellemesi mantığı ile tam uyumluluk gösterir.

2.1.6.2 CBS destekli risk haritalama ve MARAP entegrasyonu

ARAMIS metodolojisinin en özgün katkılarından biri, risklerin mekânsal olarak modellenmesi ve haritalanabilir hale getirilmesidir. Bu, MARAP gibi afet risk azaltımı temelli programlarla doğrudan ilişkilendirilebilecek bir avantaj sunar. Tehlike kaynaklarının CBS ortamında koordinatlandırılması, olası kazaların yayılım modellemelerinin raster ve vektör verilerle analiz edilmesi, nüfus yoğunluğu, altyapı verisi ve hassas bölgelerle örtüştürülerek risk zonlarının belirlenmesini sağlar. Bu sayede, karar vericilere açık, görselleştirilmiş ve senaryo bazlı müdahale planları sunulabilir.

MARAP'ın mekânsal analiz tabanı, ARAMIS'in risk haritalama çıktılarıyla uyumlu olacak şekilde yapılandırılabilir. Örneğin; yüksek riskli sanayi bölgeleri için ARAMIS ile elde edilen patlama basıncı zonları, toksik bulut yayılımı senaryoları ve yangın etkisi alanları, MARAP veri modeline entegre edilerek afet risk haritaları zenginleştirilebilir. Böylelikle MARAP'ın çoklu afet yaklaşımı kapsamına endüstriyel-teknolojik riskler sistematik olarak dâhil edilebilir.

ARAMIS'in geleneksel formu uzman görüşüne dayalı ve oldukça dokümantatif bir yapı sunsa da günümüzde bu model yapay zeka (YZ) destekli sistemlerle daha öngörücü ve otomatik hale getirilmektedir. Özellikle makine öğrenmesi algoritmaları, geçmiş kaza verilerinden öğrenerek benzer senaryolara ilişkin risk olasılıklarını tahmin edebilir; derin öğrenme modelleri, sensör verilerinden gelen akışları analiz ederek sistem arızalarını önceden belirleyebilir. Bu bağlamda MARAP için önerilen yaklaşım, ARAMIS çıktılarının yalnızca statik harita bazlı değil, aynı zamanda dinamik, gerçek zamanlı YZ analizleriyle beslenecek şekilde yapılandırılmasıdır. Örneğin; sanayi bölgelerine yerleştirilecek sensör sistemlerinden gelen sıcaklık, basınç, gaz yoğunluğu verileri, yapay zeka modelleriyle eşleştirilerek olası bir olayın erken uyarı sistemi devreye sokulabilir. Böyle bir entegrasyon, MARAP'ın afet yönetimi sürecinde proaktif müdahale kabiliyetini ciddi şekilde artıracaktır.

2.1.6.3 Uygulama modelleri ve entegrasyon senaryoları

ARAMIS'in farklı Avrupa ülkelerinde uygulandığı örnekler, metodolojinin çok farklı sektörel bağlamlara adapte edilebildiğini göstermektedir. Özellikle Fransa ve İtalya'da kimyasal üretim tesislerinde ve enerji santrallerinde kullanılarak Seveso tesisleri için risk değerlendirme standardı haline getirilmiştir. ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for Industries with Substances) metodolojisi, Avrupa Komisyonu tarafından Seveso II Direktifi kapsamında endüstriyel kaza risklerinin sistematik olarak değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiştir (CORDIS, 2004). Bu yaklaşım, özellikle Fransa ve İtalya'da kimya sanayi tesisleri, enerji üretim merkezleri ve yüksek tehlike içeren Seveso tesislerinde uygulanarak risk analizinde standartlaştırılmış bir model haline gelmiştir.

Fransa'da ARAMIS metodolojisi, INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) öncülüğünde Seveso II tesislerinde uygulanmış ve sahaya özgü risk bileşenlerinin CBS destekli analizlerle haritalanmasına olanak sağlamıştır (INERIS, 2003). Bu uygulamalarda, tehlike kaynakları, güvenlik bariyerlerinin başarım düzeyi (Safety Barrier Performance Indicators) ve çevresel maruziyet unsurları entegre edilerek kaza senaryolarının olasılık tabanlı değerlendirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, ARAMIS sistematiği ile risk indekslerinin sektörel karşılaştırmaları yapılabilmekte ve acil durum hazırlık düzeyi sayısal olarak derecelendirilebilmektedir.

İtalya'da ise ARAMIS, EC-JRC (European Commission – Joint Research Centre) tarafından desteklenen projeler kapsamında enerji ve petrokimya tesislerinde, iş güvenliği yönetimi ve acil durum planlaması süreçlerine entegre edilmiştir (CORDIS, 2004). Özellikle kimyasal üretim tesislerinde kaza olasılığı, etkilenebilirlik haritaları ve zamanlama senaryoları bir arada değerlendirilerek çok sektörlü risk yönetim senaryoları oluşturulmuştur. Seveso tesislerinde bu model, yasal raporlama süreçlerine de entegre edilerek izlenebilirlik sağlamıştır (ÇSGB, 2023).

Bu uluslararası deneyimler, MARAP projesi için teknik rehber niteliğindedir. MARAP kapsamında özellikle organize sanayi bölgeleri, petrokimya merkezleri ve liman sahaları gibi yüksek tehlike potansiyeli taşıyan alanlarda pilot uygulama senaryoları geliştirilebilir. ARAMIS'in sektörel etkilenebilirlik değerlendirme mekanizması, MARAP'ın CBS tabanlı çok riskli tehlike zonları analizleriyle entegre edilerek, afet risk azaltma planlarında ileri düzeyde karar destek sistemi olarak kullanılabilir. Bu metodolojinin Türkiye'deki uygulanabilirliği, AFAD'ın ARAMIS tabanlı stratejik veri izleme altyapısıyla uyumlu hale getirilerek, TARAP ve gibi ulusal stratejilere katkı sunması beklenmektedir.

Bunun yanında, afet yönetiminde veri bütünlüğü ve senaryo çeşitliliği sağlamak amacıyla ARAMIS modeli üzerinden oluşturulan risk zonlarının, diğer afet türleriyle (örneğin deprem, sel, heyelan) etkileşimleri de modellenebilir. Böylece MARAP'ın "çok tehlikeli olay" modellemesi, endüstriyel risklerle genişletilmiş olur.

Bu kapsamda, çapraz-tehlike analizleri ve domino etkisi simülasyonları MARAP ile ARAMIS'in birlikte kullanılmasının sağlayacağı stratejik katkılardır.

Afet risk yönetiminde geleneksel tek-tehlike odaklı yaklaşımlar, günümüzün karmaşık ve birbirine bağlı afet dinamiklerini açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, multi-hazard (çoklu tehlike) yaklaşımı; farklı afet türlerinin (örneğin deprem, sel, heyelan, endüstriyel kazalar) birbirleriyle olan etkileşimlerini, zamanlama eşiklerini, domino etkilerini ve çapraz-tehlike senaryolarını birlikte ele almayı amaçlamaktadır (Mahato et al., 2025).

Literatürde yapılan sistematik incelemeler, özellikle gelişmekte olan ülkelerde multi-hazard çalışmalarının henüz sınırlı kaldığını göstermektedir. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Çok Kriterli Karar Verme (MCDM), Bayes ağları ve CBS tabanlı modelleme gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmakta; ancak afet türleri arasındaki etkileşimlerin dinamik biçimde modellenmesi hâlâ gelişmeye açık bir alandır (Mladineo et al., 2022; Capone et al., 2022).

Bu bağlamda, Türkiye'de MARAP gibi platformların ARAMIS ile entegre biçimde kullanılması, endüstriyel ve doğal afetlerin birlikte değerlendirilmesini sağlayarak multi-hazard yaklaşımına önemli katkılar sunabilir. Ayrıca, MYRIAD-EU gibi Avrupa projeleri, çoklu risklerin tanımlanması, göstergelerle izlenmesi ve senaryo çeşitliliğinin artırılması yönünde literatüre güçlü metodolojik katkılar sağlamaktadır (Gill et al., 2022). Sonuçta, multi-hazard literatürünün zenginleşmesi; sadece akademik bilgi üretimi açısından değil, aynı zamanda afetlere karşı daha dirençli toplumlar oluşturmak için stratejik bir gerekliliktir. Bu alandaki çalışmaların artırılması, Sendai Çerçevesi'nin "riskin anlaşılması" ve "dayanıklılığın artırılması" ilkeleriyle de doğrudan örtüşmektedir.

2.1.6.4 Genel sonuçlar ve değerlendirme

ARAMIS metodolojisi, endüstriyel kaynaklı teknolojik afet risklerinin sistematik biçimde analiz edilmesini sağlayan, bilimsel temelli ve çok boyutlu bir risk değerlendirme yaklaşımı sunmaktadır. Özellikle CBS tabanlı modelleme ve senaryo bazlı analiz yapısı sayesinde, ARAMIS çıktıları afet planlamasında mekânsal hassasiyeti yüksek kararların alınmasına katkı sağlar. Bu yönüyle, Türkiye'de uygulanmakta olan MARAP (Mekânsal Afet Risk Azaltım Programı) ile bütünleşik biçimde değerlendirilmesi son derece yerinde bir strateji olacaktır.

ARAMIS'in MARAP ile entegrasyonu, sanayi bölgelerinde meydana gelebilecek büyük endüstriyel kazaların etkilerini önceden belirlemeye, bu etkileri azaltmaya yönelik müdahale planlarının oluşturulmasına ve afet yönetimi süreçlerinin proaktif bir yapıya kavuşturulmasına katkı sağlayacaktır. Bu çerçevede organize sanayi bölgeleri, petrokimya tesisleri, enerji üretim altyapıları gibi yüksek riskli alanlarda ARAMIS'in pilot uygulamaları hayata geçirilmelidir. Elde edilecek çıktıların MARAP veri altyapısına aktarılmasıyla, Türkiye'nin ulusal afet hazırlık kapasitesi daha ileri düzeye taşınabilecektir. Bununla birlikte, yapay zeka ve sensör tabanlı erken uyarı sistemleri ile ARAMIS'in geleneksel analiz yapısının

desteklenmesi, olay öncesi tahminleme ve olay anı müdahale kararlarının gerçek zamanlı olarak alınmasını mümkün kılacaktır. Bu doğrultuda, teknik personelin ARAMIS-CBS-YZ entegrasyonuna ilişkin eğitimlerle desteklenmesi, kapasite gelişimi açısından kritik önemdedir.

Sonuç olarak, ARAMIS metodolojisinin Türkiye'nin afet risk yönetimi stratejilerine entegre edilmesi, özellikle sanayi kaynaklı afet türlerinin daha iyi anlaşılması ve yönetilmesi açısından stratejik bir adımdır. Bu sürecin başarılı bir şekilde yürütülmesi hem yerel yönetimlerin hem de merkezi idarenin dayanıklılığını artıracak, toplumun genel afet direncine katkı sunacaktır.

2.1.7 Uluslararası Kaza Veri Tabanları

Küresel ölçekte endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması hedefi, güçlü bir bilgi paylaşımı ve iş birliği altyapısını gerektirir. Bu bağlamda, uluslararası kaza veri tabanları, yalnızca geçmiş riskleri analiz etmekle kalmayıp aynı zamanda gelecekteki tehlikelerin tahmin edilmesi, alınacak önlemlerin şekillendirilmesi ve acil durum müdahale stratejilerinin geliştirilmesi için kritik bir rol üstlenmektedir. Dünyanın dört bir yanındaki farklı ülkelerde ve sektörlerde faaliyet gösteren bu veri tabanları, kimyasal ve endüstriyel kazaların tüm detaylarını sistematik bir şekilde derleyerek, öğrenilen dersleri ve en iyi uygulamaları paylaşmayı amaçlamaktadır.

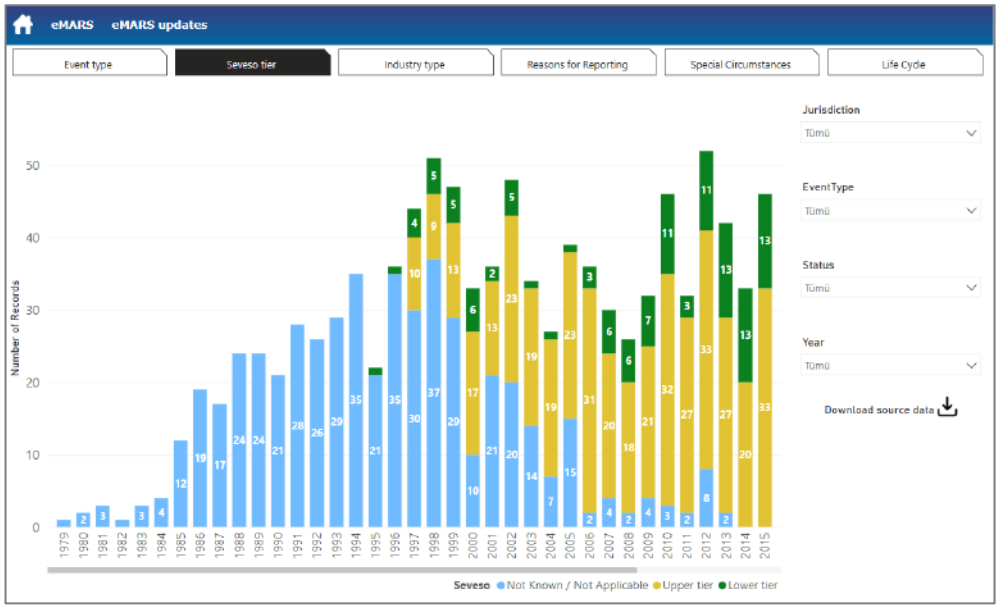
Bu bölümde, Avrupa'dan Amerika'ya, Asya'dan Okyanusya'ya kadar farklı bölgelerde kullanılan eMARS, ARIA, eSPIRS, ZEMA, CSB gibi öne çıkan veri tabanları detaylı bir şekilde ele alınacak; bu araçların sunduğu veri kapsamı, analiz yetenekleri ve risk yönetim süreçlerine katkıları değerlendirilecektir. Ayrıca, "Failure Knowledge Database" gibi yenilikçi yaklaşımlar ve "IOGP Risk Assessment Data Directory" gibi sektörel odaklı platformlar da incelenerek, bu sistemlerin uluslararası standartların oluşturulmasına ve endüstriyel güvenliğin artırılmasına olan katkıları vurgulanacaktır.

2.1.7.1 eMARS (electronic Major Accident Reporting System)

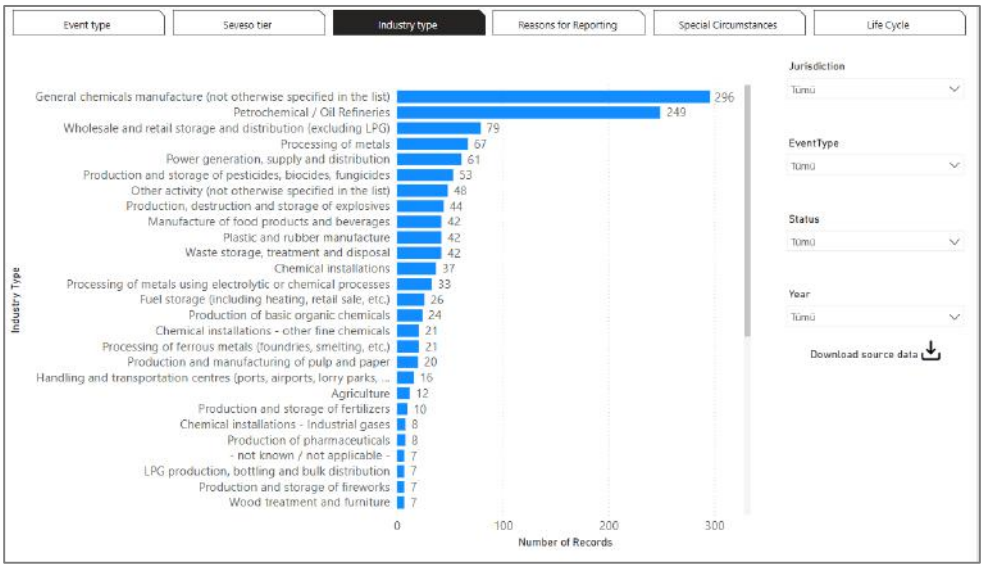
Major Accident Reporting System (MARS), Avrupa Birliği'nin Büyük Kaza Tehlikeleri Bürosu (MAHB) tarafından SEVESO Direktifleri kapsamında büyük endüstriyel kazaların bildirilmesi ve analiz edilmesi için oluşturulmuş bir sistemdir (Nivolianitou vd., 2004). Amacı, meydana gelen büyük kazalar hakkında detaylı bilgi toplayarak, bu kazaların nedenlerini, gelişimini ve sonuçlarını tam olarak anlamak ve ilgili dersleri çıkarmaktır. Sistem, acil bildirim için kısa raporlar ve kazanın tam olarak soruşturulmasının ardından hazırlanan ayrıntılı tam raporları içerir. Tam raporlar, kazanın nedenleri, seyri ve sonuçları hakkında kapsamlı bilgi sunar ve gerektiğinde ek bilgilerle güncellenebilir. eMARS ise, bu bilgilerin Avrupa Komisyonu'na elektronik olarak iletilmesini ve Avrupa düzeyinde paylaşılmasını sağlayan elektronik bir veri tabanıdır. Bu sistem, büyük kaza risklerinin önlenmesi ve etkilerinin azaltılmasına yönelik bilgi paylaşımını ve iş birliğini desteklemektedir.

Ayrıca, eMARS veri tabanındaki raporlara ait çıkartılmış istatistikler veri tabanının sitesinde bir gösterge paneli (dashboard) sunulmaktadır (Şekil 2-7, Şekil 2-8).

https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/content ;
https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/statistics/statistics



Şekil 2-7 eMARS VT raporların geldiği tesislerin SEVESO seviyeleri (JRC, t.y.a)



Şekil 2-8 eMARS veritabanında bulunan raporlardaki tesislerin faaliyet tipleri (JRC, t.y.a)

2.1.7.2 ARIA veri tabanı

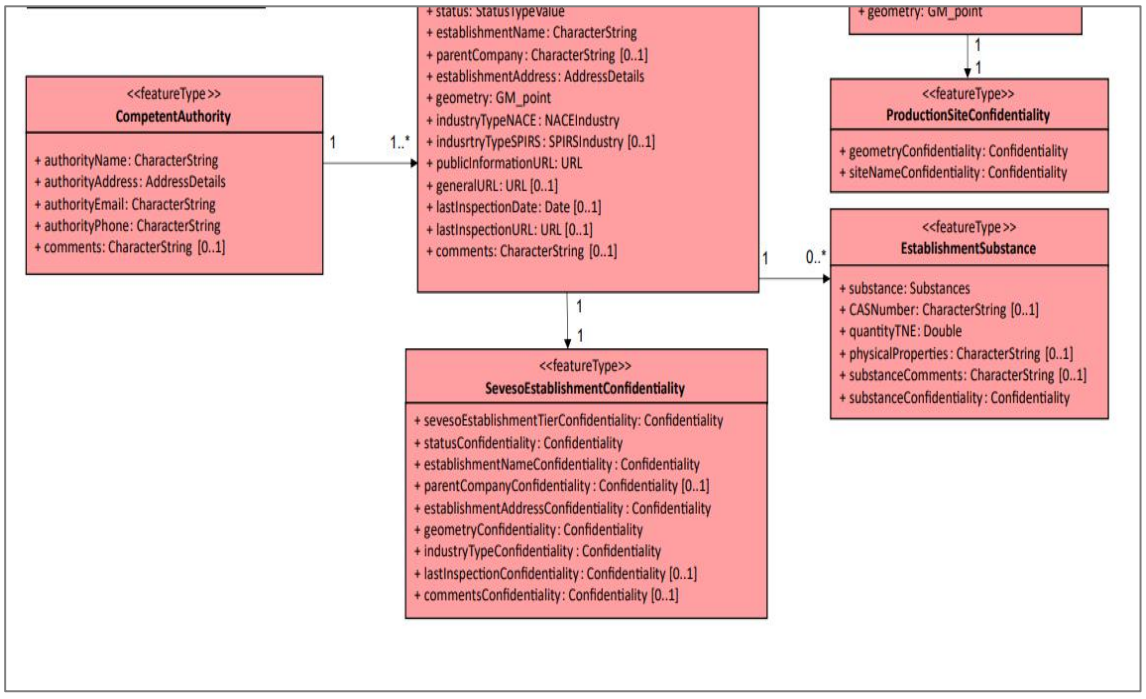
ARIA veri tabanı, Fransız Endüstriyel Riskler ve Kirliliklerin Analizi Bürosu (BARPI) tarafından oluşturulmuş ve endüstriyel tesislerde meydana gelen olayların sonuçlarını, koşullarını ve nedenlerini sistematik bir şekilde kaydetmeyi ve bu olaylardan çıkarılan dersleri paylaşmayı amaçlamaktadır (Dakkoune vd., 2018).

Kapsamı, sınıflandırılmış tesislerin denetimi, itfaiye hizmetleri, basın ve çeşitli meslek kuruluşları gibi çeşitli kaynaklardan elde edilen bilgileri içerir ve bu bilgiler düzenli olarak güncellenmektedir Veri tabanı, özet bilgilerin yanı sıra olayların gidişatı, koşulları, sonuçları, kısa ve orta vadeli önlemler, kanıtlanmış veya şüphelenilen nedenler, takip ve öğrenilen dersler hakkında ayrıntılı geri bildirim sağlayan detaylı olay bilgi formlarını içermektedir. ARIA, ağırlıklı olarak Fransa'da meydana gelen 43.000'den fazla olayın verisini barındırmakta olup, bu olayların birçoğu Fransız kimya sektöründedir ve belirli analizler için yeterince detaylı belgelenmiş vakalar da bulunmaktadır.

https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/?lang=en

2.1.7.3 eSPIRS (SEVESO Plants Information Retrieval System)

eSPIRS, SEVESO Direktifi kapsamındaki tesislere ait bilgilerin raporlanması ve analiz edilmesi amacıyla kullanılan bir veri tabanıdır. Avrupa Çevre Ajansı tarafından geliştirilen bu sistem, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılmasına yönelik bilgi paylaşımı için kritik bir araçtır (Avrupa Çevre Ajansı, 2024). eSPIRS'in temel amacı, üye ülkelerin SEVESO Direktifi kapsamındaki tesisler hakkında standartlaştırılmış, kapsamlı ve tutarlı veriler sağlamasını güvence altına almaktır. Bilgi kapsamı oldukça geniştir ve birçok önemli detay içerir. Sistem, tesislerin kimliği ve adresi gibi temel bilgilerden, faaliyet türü, depolanan tehlikeli maddelerin türü ve miktarı, en son denetim tarihleri ve tesislerin risk yönetimi uygulamaları gibi daha teknik ve operasyonel detaylara kadar veri sağlar (Şekil 2-9). Bu kapsamlı yapısal veri modeli, tesislerin risk profillerinin analiz edilmesini mümkün kılarak büyük kaza risklerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunur.



Şekil 2-9 Seveso rapor ilişkili eSPIRS veri modeli

eSPIRS ayrıca, SEVESO Direktifi'nin uygulanmasında bir referans aracı olarak kullanılır. Verilerin analizi, üye ülkelerdeki risk yönetimi stratejilerinin karşılaştırılmasını ve daha etkili önleyici tedbirlerin geliştirilmesini destekler. Bunun yanında, sistemin sağladığı bilgiler, tehlikeli maddelerle ilişkili risklerin zaman içindeki değişimini takip etmek ve karar alıcıların politika geliştirme süreçlerinde daha etkin rol oynamalarını sağlamak için kullanılmaktadır. Sonuçta, eSPIRS sadece bir raporlama aracı olmanın ötesine geçerek, endüstriyel güvenlik ve risk yönetimi alanında bilimsel analizler için zengin bir veri kaynağı sunmaktadır. Bu veri modeli, Avrupa'da büyük kaza risklerini minimize etme çabalarının temelinde yer almakta ve uluslararası iş birliğini teşvik etmektedir.

https://espirs.jrc.ec.europa.eu/en/espirs/content

2.1.7.4 ZEMA (Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen)

ZEMA, Almanya'daki proses mühendisliği tesislerinde meydana gelen büyük kazaları ve işletme aksaklıklarını merkezi olarak kaydeden, değerlendiren ve yıllık raporlar halinde yayınlayan bir kuruluştur (Umweltbundesamt, t.y.) . Amacı, 12. Federal Emisyon Kontrol Yönetmeliği (Störfall-Verordnung) uyarınca yetkililere bildirilmesi zorunlu olan tüm olayları sistematik olarak inceleyerek güvenlik teknolojisinin gelişimine katkıda bulunmaktır (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz,2018). Kapsamı, tehlike potansiyellerine göre büyük kazalar ve normal işletme aksaklıkları olarak sınıflandırılan raporlanabilir olayları içerir. ZEMA, işletmecilerden gelen bildirimleri ve yetkili makamların analizlerini toplar ve değerlendirir, ardından bu bilgileri Federal Çevre Bakanlığı'na (UBA) iletir. Elde edilen veriler, olayların nedenlerini ve sonuçlarını anlamak, gelecekteki benzer olayları önlemek ve güvenlik standartlarını iyileştirmek için kullanılır. ZEMA veri tabanına internet üzerinden erişim mümkündür (U Umweltbundesamt, 2020) .

https://www.infosis.uba.de/index.php/de/zema/index.html

2.1.7.5 CSB (Chemical Safety Board)

Amerika Birleşik Devletleri'nde faaliyet gösteren CSB, endüstriyel kimyasal kazaları araştırmak ve bu kazalardan dersler çıkararak güvenlik önerileri sunmak amacıyla kurulmuş bağımsız bir federal kurumdur (U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2022). Amacı, kimyasal güvenliği iyileştirmek ve gelecekteki kazaları önlemektir. Kapsamı, kimyasal tesislerde meydana gelen yangınlar, patlamalar, zehirli madde salınımları ve diğer tehlikeli olayları içeren kaza raporlarını, analizlerini ve güvenlik incelemelerini kapsar. CSB tarafından yayınlanan raporlar genellikle kazaların nedenlerini, koşullarını, sonuçlarını ve alınması gereken önleyici tedbirleri detaylı bir şekilde açıklamaktadır. Bu bilgiler, endüstriyel tesislerde risk yönetimi ve güvenlik uygulamalarının geliştirilmesi için önemli bir nitel veri kaynağı teşkil etmektedir. Erişim: https://www.csb.gov/

2.1.7.6 Failure Knowledge Database (Japonya)

Bu veri tabanı, başarısızlık olaylarını sistematik bir şekilde ifade etmek ve analiz etmek amacıyla geliştirilmiş yenilikçi bir yöntem sunmaktadır (Japan Science and Technology Agency, t.y.). Amacı, farklı alanlardaki başarısızlıkların altında yatan nedenleri, eylemleri ve sonuçları arasındaki hiyerarşik ilişkileri görselleştirmektir. Kapsamı, sebep, eylem ve sonuç olmak üzere üç temel bileşeni içeren "Başarısızlık Mandaları" aracılığıyla belirlenir. Bu mandalalar, merkezi bir kavramdan başlayarak iç içe geçmiş halkalar halinde düzenlenmiş üst düzey, ikinci düzey ve alana özgü üçüncü düzey anahtar ifadeler içerir. Veri tabanı, kullanıcının başarısızlık vakalarını anlamasına ve gelecekteki başarısızlıkları önlemesine yardımcı olacak şekilde tasarlanmıştır ve arama işlemlerini kolaylaştırmak için metinsel ifadelerin yanı sıra piktogramlar da içermektedir. Veriler, mekanik mühendisliği, malzeme bilimi, kimya ve tesisler ile inşaat mühendisliği gibi çeşitli alanlardaki vaka çalışmalarına uygulanabilir. Ayrıca, başarısızlık senaryolarının zaman içindeki gelişimini (neden-eylem-sonuç) açıkça ifade etmek için diyagonal çizimler de sunulmaktadır (https://www.shippai.org/fkd/en/infen/mandara.html).

2.1.7.7 BEKRA Bildirim Sistemi (Türkiye)

BEKRA Bildirim Sistemi, “Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik” kapsamında, tehlikeli madde bulunduran kuruluşların yükümlülüklerini yerine getirmelerini sağlamak amacıyla Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Çevre Bilgi Sistemi bünyesinde oluşturulmuştur (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2024).

BEKRA sistemi aracılığıyla işletmeciler, kuruluşlarında bulunan ve Yönetmelik Ek-I’de listelenen tehlikeli kimyasallar ile bu maddelerin depolanabilecek en yüksek miktarlarını Bakanlığa beyan ederler. BEKRA Bildirimi olarak adlandırılan bu beyan, kuruluşta hammadde, ürün, yan ürün, artık veya ara ürün olarak bulunan ya da proses kontrol kaybı durumunda oluşabilecek tehlikeli maddelerin, Yönetmelik Ek-I’de yer alan alt ve/veya üst eşik değerleri aşması durumunda zorunlu hale gelir. Bildirim süreci iki aşamadan oluşur: öncelikle kuruluşun Çevre Bilgi Sistemi’ne kaydolması, ardından BEKRA Bildirim Sistemi üzerinden gerekli verilerin girilmesi gerekmektedir (http://bekrabs.cevre.gov.tr/).

2.1.7.8 IOGP (International Association of Oil & Gas Producers) Risk Assessment Data Directory

Bu direktif, petrol ve gaz endüstrisindeki risk değerlendirmeleri için proses salınım frekansları hakkında kantitatif veriler sunmayı amaçlamaktadır (IOGP, 2019). Kapsamı, çeşitli ekipman türleri için farklı delik çapı aralıklarına göre genel denklemleri ve tablosal verileri içerir. Bu veri tabanı, ekipman boyutuna bağlı olarak değişen salınım frekanslarını tahmin etmek için parametreler ve formüller sunarak, risk analizlerinde olası tehlikeli olayların meydana gelme olasılıklarını nicel olarak değerlendirmeye olanak tanır. Sunulan veriler, geçmişteki olayların analizine

dayanmaktadır ve endüstrideki güvenlik uygulamalarının geliştirilmesine katkıda bulunmayı hedeflemektedir (https://www.iogp.org/).

2.1.7.9 Bevi Referans Manueli (Hollanda)

Tehlikeli Maddelerle Çalışan Kuruluşlar Hakkında Dış Güvenlik Kararnamesi (Bevi) çerçevesinde yapılması gereken Kantitatif Risk Değerlendirmeleri (KRD) için standart bir referans kılavuzu sunmayı amaçlamaktadır (National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), 2023). Kılavuzun temel amacı, KRD sonuçlarının doğrulanabilir, tekrarlanabilir ve karşılaştırılabilir olmasını sağlamaktır. Bu doğrultuda, KRD'lerin aynı varsayımlara, modellere ve temel bilgilere dayanarak tamamlanması gerektiği vurgulanmaktadır (https://www.rivm.nl/en).

2.1.7.10 Uluslararası Kaza Veri Tabanları Kullanılan Yapay Zeka Tabanlı Çalışmalar

Chebila (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, endüstriyel kazaların insan, çevre ve maddi sonuçlarının ortaya çıkışını tahmin etmek amacıyla yeni bir modelleme çerçevesi sunulmuştur. Bu çalışma, eMARS kayıtlarından elde edilen verileri kullanarak Lojistik Regresyon, Karar Ağaçları, Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri, Naive Bayes sınıflandırıcısı ve Rastgele Orman gibi çeşitli makine öğrenmesi algoritmalarını test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, rastgele ormanların ve sinir ağlarının endüstriyel tesislerdeki kazaların belirli sonuçlarını öngörmedeki üstün yeteneğini göstermiştir. Özellikle, Rastgele Orman yöntemi insan ve çevresel sonuçlar için en iyi tahmini sağlarken, Yapay Sinir Ağları ise maddi sonuçlar için en iyi performansı sergilediği gözlenmiştir. Bu tahmin çerçevesi, risk değerlendirme çalışmalarında riskin doğasını ve kabul edilebilirliğini belirlemek için sağlam bir karar alma temeli sunmaktadır.

Yang ve Demichela (2023) yapılan bir başka çalışmada ise, insan ve organizasyonel faktörlerin analizindeki veri eksikliğini gidermek ve risk iletişimi için bir çerçeve geliştirmek amacıyla Doğal Dil İşleme tekniklerini kullanılmıştır. Çalışma, kaza raporlarından "Kim, Ne Zaman, Nerede, Neden" bilgilerini otomatik olarak çıkarmak için veri odaklı bir anlatı iskeleti modeli önermektedir. eMARS veri tabanına uygulanan bu çerçeve, insan ve organizasyonel faktörlerle ilişkili kazaların öykülerinin "Kim, Ne Zaman, Nerede, Neden" iskeletinin örüntü tanıma ve bütünsel bilgi analizi konusunda başarılı olduğunu göstermişti. Bulgular, insan ve organizasyonel faktörlerle ilişkili kazaların genellikle yüklenicilerle ve bakım dönemleriyle daha fazla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, belirlenen "Neden" faktörlerinin üçte ikisinden fazlasının organizasyonel faktörler olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırma, güvenlik yönetimi alanına, insan müdahalesi olmaksızın otomatik ve verimli bilgi tanımlama yeteneği, insan ve organizasyonel faktörler hakkında nicel veriler sağlaması ve makine öğrenimi tabanlı analizler için bir temel oluşturmasıyla önemli katkılar sağlamaktadır.

Yapay zekâ teknikleri, endüstriyel kaza verilerinden anlamlı ve eyleme geçirilebilir bilgilerin çıkarılmasında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Özellikle makine öğrenmesi algoritmaları, kazaların sonuçlarını önceden tahmin etmeye ve risk değerlendirme süreçlerini daha nesnel hale getirmeye olanak tanımaktadır . Bununla birlikte, doğal dil işleme yöntemleri sayesinde metin tabanlı kaza raporlarından otomatik olarak neden-sonuç ilişkileri ve insan faktörlerine dair örüntüler çıkarılabilmekte, bu da güvenlik yönetimi açısından kritik öneme sahip bilgilerin sistematik şekilde elde edilmesini sağlamaktadır . Yapay zekâ tabanlı bu yaklaşımlar, sadece mevcut verilerin analizini kolaylaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda gelecekteki olaylara yönelik proaktif stratejilerin geliştirilmesine de katkı sunmaktadır. Bu yönüyle, yapay zekânın endüstriyel güvenlik alanındaki kullanımı, karar alma süreçlerinin hem doğruluğunu hem de hızını artıran önemli bir yenilik olarak değerlendirilmektedir.

2.1.8 CBS Destekli Endüstriyel ve Teknolojik Tehlike Analizleri İçin Güncel Yazılım-Vaka Yaklaşımları

Günümüzde endüstriyel tesisler, kimyasal depolama alanları ve enerji üretim merkezleri gibi yüksek riskli alanlar, artan kentleşme, iklim değişikliği ve teknolojik karmaşıklıkla birlikte daha büyük tehditler altındadır. Bu bağlamda, kaza risklerinin kantitatif ve mekânsal analizine olan ihtiyaç her zamankinden daha kritik hale gelmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve gelişmiş simülasyon yazılımları, bu tehditlerin modellenmesi, etkilerinin değerlendirilmesi ve müdahale planlarının şekillendirilmesinde stratejik araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, ALOHA, ARIPAR-GIS, PHAST, RAPID-N ve EFFECTS-RISKCURVES gibi yazılımların sunduğu analitik kabiliyetler, çeşitli vaka çalışmaları üzerinden incelenerek, teknolojik ve kimyasal tehlike senaryolarının CBS tabanlı risk yönetim süreçlerine entegrasyonu değerlendirilmektedir.

2.1.8.1 ALOHA yazılımı

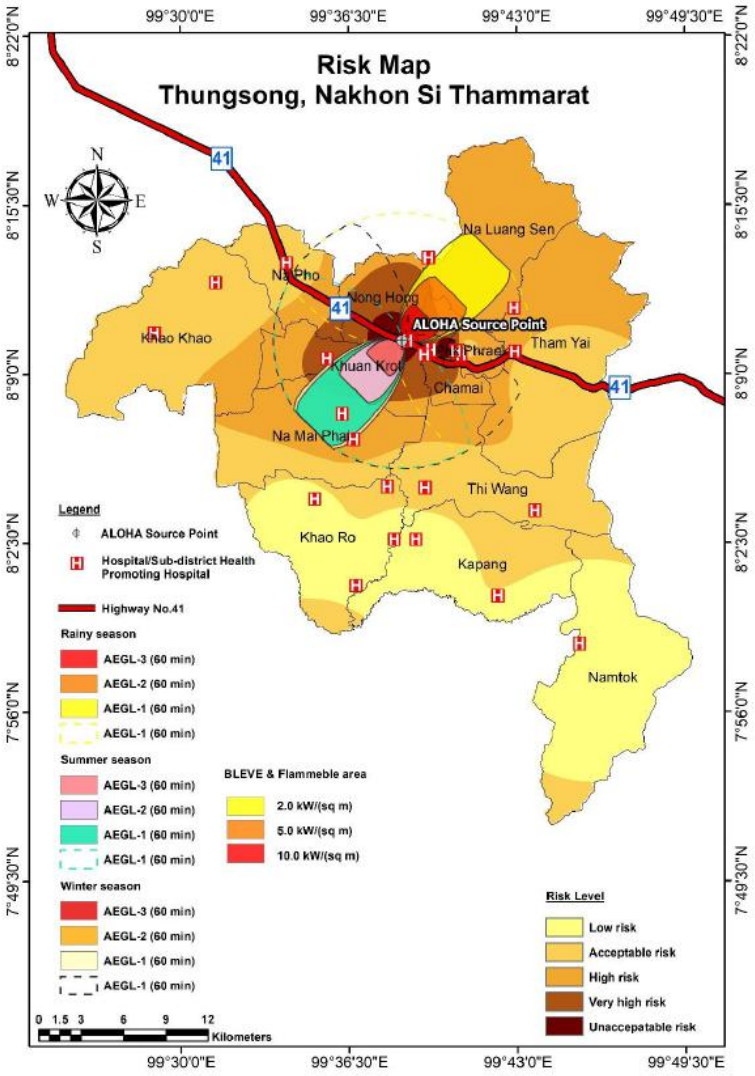
Aloha Yazılımı Kullanarak Sıvı Hidrojen Sızıntısının Sonuçlarının Modellenmesi – Sıvı Hidrojen (UN1966) Tanker Kazası Vaka Çalışması

Luo, & Luo, (2024), 2017 yılında Niagara Şelalesi'nde meydana gelen bir sıvı hidrojen (UN1966) tankeri kazasının sonuçlarını, literatürde Kantitatif Risk Değerlendirmesi (KRD) aracı olarak bilinen ALOHA yazılımı kullanarak analiz etmektedir. Çalışmada, olay yeri, kimyasal özellikleri, hava koşulları ve sızıntı kaynağı gibi detaylı veriler ALOHA yazılım programına işlenerek toksik ve yanıcı buhar bulutlarının yayılım modellemeleri oluşturulmuştur. Model, hafif sağlık etkileri yaratabilecek toksik bölgenin yaklaşık 100 yarda (91.44 metre), yanıcılık riski taşıyan bölgenin ise 800 yardaya (731.52 metreye) kadar uzandığını ve başlangıçta yüksek pik konsantrasyonlar oluştuğunu öngörmüştür. Ancak, modelin bu tahminlerine rağmen gerçek olayda herhangi bir sağlık etkisi veya tutuşma yaşanmaması hem hidrojenin hızlı dağılımını hem de acil durum müdahale ekiplerinin afet yönetimi alanına olan hakimiyetlerini ve etkinliklerini göstermiş, aynı zamanda ALOHA gibi araçların risk değerlendirme ve olası bir tanker kazası için acil durum planlamasındaki faydasını doğrulamıştır. Sonuç olarak çalışma, tehlikeli kimyasal olay yönetiminde kapsamlı risk değerlendirmesinin, KRD araçlarının ve iyi hazırlanmış müdahale stratejilerinin kritik önemini vurgulamaktadır.

Amonyak Taşıma Tehlikelerinin Risk Değerlendirmesi ve Coğrafi Mekansal Haritalanması - Tayland'ın Thungsong Bölgesinde Bir Vaka Çalışması

Kolsaman (2025), Tayland'ın Thungsong bölgesinde artan karayolu amonyak taşımacılığı sonucunda ortaya çıkan sızıntı, yangın, patlama gibi riskleri ALOHA ve ArcGIS yazılımlarının desteği doğrultusunda değerlendirmektir. Çalışmanın metodoloji aşamasında, tanker, kimyasal, nüfus ve meteorolojik verilerin toplanmasıyla ALOHA ile toksik buhar bulutu, ani parlama, jet yangını, BLEVE ve buhar bulutu patlaması gibi beş farklı kaza senaryo oluşturulduktan sonra, bu

senaryolar en kötü durum ve mevsimsel koşullar dikkate alınarak simüle edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ArcGIS kullanılarak risk, şiddet ve tahliye güzergahı haritalarına dönüştürülmüştür. Bulgular, toksik etkinin 2.5 km'ye kadar ulaşabildiğini, yanıcı/patlayıcı etkilerin ise yüzlerce metrelik alanları (örneğin BLEVE için 207m'de ölümcül radyasyon, VCE için 310m'de bina yıkımı) tehdit ettiğini göstermiştir. Bununla birlikte GIS ortamında oluşturulan haritalar ışığında Tayland'ın Thungsong Bölgesinde yer alan okullar, hastaneler ve 12.000'den fazla sakinin bulunduğu köylerin karayolu amonyak taşımacılığı sırasında olası bir yangın, patlama veya sızıntı karşısında çok ciddi bir oranda risk altında kaldıkları tespit edilmiştir (Şekil 2-10). Sonuç olarak, bu çalışma amonyak taşımacılığının sakıncalı boyutta riskler oluşturduğunu, ALOHA-ArcGIS entegrasyonunun risk haritalamada etkili olduğunu ve elde edilen bulguların güvenlik önlemleri, detaylı tahliye planları ve afet yönetimi eğitim ihtiyacının önemini vurgulamaktadır. Oluşturulan haritalar acil durum planlaması ve risk azaltma çalışmaları için kritik öneme sahiptir.

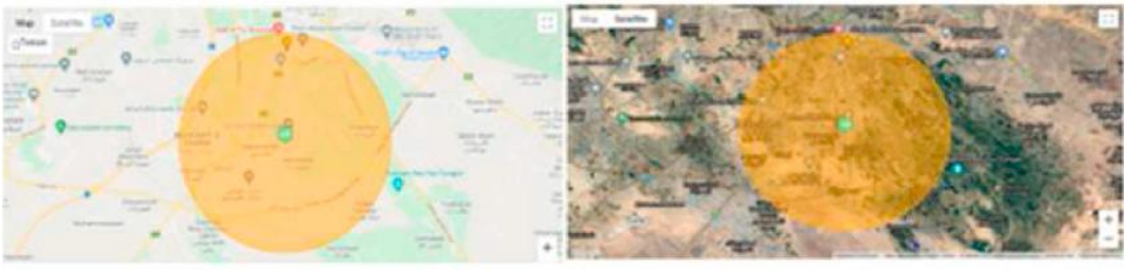


Şekil 2-10 Tayland'ın Thungsong Bölgesinde amonyak taşıma tehlikelerinin risk haritası (Kolsaman, 2025).

2.1.8.2 ARIPAR-GIS yazılımı

Deprem Tehlikesinde Kimyasal Salınım Risk Değerlendirmesi – NATECH Olay Senaryosu:

Shafiei-Moghaddam, Jahangiri, & Hassani (2024), literatürde doğal afetlerin tetiklediği teknolojik kazalar olarak tanımlanan "Natech" doğrultusunda, yüksek deprem riski taşıyan Tahran'daki bir petrol rafinerisinden olası bir deprem sonrası meydana gelebilecek H_2S (Hidrojen Sülfür) toksik gaz salınımının riskini, yarı-kantitatif bir analiz aracı olan RAPID-N kullanarak değerlendirmektedir. Bu araştırmanın metodoloji kısmında sırasıyla; sismik risk analizine dayalı deprem senaryoları oluşturmak, rafineri ve H_2S tankı hakkında veri toplamak, atmosferik ve coğrafi verileri toplanan verilere dahil etmek, FEMA (Federal Emergency Management Agency) tarafından üretilen HAZUS yazılımı ile kırılganlık eğrileri ve PGA (Professional Golfers' Association of America) değerleri ile tank hasar durumlarını tahmin etmek, RAPID-N ile en kötü durum (ERPG-2 seviyesi) H_2S gaz dağılımını simüle etmek ve son olarak Avustralya SMUG modeli ile riskli senaryoları önceliklendirmek yer almaktadır (Şekil 2-11). Bulgular aşamasında, H_2S toksik gaz salınımının 6.59 km yarıçapında en yüksek Natech riskini oluşturduğunu ve özellikle Tahran'daki Kahrizak, Güney Ray ve Kuzey Ray faylarından kaynaklanan yüksek riskli deprem senaryolarında aynı anda deprem ve toksik gaz etkilerinden yaklaşık 175.000 kişinin zarar görebileceğini belirtilmiştir. Dolayısıyla söz edilen vakanın yaşanması durumunda mevcut acil durum müdahale kapasitelerinin yetersiz kalacağı neticesine varılmaktadır. Sonuç olarak, çalışma Natech risk değerlendirmesinin önemini vurgulamakta ve Natech olaylarına karşı dayanıklılığı artırmak için çoklu tehlike haritalaması, riske duyarlı arazi kullanım planlaması, endüstriyel risk programları, kamuoyu bilinçlendirme ve paydaşlar arası koordinasyon gibi öneriler sunmaktadır.

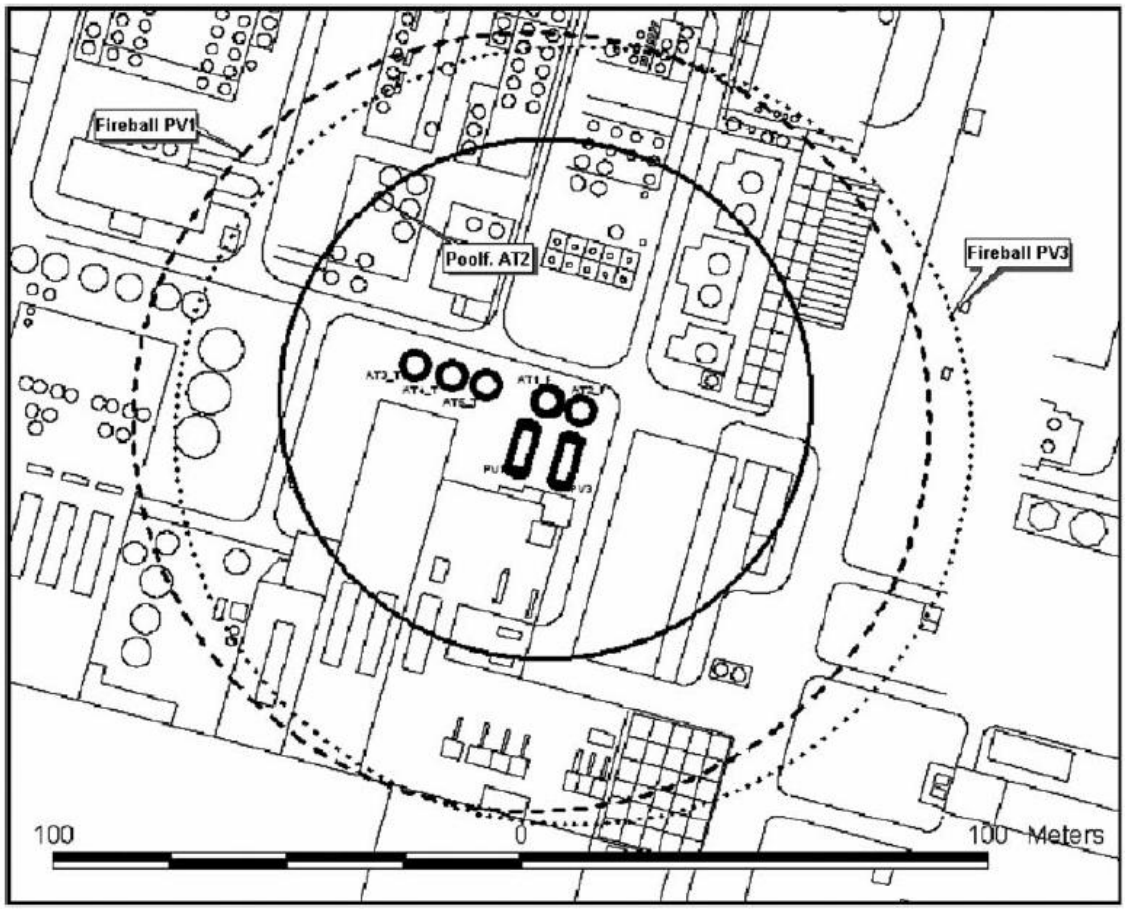


Şekil 2-11 İncelenen tankerden H_2S gazının atmosferik dağılımını simüle eden kentsel (a) ve uydu (b) haritaları (Shafiei-Moghaddam, Jahangiri, & Hassani, 2024).

Domino Senaryolarının CBS Tabanlı Bir Yazılım Aracı Tarafından Kantitatif Değerlendirmesi:

Cozzani, Antonioni, & Spadoni (2006), kimyasal ve proses tesislerindeki ciddi tehlikelerden olan domino kazalarının (birincil bir olayın yakındaki ekipmanları tetikleyerek daha şiddetli ikincil olaylara yol açması) nicel risk değerlendirmesi için

sistematik bir metodolojiye dayanan ve Aripar-GIS yazılımına entegre edilen bir prosedür geliştirmeye odaklanmaktadır. Mevcut mevzuatın gerektirmesine rağmen kapsamlı analiz yöntemlerinin eksikliğine dikkat çeken çalışma, geliştirilen prosedürün; tırmanma kriterleri ve ekipman kırılganlık modelleri (probit) kullanarak olası domino hedeflerini ve senaryolarını (birden fazla eş zamanlı ikincil olayı da içerecek şekilde) otomatik olarak tanımladığını, bu senaryoların beklenen frekanslarını hesapladığını ve birincil/ikincil olayların birleşik sonuçlarını (hasar görebilirlik haritalarını toplayarak) değerlendirdiğini açıklamaktadır. Farklı tesis yerleşim planları (kimyasal depolama, açık deniz platformu) üzerinde yapılan vaka çalışmaları, domino etkisinin bireysel ve toplumsal riski (F-N eğrileri, PLL) önemli ölçüde artırabildiğini, ancak bu etkinin tesisin yerleşimine, ekipman özelliklerine ve tetikleyici olayın tipine bağlı olarak büyük ölçüde değiştiğini göstermiştir (Şekil 2-12). Sonuç olarak, geliştirilen GIS tabanlı metodoloji ve yazılım, domino senaryolarının endüstriyel riske katkısını nicel olarak değerlendirmek, otomatik hedef belirleme yapmak ve endüstriyel risk yönetimi ile arazi kullanım planlaması için önemli bilgiler sağlamak üzere etkili bir araç sunmaktadır.



Şekil 2-12 Vaka çalışması 1'de birincil havuz-yangın ve ikincil ateş toplarının etki alanları (Cozzani, 2005)

2.1.8.3 PHAST yazılımı

Bulanık HAZOP Tekniği ve PHAST Yazılımı Kullanılarak Cl_2 (Klor) Sızıntısı Sonuçlarının Risk Değerlendirmesi ve Modellenmesi: Bahrami vd., (2023) kentsel bir su arıtma tesisindeki klor sızıntısı sonucu ortaya çıkabilecek risklerin değerlendirilmesi ve modellenmesi üzerinde durmaktadır. Tehlike arz eden bölgelerdeki risklerin yönetimi ve bu risklerin yönetiminde uygulanacak olan stratejleri geliştirilip potansiyel sonuçları doğru bir şekilde modellemek bu çalışmanın temek amacıdır. Metodoloji kısmında ilk olarak tüm proses karmaşıklıklarını ve sapmaları belirlemek adına HAZOP (Hazard and Operability Study), yani "Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi", çalışmaları yapılmıştır. Ardından risklerin değerlendirilmesi adına niteliksel bir risk matrisi oluşturulmuştur.

Şekil 2-13 Tasarlanan senaryonun PHAST yazılımında klor (Cl_2) gazının salınım profili (Bahrami vd., 2023).

Değerlendirme sonuçlarının bilimsel doğruluğunu arttırmak ve riskleri hassas bir şekilde önceliklendirmek için bulanık HAZOP metodolojisi kullanılmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise kritik senaryoları görselleştirmek potansiyel risk teşkil eden bölgelerin belirlenmesi adına PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool) yazılımı tercih edilmiştir (Şekil 2-13). Klorlama ünitesinde yapılan ilk HAZOP değerlendirmesi sonucunda 55 riskten 41 sapma tespit edilmiştir ve bu risklerin %85 oranında yüksek risk kategorisinde yer aldığı belirtilmiştir. Bulgular bölümünde klor gazı silindirlerinin yırtılmasının ve flanşlar, pompalar, basınç valfleri gibi bağlantı noktalarındaki sızıntıların diğer daha az meydana sıklıkta meydana gelen tehlikeli playlara kıyasla çok daha önemli ve yaşanabilecek en olası senaryo oldukları kaatine varılmıştır. PHAST ile yapılan modelleme doğrultusunda ise toksik buhar bulutlarının hızla oluştuğu ve güneybatıdan kuzeydoğuya doğru dağıldığı gösterilmiştir. Bu modelleme sonucuna göre 30 dakikalık maruz kalma süresince

400 ppm'lik bir konsantrasyonun ölümcül sonuçlara yol açabileceği ve bu konsantrasyona yazın 302 metre aşağı rüzgar, kışın ise 270 metre aşağı rüzgar mesafelerinde ulaşılabileceği göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmanın sonuçlarında varılan önemli noktalar ise tüm klorlama tesislerinin korozyonu, erozyonu, sızıntıyı ve yırtılmayı önlemek amacıyla yeniden tasarlanması, risk tabanlı denetimlerin sıklıkla gerçekleştirilmesi, acil durum müdahalesini ve hazırlık çalışmalarını efektif ve aktif hale getirmek amacıyla düzenli klor sızıntısı tatbikatlarının düzenlenmesi olarak ele alınmıştır.

2.1.8.4 RAPID-N yazılımı

Gelecekteki Aşırı İklim Olayları Altında Teknolojik Kazaların Risk Değerlendirmesi - NATECH Kaza Müdahale Stratejileri:

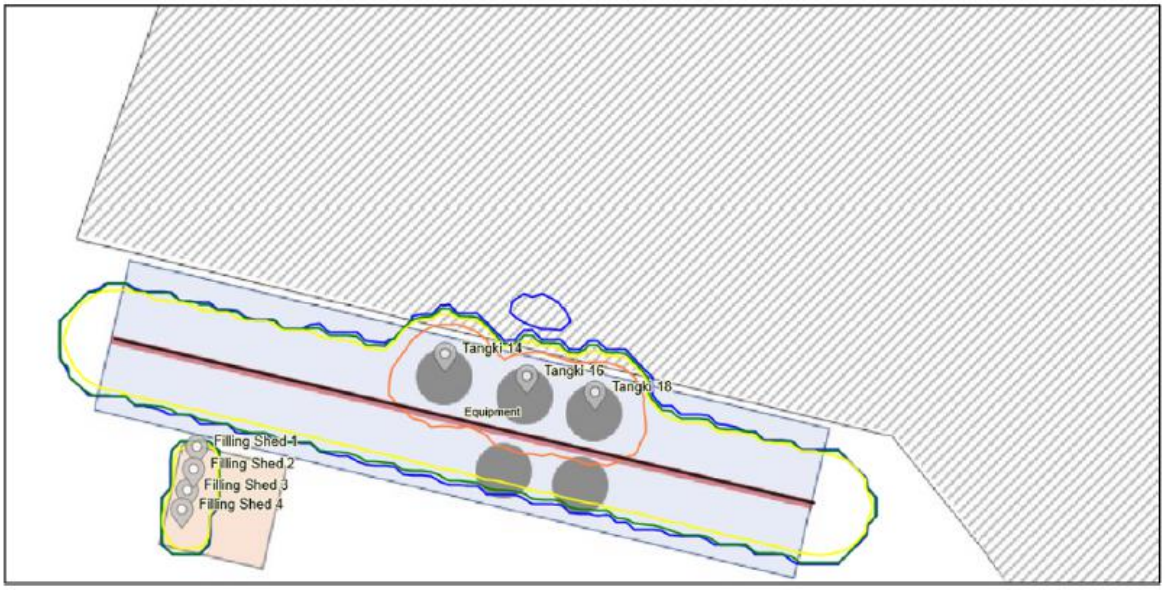
Hsiao (2024) çalışmasında sel, deprem, heyelan gibi doğal afetlerin tetiklediği ve toksik gaz salınımı, patlama, yangın gibi sonuçlara yol açan Teknolojik Kazaların (Natech), iklim değişikliği, kentleşme ve eskiyen altyapı gibi faktörlerle artan küresel bir tehdit oluşturduğunu öne sürmektedir. Günümüzde hızla gelişmeye devam edem teknoloji ışığında geleneksel risk değerlendirmelerinde bu tehditleri ele almada gittikçe zorlaştırttığını ve hatta yetersiz kaldığını vurgulamaktadır. Mevcut Natech risk değerlendirme ve yönetim çerçevelerini, tarihsel veriler, simülasyon modelleri [RAPID-N, ARIPAR], senaryo analizi, acil durum planlaması, sektörler arası iş birliği gibi metodolojilerle genişleterek daha kapsamlı analizler yapılmasını amaçlamaktadır. Bulgular, Natech sıklığının arttığını, olayların şiddetinin genellikle konvansiyonel kazaları aştığını (Fukuşima, Kocaeli, Harvey Kasırgası örnekleri), endüstriyel tesislerin konumu, yaşı ve sistemler arası bağımlılıklar nedeniyle savunmasız olduğunu, ekonomik ve çevresel maliyetlerin çok yüksek olabildiğini ve küresel hazırlık düzeyinde (gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında) önemli farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Makalenin sonuçlar kısmında ilk olarak Natech riskleriyle mücadele etmek adına reaktif yaklaşımların artık tercih edilmemesi gerektiği, proaktif (önleyici) stratejilerin günümüz koşullarında daha etkili olacağı kanaatine varılmıştır. Sonrasında altyapı dayanıklılığına yatırım yapmayı, RAPID-N gibi gelişmiş yazılım araçlarını kullanmayı, güncel güvenlik protokolleri ve erken uyarı sistemleri geliştirmeyi, küresel iş birliğini (bilgi/teknoloji paylaşımı, kapasite geliştirme) güçlendirmeyi ve risk yönetimini afet hazırlık çerçevelerine entegre etmeyi önermektedir.

2.1.8.5 Effects-Riskcurves yazılımları

Yakıt Depolama Terminalindeki En Kötü Durum Kaza Senaryosunun Nicel Risk Değerlendirmesi ve Risk Azaltılması:

Juwari, Anugraha, Zanat, Leksono, Hamid & Cahyono (2024), Endonezya'daki bir yakıt depolama terminalinde, geleneksel aşırı muhafazakar yaklaşımlar yerine gerçekçi en kötü durum senaryolarına (benzin tankı taşması, sızıntı, boru kopması) dayalı bir kantitatif risk değerlendirmesi (QRA) yapmak için EFFECTS (sonuç modelleme) ve RISKCURVES (risk modelleme) yazılımlarını kullanmaktadır.

Metodoloji, senaryo tanımlama, Olay Ağacı Analizi ile frekans belirleme, EFFECTS ile buhar yayılımı (468m'ye kadar), havuz/jet yangını (10 kW/m² radyasyonla 49 potansiyel ölüm) ve buhar bulutu patlaması (VCE) gibi sonuçları modellemeyi ve RISKCURVES ile bireysel risk (IR) ve toplumsal risk (SR - FN Eğrisi) analizi yapmayı içermektedir. Bulgular, modellenen etkilerin konut bölgelerine ulaştığını, bireysel riskin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu ancak toplumsal riskin ALARP (Makul Olarak Uygulanabilir En Düşük Seviye) bölgesinde yer aldığını göstermiştir; risk azaltma yöntemi olarak önerilen tampon bölge uygulamasının toplumsal riski kabul edilebilir seviyeye indirmede etkili olmasına rağmen yüksek arazi maliyetleri nedeniyle ekonomik olarak uygulanabilir olmadığı (hesaplanan maksimum katlanılabilir maliyeti aştığı) sonucuna varılmıştır (Şekil 2-14). Sonuç olarak, çalışma yoğun nüfuslu bölgelerdeki terminaller için sonuç ve risk temelli QRA'nın önemini vurgulamakta ve ekonomik olarak uygun olmayan tampon bölge yerine ara bölme duvarları, gelişmiş proses kontrol ve güvenlik sistemleri gibi alternatif risk azaltma önlemlerini önermektedir.



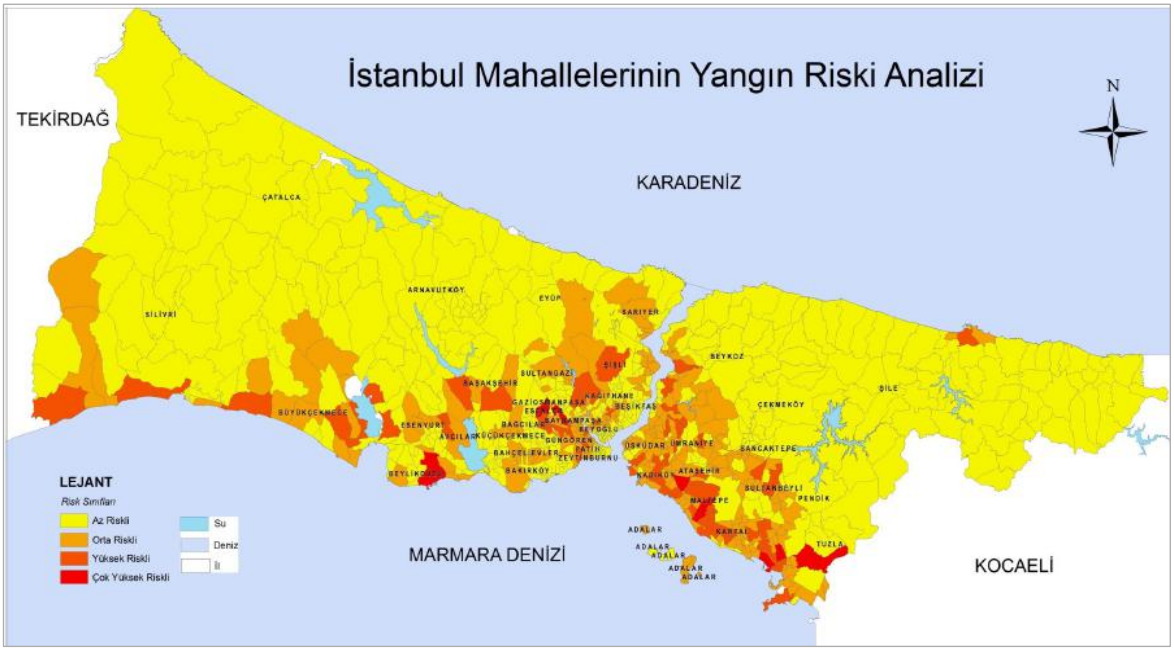
Şekil 2-14 Yakıt depolama terminalinin bireysel risk konturu ve toplumsal riski (Juwari vd., 2024).

2.1.8.6 Diğer çalışmalar

İstanbul İli Yangın Riski Analizi ve Yangın Riski Haritalarının Oluşturulması:

Özmen (2010), İstanbul ilinin yangın riskini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak hem mahalle bazında hem de risk yoğunluğu olarak analiz etmeyi ve haritalamayı amaçlamaktadır. Çalışmanın temel hedefi müdahale ve önleme aşamalarında gerçekleşecek çalışmalara potansiyel risk alanlarını belirleyerek destek vermektir. Metodoloji aşamasında ilk olarak, mahalle bazlı analizde binalara kullanım sınıfı, kat sayısı ve yapı malzemesine göre puanlar verilmiş, bu puanlar mahalledeki tüm yapılar için toplanmış ve 2007 TÜİK nüfus verisine dayalı bir puan

eklenerek mahalle risk skoru hesaplanmıştır. Sonrasında risk yoğunluğu haritası ile birlikte nüfus dikkate alınmadan sadece bina risk puanları kullanılarak ve Kernel yoğunluk analizi yöntemiyle ArcGIS'te oluşturulmuştur (veriler İBB'den alınmış, Access ve Excel de kullanılmıştır). Bulgular kısmında, Beylikdüzü Marmara gibi akaryakıt depolama tesisi içeren mahallelere ek olarak Esenler, Pendik ve Bayrampaşa'daki bazı mahallelerin risk boyutu oldukça yüksek olarak belirtilmiş, yoğunluk haritası ise Beyoğlu, Fatih ve Bayrampaşa gibi bölgelerde riskin kümelendiğini göstermiştir (Şekil 2-15). Sonuç olarak, bu tez çalışmasında verilerin doğruluğunun ciddi bir öneme sahip olduğunu vurgulanmasıyla birlikte ve çalışmada sadece gece nüfusunu kullanmanın sınırlılıklarını ifade edilmiştir. Bununla birlikte risk yoğunluğu haritasının sanayi bölgelerini öne çıkardığını belirtmiş ve imar planlarında riskin dikkate alınması, aktif söndürme sistemleri gibi öneriler sunarak çalışmanın bir "Yangın Bilgi Sistemi "ne dönüştürülebileceğini öngörülmüştür.

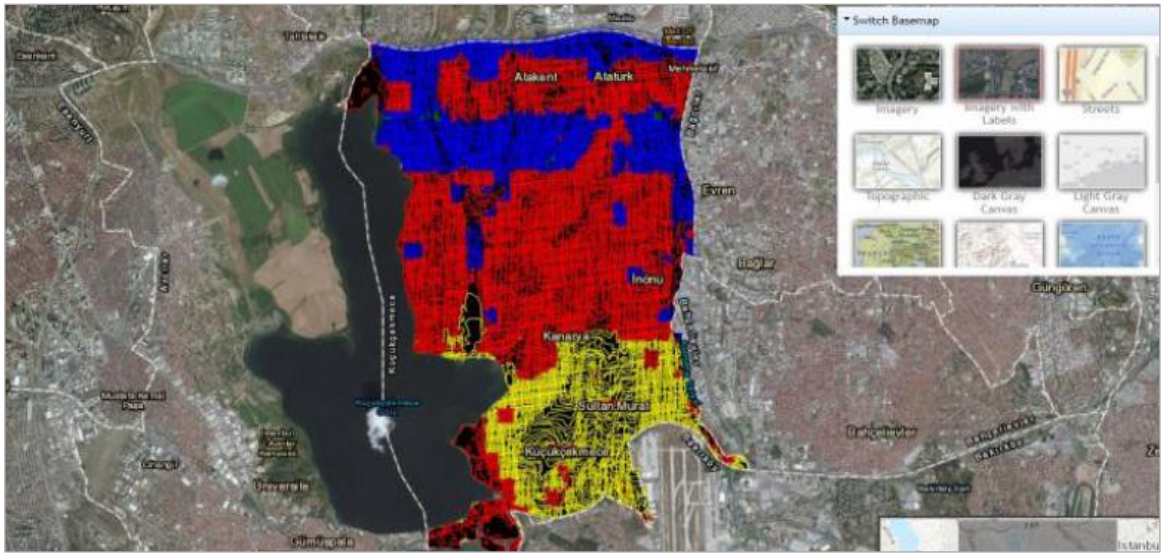


Şekil 2-15 İstanbul için mahalle bazında yangın risk haritası (Özmen, 2010).

Deprem Tehlike Analizi İçin CBS ve AHP Yöntemleriyle Web Tabanlı Bir Uygulamanın Oluşturulması

Farroukh (2019); deprem tehlike analizini daha erişilebilir kılmak amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemlerini bir arada kullanarak İstanbul'un Küçükçekmece bölgesi için web tabanlı interaktif bir Deprem Tehlike Harita Sistemi (EHM) geliştirmeyi amaçlamaktadır (Şekil 2-16). Metodoloji kapsamında literatür araştırmalarından elde edilen faya olan uzaklık, zemin sınıfı, sıvılaşma potansiyeli gibi deprem tehlike kriterlerini uzman görüşlerin yardımıyla AHP kullanarak ağırlıklandırmayı ve oluşturulan bu analizi ASP.net, C#, ArcGIS Server ve ilgili API'ler gibi teknolojilerle geliştirilen bir Web CBS uygulamasına aktarmayı içermektedir. Geliştirilen bu web uygulamasında kullanıcılar, tehlike katmanlarını görüntüleyip bu katmanları sınıflandırdıktan sonra

en önemli aşama olan kriter ağırlıklarını dinamik olarak değiştirerek sonuç tehlike haritasını anında görebileceklerdir. Buna ek olarak, tehlike haritasını bina verileriyle birleştirerek risk altındaki yapıları belirlemelerine yardımcı olmaktadır. Tez çalışmasının sonuç kısmında, AHP ve Web CBS entegrasyonunun, uzman olmayan kullanıcıların bile deprem tehlike analizine katılımını sağlayan, farklı senaryoların değerlendirilmesine imkan veren, geleneksel CBS'ye göre daha esnek, maliyet etkin ve kamu katılımını teşvik eden etkili bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 2-16 İstanbul-Küçükçekmece için üretilen deprem risk haritası (Farroukh, 2019).

2.1.8.7 Genel değerlendirmeler

Yanlış kentleşme stratejileri, yanlış alanların seçimi, hatalı uygulamalar ve denetim eksiklikleri doğal ve/veya teknolojik afetlerin sonuçlarının katlanarak artmasına sebep olmaktadır. Afeti başlatan hususlar ile yıkıcılığını/savunmasızlığını arttıran hususlar birlikte incelenmelidir, yapılacak çalışmalarla afetin yönetilebilirliği de arttırılmalıdır, tüm bunların toplamı bize afetlere karşı dayanıklı/dirençli olmayı sağlayacaktır. Yapılan CBS destekli endüstriyel ve teknolojik tehlike analizleri için güncel yazılım-vaka çalışmaları araştırmaları sonucunda, doğal, insan ve teknoloji kaynaklı afetlere oldukça sık maruz kalan, özellikle Marmara Bölgesi gibi alanlarda günümüz teknolojisiyle üretilen yazılımların veya programların desteğiyle risk analizlerinin yapılması, bölgenin olası bir afete karşı dirençlilik kazanmasına olanak sunmaktadır. Marmara Bölgesi göz önünde bulundurulduğunda bünyesinde oldukça fazla sanayi bölgesi olmasından dolayı doğal afetlerin tetiklediği teknolojik afetler (deprem sonucu endüstriyel tesisin zarar görmesi vb.) veya insan kaynaklı teknolojik afetlere karşı dirençliliğinin arttırılması, güncel yazılım ve modellemelerle yapılacak olan çalışmaların gerçek hayatta temellerinin atılmasıyla oldukça bağlantılıdır. MARAP kapsamında, özellikle teknolojik afetler doğrultusunda yapılan literatür araştırmaları sonucunda elde edilen verilerle Marmara Bölgesi'nin dirençli kılınması hedeflenmektedir.

2.2 Afet Risk Azaltmada Uluslararası Uygulamalar

Afet risklerinin yönetilmesi, küresel ölçekte sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasında temel belirleyicilerden biri haline gelmiştir. Artan kentleşme, iklim değişikliği, çevresel bozulmalar ve sosyoekonomik kırılganlıklar, afetlerin etkilerini daha da sistemik hâle getirmektedir (UNDRR, 2023; UNDRR, 2024). Bu bağlamda, afet risk azaltma planlarının hazırlanmasında uluslararası iyi uygulama örneklerinden elde edilen deneyimler, etkili, kapsayıcı ve sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesi açısından önemli bir referans sunmaktadır.

Bu bölümde, farklı afet türlerine (deprem, tsunami, sel-taşkın, iklim kaynaklı riskler, yangın ve teknolojik afetler, kentsel ve sistemik riskler) yönelik geliştirilen uygulama örnekleri, bunlara ait politika ve planlama çerçeveleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Amaç, bu örneklerin analiz edilmesi yoluyla Marmara Bölgesi gibi yüksek riskli alanlar için etkili risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktır.

Bu bağlamda, uluslararası ve ulusal strateji belgelerinden başlayarak MARAP'ın bölgesel düzeydeki uygulamalarına uzanan çok ölçekli bir sistematik çerçevede ele alınmıştır. Böylece analizlerin yalnızca afet türüne göre parçalı sunumunun ötesine geçilerek, politik, mekânsal ve sektörel boyutların bütünsel olarak takip edilebilirliği sağlanmıştır. Tablo 2-2'de bu ilişkisel bütünlüğü görsel olarak desteklemektedir. Bu tablo, MARAP kapsamında yürütülen mekânsal risk yönetimi modelinin yalnızca Türkiye'deki ulusal strateji ve mevzuatlar temelinde değil; aynı zamanda uluslararası literatür, metodolojiler ve uygulama standartları ile çok katmanlı olarak ilişkilendirildiğini göstermektedir. Böylece MARAP çıktıları, Sendai ve SDG'nin küresel risk azaltım ilkeleriyle uyumlu, SEVESO-ARAMIS-MINERVA gibi Avrupa kökenli teknik standartlarla metodolojik bağ içinde tasarlanmış bir çerçeveye oturmaktadır.

Bu bölümde MARAP çalışmasının odaklandığı mekânsal risk yönetimi yaklaşımı; yalnızca afet türlerine dayalı bir sınıflandırma mantığıyla değil, ***uluslararası → ulusal → bölgesel → yerel*** ölçek zinciriyle ve politika ilişkileriyle sistematik bir bütünlük içinde ele alınmaktadır. Böylece uluslararası stratejik belgelerden (Sendai, SDG, SEVESO, ARAMIS, MINERVA) başlayan kavramsal çerçeve, Türkiye'deki ulusal politika belgeleri ve mevzuatlar (TARAP, İRAP, BEKRA uyumu) üzerinden MARAP'ın Marmara özelindeki mekânsal veri modeli ve risk analizlerine taşınmakta; nihayetinde yerel/kentsel düzeydeki somut risk azaltım uygulamalarıyla tamamlanmaktadır. Bu metodolojik hiyerarşi sayesinde, sunulan uygulamalar yalnızca afet türleri bakımından parçalı örnekler değil; çok düzeyli yönetişim ve mekânsal ölçek mantığıyla doğrudan ilişkilendirilmiş analitik örüntüler olarak raporda yer almaktadır.

Tablo 2-2 Uluslararası Politika Çerçevelerinden MARAP Mekânsal Risk Modeline Yansıyan Temel Bileşenler

Uluslararası Çerçeve / Metodoloji	*Türkiye Ulusal Stratejileri ve Mevzuat Bağlantısı*	*MARAP Bölgesel Yaklaşımı*	*Yerel / Kentsel Uygulamalar ve Uyum Modülleri*
Sendai Çerçevesi (SFDRR) (Risk temelli sürdürülebilir kalkınma ve dirençlilik)	TARAP, İRAP, Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi	CBS tabanlı çok tehlikeli risk katmanları (deprem, sel, heyelan, endüstriyel), senaryo bazlı kırılganlık analizleri	İRAP'a entegre mikro-bölgeleme, mahalle düzeyinde risk azaltım eylemleri
SDG-11 & SDG-13 (Sürdürülebilir Şehirler, İklim Eylemi)	11. Kalkınma Planı, Yeşil Mutabakat Eylem Planı	MARAP'ta iklim değişikliği etkileri ile bütünleşik mekânsal kırılganlık modellemesi (ör. sıcak dalgası, kuraklık)	Belediye ölçekli yeşil altyapı projeleri, iklim uyum aksiyon planları
SEVESO Direktifi & BEKRA Uyum Süreci	Türkiye SEVESO ve BEKRA yönetmelikleri	OSB, liman, tank çiftlikleri, rafineri kümelerinde domino etkisi ve tampon zon analizleri, BEKRA bildirimi mekânsal doğrulama	OSB'lerde SMS (Güvenlik Yönetim Sistemleri) denetimleri, SEVESO II yükümlülükleri izleme
ARAMIS Metodolojisi (INERIS & EC-JRC uygulamaları)	ÇSGB ARAMIS Kullanıcı Rehberi, İSG mevzuatı	Endüstriyel tesislerin proses senaryo bazlı risk matrisi çıkarımı, maruziyet ve bariyer başarım olasılıklarının CBS tabanlı entegrasyonu	OSB / petrokimya merkezlerinde ARAMIS-uyumlu pilot risk modellemeleri
MINERVA & Kritik Altyapı Yönetimi	Ulusal Afet Müdahale Planları (TAMP) kritik altyapı bileşenleri	Elektrik, doğal gaz, içme suyu ve ulaştırma ağlarının MARAP içinde topolojik ağ analizi; kritik yollar ve bağlantı noktalarının kesilme riskleri	Yerel düzeyde kritik altyapı sürekliliği planları, alternatif güzergâh stratejileri
ECHA / IUCLID & Chesar (Kimyasal veri ve güvenlik senaryo yönetimi)	Kimyasal kayıt ve raporlama yükümlülükleri (KKDİK uyumlu)	MARAP veri modelinde kimyasal özellik katmanları, potansiyel yayılım parametreleri	Tesis bazlı IUCLID veri şeması adaptasyonu, Chesar benzeri kimyasal güvenlik senaryoları

2.2.1 Deprem

Japonya, deprem yönetimi konusunda dünyada gelişmiş kurumsal altyapılardan birine sahiptir. Özellikle ulusal düzeyde geliştirilen bina yönetmelikleri, yapı güçlendirme teşvikleri ve yaygın senaryo bazlı tatbikatlar, toplumsal ve yapısal dayanıklılığın temel taşlarını oluşturmaktadır. 2000 sonrası inşa edilen yapılar, 2011 Tōhoku ve 2024 Noto Yarımadası depremleri gibi büyük sarsıntılarda ciddi bir hasar almadan ayakta kalmayı başarmıştır (Refworld, 2005). Benzer şekilde, Tayvan'ın Tainan kentinde 1999'daki 921 Depremi sonrasında başlatılan okul güçlendirme programı, sadece kentsel merkezlerle sınırlı kalmayıp orta Tayvan'ın tamamını kapsayan bölgesel bir müdahaleye dönüşmüştür. Bu programda, okullar risk temelli

sınıflandırılmış, zemin özellikleri ve öğrenci yoğunluğu gibi kriterler dikkate alınarak önceliklendirme yapılmıştır. Sonraki depremlerde güçlendirilen hiçbir okulda çökme yaşanmamış olması, mühendislik temelli yaklaşımların başarısını göstermektedir (Guy Carpenter, 2024; Hsiao vd., 2013). Yeni Zelanda'nın Wellington Bölgesi'nde yürütülen Resilient Buildings Program da kamu binalarının sismik performansına göre sınıflandırılmasını ve belirli sürelerde güçlendirilmesini zorunlu kılarak benzer bir başarı hedeflemiştir. Ancak, özel mülk sahiplerinin isteksizliği nedeniyle konut alanlarında ilerleme daha sınırlı kalmıştır (Wellington Council, 2024).

Bilim temelli planlama ve mikro-bölgeleme çalışmaları da risk azaltma stratejilerinde önemli bir yer tutmaktadır. İtalya'nın Emilia-Romagna Bölgesi'nde mikro-bölgeleme çalışmalarının yerel imar planlarına entegre edilmesi, 2012'deki Emilia Depremi sırasında can kayıplarının sınırlı kalmasını sağlamıştır (Fioravante vd., 2013). Tayvan'daki okul güçlendirme programında da mikro bölgeleme verileri kullanılarak risk odaklı planlama yapılmış, böylece kaynaklar daha etkin bir şekilde dağıtılmıştır.

Deprem yönetiminde sadece yapısal önlemler değil, toplumsal hazırlık ve erken uyarı sistemleri de kritik önem taşımaktadır. Japonya'da tatbikat kültürünün yaygın olması, toplumsal hazırlık düzeyini artırmış ve tahliye süreçlerinin düzenli işlemesine katkı sağlamıştır (Shaw & Takeuchi, 2012). ABD'de, San Francisco Körfez Bölgesi için geliştirilen "Bay Area Earthquake Readiness Plan" kapsamında erken uyarı sistemi (ShakeAlert), altyapı senaryo analizleri ve toplum temelli hazırlık programları entegre edilerek afet yönetimi bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır (Allen vd., 2024).

Öte yandan, kurumsal kapasitenin ve dijitalleşmenin güçlendirilmesi de afet risk yönetiminde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bangladeş'in Dünya Bankası destekli Kentsel Dayanıklılık Projesi, Dakka ve Sylhet kentlerinde yapı envanteri, dijital ruhsat sistemleri ve acil müdahale merkezleri aracılığıyla afet yönetimini dijitalleştirmiştir (GFDRR, 2017). Proje sonunda 85 belediyede acil müdahale kapasitesi artırılmış ve yaklaşık 15 milyon kişiyi kapsayan risk azaltma planları hazırlanmıştır (World Bank, 2024; GFDRR, 2021). Ancak bazı belediyelerde kurumsal kapasite yetersizliği ve teknik personel eksikliği, uygulamanın eşit düzeyde yaygınlaşmasını engellemiştir (World Bank, 2024).

Tüm bu örnekler, deprem risk azaltımının yalnızca teknik müdahalelere bağlı olmadığını; sosyal kabul, yerel kapasite, yönetişim yapıları ve sürekli finansman gibi unsurların birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir (Rezvani vd., 2023; GFDRR, 2023; World Vision, 2016). Merkezi veya kentsel düzeyde geliştirilen stratejiler, her zaman riskin yerel çeşitliliğine doğrudan yanıt verememekte; bu nedenle bölgesel ölçekte geliştirilen, zemin özellikleri, yapı yoğunluğu ve sosyoekonomik kırılganlık gibi faktörleri dikkate alan hedefli planlamalar öne çıkmaktadır (Hidayat vd., 2017; Rezvani vd., 2023).

Senaryo tabanlı analizlerin, detaylı mikro-bölgeleme çalışmalarının ve yerel karar alma süreçlerinin güçlendirilmesinin afet riskinin azaltılmasında temel bir rol oynadığı görülmektedir. Bu bağlamda, Türkiye özelinde öncelikli olarak Marmara, Ege ve Doğu Anadolu gibi yüksek sismik tehlike barındıran bölgelerde, aşağıdaki teknik ve kurumsal yaklaşımların geliştirilmesi stratejik önem taşımaktadır:

- **Gelişmiş Mikro-bölgeleme ve Zemin Analizleri:** Türkiye'nin aktif fay hatları üzerinde yer alan kentlerinde, mevcut jeolojik, jeoteknik ve sismolojik verilerin CBS tabanlı platformlarda entegre edilmesiyle, zemin büyütme etkileri ve sıvılaşma riski gibi parametrelerin mahalle ölçeğinde haritalanması gerekmektedir. Bu veriler, deprem senaryoları ile birleştirilerek yapı stokunun kırılganlık analizlerinin daha hassas biçimde yapılmasına olanak tanıyacaktır.
- **Yapısal Performans ve Risk Bazlı Güçlendirme:** Mevcut binaların sismik performans değerlendirmeleri, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve ilgili Avrupa normları çerçevesinde güncellenmeli; risk bazlı önceliklendirme ile kamu binaları, okullar ve hastanelerden başlayarak etap etap güçlendirme planları hayata geçirilmelidir. Özellikle Marmara Bölgesi'nde, yapısal değerlendirme ve güçlendirme süreçlerinin dijital izlenebilirliği için bir bilgi sistemi kurulmalıdır.
- **Senaryo Tabanlı Toplumsal Hazırlık ve Erken Uyarı Sistemleri:** Deprem anında tahliye, arama-kurtarma ve acil hizmetlerin koordinasyonunu iyileştirmek amacıyla, farklı büyüklük ve yerleşim tipleri için çoklu deprem senaryoları hazırlanmalı ve bu senaryolar toplumsal tatbikatlarla desteklenmelidir. Erken uyarı sistemlerinin kent içi altyapılar, kritik tesislerle entegrasyonu sağlanmalıdır.
- **Dijitalleşme ve Kurumsal Kapasite:** Türkiye'de belediyelerin afet yönetimi kapasitesi, dijital ruhsatlandırma, yapı envanteri oluşturma ve acil müdahale planları hazırlama süreçlerinde artırılmalıdır. Dijital ikiz uygulamaları ve açık veri altyapıları ile afet risk haritalarının tüm paydaşlarla paylaşılması, müdahale ve iyileştirme süreçlerinde koordinasyonu güçlendirecektir.
- **Sosyoekonomik Kırılganlık ve Finansal Sürdürülebilirlik:** Afet risk azaltımının sürdürülebilirliği için, sosyoekonomik göstergelerle ilişkili risk haritaları hazırlanmalı; düşük gelirli ve dezavantajlı grupların yaşadığı bölgelerde güçlendirme ve eğitim programlarına öncelik verilmelidir. Finansal açıdan, merkezi bütçeden ayrılan kaynakların yanı sıra, yerel yönetimlerin ve özel sektörün de sürece etkin katılımı teşvik edilmelidir.

2.2.2 Sel ve Taşkın

Sel ve taşkınlar, iklim değişikliğiyle birlikte sıklığı ve şiddeti artan, geniş alanları etkileyebilen ve ciddi ekonomik kayıplara yol açabilen afet türlerindendir. Özellikle düşük kotlu ve nehir-delta havzalarında yaşayan nüfuslar için yüksek risk oluşturan bu afetler, yalnızca fiziksel müdahalelerle değil; arazi kullanımı planlaması, doğa-temelli çözümler, kurumsal eşgüdüm ve toplumsal hazırlık gibi çok katmanlı yaklaşımlar yoluyla yönetilmektedir (UNDRR, 2022; IPCC, 2021).

Bu bağlamda, doğa-temelli çözümler ve arazi kullanımı planlamasının entegre edilmesi, pek çok ülkede öncelikli strateji olarak öne çıkmaktadır. Hollanda, 1953 Kuzey Denizi Taşkını felaketinden sonra başlattığı Delta Programı ve özellikle 2006–2015 arasında uyguladığı *Room for the River* programıyla, yalnızca baraj ve set gibi fiziksel savunma sistemlerine odaklanmak yerine, nehir kenarlarında güvenli taşkın alanları yaratmayı ve doğal taşkın rejimini yönlendirmeyi hedeflemiştir. Program kapsamında 30'dan fazla yerleşim yerinde tarım arazileri taşkın tampon bölgelerine dönüştürülmüş, nehir yatakları genişletilmiş ve taşkın suları kontrollü şekilde yönlendirilmiştir. Bu yaklaşım, ulusal hükümet, su yönetim birimleri, yerel yönetimler ve halkın katılımıyla şekillenen planlama süreçlerine dayanmış; böylece 4 milyondan fazla kişinin yaşadığı deltada taşkınların etkileri önemli ölçüde azaltılmıştır (Rijke vd., 2012; Rijkswaterstaat, 2015). Ancak, bazı bölgelerde tarımsal üretim kayıpları ve yerel mülkiyet çatışmaları gibi sosyoekonomik zorluklar yaşanması, doğa-temelli çözümlerin sosyal boyutlarının dikkatle yönetilmesi gerektiğini göstermiştir (Wolsink, 2016).

Benzer bir şekilde, mekânsal planlama ve arazi kullanımına odaklanan yaklaşımlar, Avustralya'da da öne çıkmaktadır. National Emergency Risk Assessment Guidelines (NERAG) çerçevesinde taşkın risk değerlendirmeleri yerel su havzalarına göre yapılmakta, buna bağlı olarak kentsel gelişim sınırları, yapı izin süreçleri ve tahliye planları güncellenmektedir (Australian Government, 2020). Ayrıca Managing the Floodplain adlı ulusal rehber, taşkın yataklarının yapılaşmaya kapatılmasını, kritik altyapıların su baskın alanlarının dışına taşınmasını ve yerel erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesini önermektedir. Ancak büyük şehirlerde artan nüfus baskısı ve arazi fiyatları, bu politikaların uygulanmasında sosyal ve ekonomik engeller yaratmaktadır (Australian Institute for Disaster Resilience, 2018).

Altyapı güçlendirme ve topluluk temelli müdahaleler, Kanada'da taşkın yönetiminin temelini oluşturmaktadır. 2023 tarihli Adaptation Action Plan kapsamında, kıyı bölgelerinde yükselen deniz seviyeleri ve ani yağış kaynaklı kentsel taşkınlara karşı uyum altyapısı güçlendirilmiş; yeşil altyapı uygulamaları (geçirgen yüzeyler, yağmur bahçeleri, su tutucu parklar), su baskını tahmin sistemleri ve bina düzeyinde koruyucu önlemler teşvik edilmiştir. Planın önemli bir parçası olan Disaster Mitigation and Adaptation Fund, yerel yönetimlere finansal ve teknik destek sağlayarak taşkın riskini azaltmaya yönelik projelerin uygulanabilirliğini artırmayı hedeflemiştir. Bu sayede pek çok belediyede önemli ilerleme kaydedilmiş, ancak bazı küçük yerleşimlerde finansal kısıtlar ve teknik personel eksikliği nedeniyle uygulama hızı düşük kalmıştır (Government of Canada, 2023).

Erken uyarı sistemleri ve kurumsal kapasitenin geliştirilmesi, küresel düzeyde öne çıkan bir diğer kritik stratejidir. Birleşmiş Milletler Afet Risk Azaltma Platformu (özellikle GAR 2019 ve GAR 2022 raporları), taşkınlara karşı en etkili stratejiler arasında düzenli taşkın risk haritalamasını, bu haritaların mekânsal planlama araçlarına entegre edilmesini ve yapılaşmaya yönelik yasal kısıtlamaların net

şekilde tanımlanmasını vurgulamaktadır. Ayrıca taşkın erken uyarı sistemlerinin mobil platformlar üzerinden yaygınlaştırılması, kırsal bölgelerde halkın bilgilendirilmesi ve topluluk temelli tahliye planlarının geliştirilmesi de ön plana çıkan başlıklardır. Bu yaklaşımlar, düşük maliyetli ve toplum katılımını artırıcı yönleriyle özellikle kaynak sınırlı bölgelerde uygulanabilir çözümler sunmaktadır.

Örneğin, Afrika Boynuzundaki ülkelerde, taşkınlar çoğunlukla kuraklık sonrası ani ve yoğun yağışlarla birlikte ortaya çıkmakta; bu durum gıda güvenliği krizlerini ve yerinden edilme risklerini ciddi şekilde artırmaktadır. GAR 2024 Special Report'a göre Somali, Kenya ve Etiyopya gibi ülkelerde taşkın dönemlerinde afet yönetim sistemlerinin yetersiz kalması, çoğunlukla acil müdahale kapasitesinin önceden planlanmaması ve kurumsal hazırlık eksikliğiyle ilişkilendirilmiştir. Bu bulgular, taşkın risk yönetiminin yalnızca mühendislik çözümlerine değil, aynı zamanda kurumsal yapıların güçlendirilmesine ve toplum temelli hazırlık süreçlerinin geliştirilmesine bağlı olduğunu göstermektedir.

Tüm bu örnekler bir arada değerlendirildiğinde, taşkın risk yönetiminin başarısı için çok katmanlı ve entegre bir yaklaşım gereklidir. Doğa-temelli çözümler, mekânsal planlama, altyapı güçlendirme, erken uyarı sistemleri ve kurumsal kapasite geliştirme, birbirini tamamlayan unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Özellikle iklim değişikliğinin etkileriyle birlikte taşkın risklerinin artması, bu bütüncül yaklaşımların her düzeyde (ulusal, bölgesel ve yerel) uyarlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Türkiye açısından sel ve taşkın riskinin yönetimi, coğrafi, iklimsel ve sosyoekonomik çeşitlilik nedeniyle çok katmanlı ve entegre yaklaşımları gerektirmektedir. Yukarıda özetlenen uluslararası iyi uygulamalardan hareketle, Türkiye'de uygulanabilecek stratejiler ve teknik öneriler, aşağıda detaylandırılmıştır:

- **Doğa-Temelli Çözümler ve Mekânsal Planlama Entegrasyonu:** Türkiye'de özellikle Karadeniz, Marmara ve Ege gibi taşkın riski yüksek havzaların yönetiminde, klasik mühendislik yapılarının ötesine geçilerek doğa-temelli çözümlerin arazi kullanım planlamasına sistematik entegrasyonu gereklidir. Hollanda'daki Room for the River programı örneğinde olduğu gibi, nehir taşkın yataklarının yapılaşmaya kapatılması, alüvyal ovalarda tarım dışı tampon bölgelerin (örneğin su tutucu çayır, bataklık ve sulak alanlar) oluşturulması, hem taşkın sularının kontrollü şekilde yayılmasını hem de ekosistem hizmetlerinin korunmasını sağlayacaktır. Yerleşim planlamasında "taşkın risk haritaları" zorunlu olarak kullanılmalı; yeni yerleşim alanları, kritik altyapılar ve ana ulaşım hatları bu haritalar çerçevesinde güvenli kotlara yönlendirilmelidir. Mevcut şehirlerde ise, taşkın tampon bölgelerinin oluşturulmasına yönelik imar revizyonları ve kentsel dönüşüm projeleri teşvik edilmelidir.
- **Yeşil Altyapının Geliştirilmesi ve Kentsel Entegrasyon:** Kanada'daki Adaptation Action Plan kapsamında uygulanan geçirgen yüzeyler, yağmur bahçeleri, su tutucu parklar ve yeşil koridorlar gibi yeşil altyapı önlemleri,

Türkiye'de özellikle hızla büyüyen kent merkezlerinde öncelikli olarak ele alınmalıdır. Belediyeler, altyapı yatırımlarını klasik kanalizasyon ve su tahliye sistemlerinin ötesine taşıyarak, taşkın sularının yerinde emilmesini, geciktirilmesini ve ekosistem döngüsüne dahil edilmesini destekleyen çözümleri yaygınlaştırmalıdır. Ayrıca, bina ölçeğinde su basman kotlarının yükseltilmesi, bodrum katlarında su geçirmezlik uygulamaları ve yağmur suyu toplama sistemlerinin yaygınlaştırılması, taşkınların kentsel zarara dönüşmesini azaltacaktır.

- **Erken Uyarı ve Tahliye Sistemlerinin Dijitalleşmesi:** Avustralya ve Kanada'da geliştirilen çok kanallı erken uyarı sistemleri örnek alınarak, Türkiye'de de AFAD tarafından yürütülen mevcut erken uyarı altyapısı dijital platformlar ile güçlendirilmelidir. Mobil uygulamalar, SMS tabanlı uyarı sistemleri, bölgesel siren ağları ve dijital ilan panoları bir arada çalışacak şekilde entegre edilmelidir. Kırsal topluluklarda halkın uyarı mesajlarını anlayıp hızlıca harekete geçebilmesi için, senaryo temelli tatbikatlar ve toplumsal bilgilendirme programları yaygınlaştırılmalıdır. Ayrıca, taşkın tahliye güzergâhlarının dijital haritalar üzerinden kolay erişilebilir hale getirilmesi, afet anında hızlı ve güvenli tahliyeyi destekleyecektir.
- **Çok Katmanlı Kurumsal Eşgüdüm ve Katılımcı Planlama:** Taşkın riskinin etkin yönetimi için, ulusal düzeyde DSİ, AFAD, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı başta olmak üzere tüm ilgili kurumlar arasında düzenli veri paylaşımı, ortak risk haritalandırması ve bütüncül afet yönetimi politikalarının geliştirilmesi şarttır. Yerel yönetimlerin planlama süreçlerine aktif biçimde dahil edilmesi, bölgesel su birlikleri ve halk temsilcileriyle katılımcı istişare mekanizmalarının kurulması, uygulama başarısını artıracaktır.
- **Sosyoekonomik Boyutların ve Arazi Kullanım Çatışmalarının Yönetimi:** Doğa-temelli çözümler ve taşkın tampon bölgelerinin hayata geçirilmesinde, mülkiyet hakları, tarımsal geçim ve arazi değerleri ile ilgili çatışmalar yaşanma olasılığı yüksektir. Bu nedenle, Hollanda ve Avustralya örneklerinde olduğu gibi, mülkiyet sahiplerine arazi takası, mali tazminat ve yeniden yerleşim desteği gibi sosyal politikalar geliştirilmelidir. Toplumsal katılımı artırmak için, risk iletişimi ve eğitim kampanyaları düzenli olarak sürdürülmeli; afet sonrası rehabilitasyon süreçlerinde yerel nüfusun görüşleri ve talepleri dikkate alınmalıdır.
- **Bilgi Altyapısı ve Risk Haritalamasının Güçlendirilmesi:** Taşkın risklerine ilişkin verilerin güncellenmesi, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı taşkın risk haritalarının hazırlanması ve bu haritaların imar planlarına doğrudan entegre edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, taşkın senaryolarına dayalı etki ve zarar analizleri, yerleşim bazında önceliklendirme çalışmalarında temel referans olmalıdır. Üniversiteler ve araştırma kurumları ile iş birliği artırılarak, iklim değişikliği projeksiyonları ile uyumlu yeni nesil risk modellemeleri yapılmalıdır.

- **Kırsal Toplulukların ve Kıyı Kentlerinin Kapasite Gelişimi:** Türkiye'de kıyı ve nehir deltalarında bulunan kırsal yerleşimlerin afetlere karşı direncini artıracak özel programlar uygulanmalıdır. "Yüksek Alanlara Kaçış" stratejisi kapsamında, kıyı kentlerinde güvenli tahliye güzergâhları, işaretleme ve toplu toplanma alanları oluşturulmalı; yerel afet gönüllüleri eğitilmeli ve müdahale kapasitesi güçlendirilmelidir.

Sonuçta, Türkiye'de taşkın riskinin azaltılmasında, doğa-temelli çözümler, mekânsal planlama, yeşil altyapı, dijital erken uyarı sistemleri, çok katmanlı kurumsal eşgüdüm ve toplumsal katılım birbirini tamamlayan temel unsurlardır. Hollanda, Kanada ve Avustralya örneklerinde görülen teknik ve yönetsel başarılar, Türkiye'nin iklim değişikliğiyle artan afet risklerine karşı dirençli hale gelmesinde yol gösterici olabilir. Ancak, ekonomik kaynaklar, yerel kapasite ve toplumsal hassasiyetler dikkate alınarak, esnek ve adil uygulama araçları geliştirilmelidir.

2.2.3 Heyelan ve Kaya Düşmeleri

Heyelan ve kaya düşmeleri, özellikle topografik eğimin yüksek olduğu, yoğun yağış alan ve jeolojik olarak zayıf zemin yapısına sahip bölgelerde en sık görülen ve en yıkıcı etkileri olan yer kaynaklı afetler arasında yer almaktadır. İklim değişikliğiyle birlikte artan aşırı yağışlar, kontrolsüz arazi kullanımı, ormansızlaşma ve yoğun yapılaşma gibi etkenler bu olayların sıklığını ve şiddetini önemli ölçüde artırmaktadır (GAR, 2022).

Bu afet türüne yönelik müdahalelerde erken uyarı sistemleri, izleme teknolojileri ve arazi kullanım planlaması bir arada yürütülen çok katmanlı stratejiler büyük önem taşımaktadır. Japonya, bu alanda dünyanın en gelişmiş uygulamalarından bazılarını geliştirmiştir. Ülkenin %70'inden fazlasının dağlık ve eğimli arazilerden oluşması nedeniyle, 1960'lardan itibaren ulusal düzeyde kapsamlı şev stabilizasyon projeleri ve heyelan izleme sistemleri kurulmuştur (Cabinet Office Japan, 2021; MLIT Japan, 2020). Özellikle Kyoto ve Kumamoto bölgelerinde uygulanan entegre erken uyarı sistemleri ve drenaj altyapı projeleri sayesinde, 2018 Batı Japonya sel ve heyelan afetinde birçok yerleşim alanında erken tahliye sağlanarak can kayıpları azaltılmıştır (MLIT Japan, 2020). Ancak kırsal bölgelerde nüfus azalması ve kaynak yetersizliği nedeniyle bazı uygulamalarda gecikmeler yaşanmış; bu da yerel kapasite ve bakım sürekliliğinin kritik önemini ortaya koymuştur (Cabinet Office Japan, 2019).

Benzer bir yaklaşıma sahip olan Norveç, özellikle batı kıyısındaki dik yamaçlarda sıkça görülen kaya düşmeleri ve heyelanlara karşı gelişmiş izleme ve uyarı teknolojileriyle dikkat çekmektedir. Åkneset kayma bölgesinde kurulan akıllı sensör ağları ve radar sistemleri, kaya kütlesinin hareket hızını anlık izleyerek bölge halkına zamanında tahliye imkânı sunmaktadır (NVE, 2020; Hermanns vd., 2013). Bu sistemler afet yönetimi süreçlerini güçlendirmiş; ancak zorlu coğrafya ve hava koşulları bazı bölgelerde müdahale planlarının sürdürülebilirliğini kısıtlamıştır.

İsviçre'de ise Alpler bölgesindeki yüksek riskli yerleşimler için ulusal ölçekte geliştirilmiş kapsamlı bir "kütle hareketleri risk yönetimi stratejisi" bulunmaktadır. Federal düzeyde yürütülen Prevention of Natural Hazards (PLANAT) platformu aracılığıyla tehlike haritaları, şev izleme sistemleri ve arazi kullanım düzenlemeleri entegre biçimde uygulanmaktadır (PLANAT, 2018; BAFU, 2019). Yerel yönetimler ve federal otoriteler arasında kurulan güçlü koordinasyon mekanizmaları sayesinde, yüksek riskli bölgelerde inşa faaliyetleri ciddi şekilde kısıtlanmış; kritik bölgelerde taşınma ve yeniden yerleşim politikaları devreye sokulmuştur. İsviçre örneği, kütle hareketlerine karşı çok katmanlı yönetişim modellerinin ve mühendislik çözümlerinin bütüncül bir şekilde bir araya getirilmesinin önemini göstermektedir.

İtalya'da ise Alpler ve Apenin Dağları boyunca yerleşim alanları, kütle hareketlerine oldukça hassastır. Trentino-Alto Adige ve Liguria bölgelerinde yürütülen mikro-bölgeleme ve jeoteknik haritalama çalışmaları, risk temelli imar planlarının geliştirilmesine imkân tanımıştır (JRC, 2021). Özellikle 1994 Piemonte afetinden sonra başlatılan "Piano Straordinario di Assetto Idrogeologico" (PAI) kapsamında, şev stabilizasyon projeleri ve arazi kullanım kısıtlamaları sistematik bir yaklaşımla entegre edilmiştir. Bu önlemler, sonraki afetlerde can ve mal kayıplarının önemli ölçüde azalmasını sağlamış; ancak küçük ölçekli belediyelerde uygulamaların gecikmesi, teknik kapasite eksikliği ve yerel düzeyde yasal süreçlerin zayıflığını ortaya koymuştur (JRC, 2021).

Tüm bu örnekler bir arada değerlendirildiğinde, kütle hareketlerine karşı etkili müdahalenin yalnızca mühendislik çözümleriyle sınırlı kalmadığı; erken uyarı sistemleri, izleme altyapıları, sosyal kabul, sürekli bakım ve yerel kapasite geliştirme çalışmalarının entegre bir yaklaşımla birlikte yürütülmesinin gerekli olduğu görülmektedir. Ayrıca doğa-temelli çözümler (örneğin bitki örtüsünün korunması, doğal drenaj sistemlerinin oluşturulması) ve arazi kullanım kısıtlamalarının entegrasyonu, uzun vadeli risk azaltma stratejilerinin başarısını güçlendirmektedir.

Türkiye'de de Karadeniz, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde, özellikle Zonguldak, Trabzon, Rize, Artvin, Bursa ve Antalya gibi illerde topografik eğimin yüksek olması, yoğun yağış rejimi, jeolojik zemin zayıflıkları ve kontrolsüz yerleşim nedeniyle heyelan ve kaya düşmeleri sık görülen afet türleri arasındadır. İklim değişikliği etkisiyle son yıllarda artan aşırı yağış olayları, mevcut riskin frekans ve şiddet bakımından yükselmesine yol açmakta; bu durum MARAP çalışma alanı içindeki eğimli ve stabilize edilmemiş bölgelerde de kritik bir risk bileşeni oluşturmaktadır.

Türkiye'de kütle hareketlerine karşı bugüne kadar daha çok mühendislik temelli yaklaşımlar (örneğin beton perde duvarlar, istinat sistemleri) tercih edilmiş; ancak erken uyarı sistemleri, uzaktan izleme teknolojileri ve doğa-temelli çözümlerin entegre biçimde yaygınlaştırılması henüz sınırlı düzeydedir. Japonya ve Norveç örneklerinde olduğu gibi şev hareket hızını ölçen radarlar, eğim sensörleri ve gerçek zamanlı telemetri sistemleri, Türkiye'de yalnızca bazı kritik maden ocakları ve

karayolu güzergahlarında dar kapsamlı projeler şeklinde uygulanmıştır. Oysa MARAP kapsamında, Marmara Bölgesi'nde OSB'ler, lojistik koridorlar ve yerleşim alanlarının yer aldığı eğimli yamaçlarda, bu tür sürekli izleme ve uyarı teknolojilerinin CBS tabanlı risk modelleriyle entegre edilmesi, modern risk yönetimi yaklaşımının temel unsurlarından biri olarak öne çıkmaktadır.

Ayrıca İsviçre ve İtalya örneklerinde olduğu gibi risk temelli imar planları ve mikro-bölgeleme çalışmaları, Türkiye'de genelde yalnızca büyükşehir planlamalarında gündeme gelmekte; küçük ve orta ölçekli belediyelerde uygulama sıklığı oldukça düşüktür. Bu durum, yerel teknik kapasite eksiklikleri ve mülkiyet bazlı plan onay süreçlerindeki karmaşıklıklarla doğrudan ilişkilidir. Oysa MARAP yaklaşımı, Marmara ölçeğinde hazırlanacak mekânsal kırılganlık haritaları ve risk temelli kullanım senaryoları ile bu eksikliği gidermeye yönelik önemli bir araç sunmaktadır. Bu kapsamda, şev stabilizasyon projelerinin yanında orman örtüsünün güçlendirilmesi, doğal drenaj hatlarının korunması ve kritik eğim zonlarında yeni yapılaşmanın kısıtlanması, uzun vadeli bir adaptasyon stratejisi olarak değerlendirilmelidir.

Tüm bu çıkarımlar, Türkiye'de heyelan ve kaya düşmesi risklerinin yönetiminde sadece mühendislik müdahalelerinin değil, erken uyarı ve izleme altyapıları, sosyal kabul ve sürekli bakım stratejileri ile yerel kapasite geliştirme çalışmalarının entegre biçimde tasarlanmasının zorunlu olduğunu ortaya koymaktadır. Böylece MARAP gibi programlar, uluslararası iyi uygulamaların rehberliğinde, Türkiye'nin yerel ihtiyaçlarına ve kurumsal yapısına uyarlanmış mekânsal risk yönetimi modellerini geliştirme potansiyeline sahiptir.

2.2.4 Kuraklık ve İklim Kaynaklı Riskler

Kuraklık ve aşırı sıcaklık dalgaları, kademeli gelişmesine rağmen tarımsal üretim, su kaynakları, halk sağlığı ve ekonomik sürdürülebilirlik üzerinde uzun vadeli yıkıcı etkiler yaratabilen afet türlerindendir. İklim değişikliğinin etkisiyle bu afetlerin sıklığı ve şiddeti artarken, kırsal alanların yanı sıra kentsel merkezlerde de su kıtlığı, enerji kesintileri ve sağlık krizleri gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle birçok ülke, bölgesel ölçekte veri temelli, çok katmanlı ve kapsayıcı risk azaltma stratejileri geliştirmiştir (GAR, 2022).

Bu bağlamda, erken uyarı sistemleri, topluluk temelli müdahaleler ve kurumsal kapasite geliştirme ön plana çıkan temel yaklaşımlardır. Kenya, 2011'de yaşanan ağır kuraklık krizinden sonra kurduğu Ulusal Kuraklık Yönetim Kurumu (NDMA) aracılığıyla 23 kurak ve yarı-kurak bölgede erken uyarı, ön finansman sağlama ve sosyal koruma mekanizmalarını içeren kapsamlı bir program başlatmıştır. Sürekli izlenen kuraklık göstergelerine dayalı ön uyarılar sayesinde açlık krizlerinin ve büyük ölçekli yerinden edilmelerin önüne geçilmiş, böylece topluluk dayanıklılığı artmıştır. Ancak, kırsal bölgelerdeki altyapı eksikliği ve finansman sınırlılıkları, müdahalelerin her bölgede eş zamanlı ve yaygın uygulanmasını zorlaştırarak planın kapsayıcılığını sınırlamıştır (NDMA, 2015; World Bank, 2020).

Kentsel ölçekte geliştirilen bir başka başarılı örnek, Hindistan'ın Ahmedabad kentinde 2010'daki ölümcül sıcak hava dalgası sonrasında hayata geçirilen Isı Eylem Planıdır. Plan kapsamında oluşturulan renk kodlu erken uyarı sistemleri, serinleme merkezlerinin kurulması, su dağıtımı ve sağlık personelinin eğitimi gibi önlemler, sıcaklığa bağlı ölümleri ilk iki yılda %27 oranında azaltmış; bu başarının ardından Hindistan genelinde 100'den fazla şehir benzer planları uygulamaya başlamıştır (Knowlton vd., 2014; NRDC, 2015). Ancak düşük gelirli bölgelerdeki altyapı eksiklikleri ve sosyal hizmetlere erişimdeki zorluklar, planın tüm toplumsal kesimlerde eşit düzeyde etki yaratmasını engellemiştir.

Öte yandan, Kanada 2023 Ulusal Uyum Eylem Planı ile kuraklık ve sıcak hava dalgalarına karşı çok düzeyli ve bölgesel odaklı bir yaklaşım benimsemiştir. Yerel yönetimlerin kapasitelerinin artırılması, enerji ve su altyapısının iklim risklerine karşı dirençli hale getirilmesi, tarımda kuraklığa dayanıklı türlerin teşviki ve yeşil altyapı yatırımları gibi önlemler, tarımsal üretkenliğin korunması ve kamu sağlığı krizlerinin önlenmesinde önemli katkılar sağlamıştır (Government of Canada, 2023; UNDRR, 2022). Ancak özellikle kuzey bölgelerde lojistik engeller, uzun mesafeler ve sınırlı yerel kaynaklar, uygulamaların eş zamanlı ve hızlı bir şekilde yürütülmesini engellemiştir.

Tüm bu örnekler, kuraklık ve sıcak hava dalgaları gibi "yavaş gelişen" afetlerde, yalnızca teknik altyapının veya erken müdahalenin yeterli olmadığını; sosyal katılım, veri temelli yönetim, finansal sürdürülebilirlik ve kapsayıcı planlamanın birlikte ele alınması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Kenya örneği, topluluk temelli müdahalenin başarı potansiyelini gözler önüne sererken; Ahmedabad planı hızlı ve somut sağlık çıktıları sağlamış, Kanada'nın yaklaşımı ise teknik ve kurumsal entegrasyonun uzun vadeli başarıya katkısını kanıtlamıştır. Ancak bu başarılar, yerel kapasitelerin güçlendirilmesi, eşitsizliklerin giderilmesi ve sürekli finansal destek gibi unsurların da vazgeçilmez olduğunu vurgulamaktadır.

Türkiye, iklim değişikliğinin hızlanan etkileriyle birlikte kuraklık ve aşırı sıcaklık dalgalarının daha sık ve yoğun yaşandığı bir ülke konumuna gelmektedir. Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Ege iç kesimleri başta olmak üzere pek çok bölgede tarımsal üretimde verim kayıpları, içme suyu ve sulama kaynaklarında hacimsel düşüş, kentsel alanlarda ise su arz güvenliği, enerji taleplerinin pik yapması ve ısıya bağlı sağlık problemleri gözlemlenmektedir. Marmara Bölgesi gibi görece daha nemli kabul edilen alanlarda bile nüfus yoğunluğu, sanayi baskısı ve şehir ısı adası etkisi ile iklim kaynaklı risklerin giderek daha karmaşık bir görünüm aldığı açıktır.

Kenya örneğinde olduğu gibi topluluk temelli kuraklık yönetimi, Türkiye'de halen yeterince gelişmiş bir yaklaşım değildir. Tarım ve Orman Bakanlığı ile AFAD'ın kuraklık eylem planları, ağırlıklı olarak hidrolojik göstergelere dayalı izleme ve mühendislik temelli arz yönetimi çözümleri içermekte; ancak sosyal koruma mekanizmaları ve ön finansman modelleri (ör. Kenya'nın NDMA kapsamında

uyguladığı açlık-öncesi nakit transferleri, hayvan yem desteği) oldukça sınırlıdır. Bu durum özellikle Türkiye'nin kurak ve yarı-kurak bölgelerinde kırsal nüfusun kırılganlığını artırmakta, küçük üreticilerin sürdürülebilir geçim stratejileri geliştirmesini zorlaştırmaktadır.

Öte yandan Hindistan'ın Ahmedabad kentinde uygulanan Isı Eylem Planı, Türkiye'de özellikle büyükşehir düzeyinde hızla adapte edilebilecek örnekler sunmaktadır. Türkiye'de birçok belediye ısı adası haritaları ve afet risk azaltma stratejileri hazırlamış olsa da bunlar çoğu zaman sistematik bir erken uyarı sistemi, sosyal hizmetler ve sağlık altyapısı entegrasyonu ile desteklenmemektedir. Oysa Ahmedabad'daki gibi renk kodlu uyarılar, serinleme merkezleri, su dağıtımı ve sağlık personelinin ısıya bağlı vakalara hazırlıklı hale getirilmesi, İstanbul, Bursa, Kocaeli gibi MARAP kapsamındaki metropollerde doğrudan uygulanabilecek niteliktedir.

Kanada örneği ise çok düzeyli ve bölgesel odaklı uyum stratejisinin Türkiye için uzun vadeli model olabileceğini göstermektedir. Türkiye'de halen belediyeler ile merkezi kurumlar arasında iklim risklerine karşı koordinasyon mekanizmaları zayıftır; enerji ve su altyapısında "iklim dayanıklılığı" yaklaşımı ise çoğunlukla pilot projelerle sınırlıdır. MARAP benzeri bölgesel programlar, Marmara ölçeğinde su stres haritaları, sektörel etkilenebilirlik analizleri ve kritik altyapı uyum projeksiyonları geliştirerek Kanada örneğindeki gibi teknik entegrasyon ve yerel kapasiteyi aynı anda güçlendirebilir.

Sonuç olarak, Türkiye'nin kuraklık ve sıcak dalga risk yönetiminde sadece teknik altyapıya (baraj, içme suyu hattı vb.) yatırım yapmanın yeterli olmadığı, bunun yerine topluluk temelli katılım, erken uyarı-alarm protokolleri, sosyal koruma sistemleri, kent sağlığı odaklı hizmetler ve çok düzeyli yönetişim yapılarını birlikte ele alması gerektiği açıktır. MARAP yaklaşımı bu çerçevede, kuraklık ve iklim kaynaklı risklerin Marmara özelinde mekânsal kırılganlık haritalarına, sektörel etki matrislerine ve sosyal dayanıklılık programlarına dönüştürülmesi için güçlü bir model sunmaktadır. Bu aynı zamanda Türkiye'nin SDG-13 (İklim Eylemi) ve Sendai Çerçevesi hedefleriyle de doğrudan uyumlu bir stratejik bakış sağlamaktadır.

2.2.5 Yangınlar ve Teknolojik Kazalar

Yangınlar ve teknolojik kazalar, hem doğal (ör. orman yangınları) hem de insan kaynaklı (ör. endüstriyel sızıntılar, enerji altyapısı yangınları) nedenlerle ortaya çıkabilen ve hem can kaybına hem de ciddi çevresel ve ekonomik zararlara yol açabilen afet türlerindendir. İklim değişikliğinin etkisiyle artan sıcaklıklar, kuraklık ve aşırı hava olayları yangın riskini artırırken; artan sanayileşme ve kentleşme, teknolojik kaza olasılığını da yükseltmektedir. Bu nedenle, risk azaltma stratejileri yalnızca yangınla mücadele altyapısını değil, aynı zamanda arazi kullanım planlamasını, bina standartlarını, toplum katılımını ve ileri teknoloji tabanlı erken uyarı sistemlerini içeren çok katmanlı bir yaklaşım gerektirmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde yangın yönetimi, ulusal düzeyde yasa ve stratejilere dayanmaktadır. 2000 yılında kabul edilen Disaster Mitigation Act, eyalet

ve yerel yönetimlerin risk azaltma planları hazırlamasını zorunlu kılmış, federal destekli projelere ön koşul oluşturmuştur. Özellikle Firewise USA programı, yangın riski altındaki bölgelerde topluluk temelli önlemleri (ör. yanıcı bitki örtüsünün azaltılması, yangına dayanıklı malzeme kullanımı, tahliye planlarının hazırlanması) yaygınlaştırmış; 2023 itibarıyla 2.200'den fazla yerleşim bu programda aktif hale gelmiştir (National Fire Protection Association [NFPA], 2023). Kaliforniya'da 2008 sonrası getirilen yangına dayanıklı yapı yönetmeliklerinin etkisi, 2018 Camp Fire yangını sonrasında açıkça görülmüş; yeni yönetmeliğe uygun yapıların %51'i hasarsız kalırken, eski yapıların yalnızca %18'i ayakta kalabilmiştir. Ayrıca, National Mitigation Framework ve National Response Framework gibi ulusal belgelerde, yangın öncesi alınan yapısal önlemlerin her 1 dolarlık yatırım karşılığında yaklaşık 6 dolarlık ekonomik kaybı engellediği belirtilmiştir (FEMA, 2020; IBHS, 2019). Yangın yönetiminde sistem temelli çözümler ise giderek daha kritik hale gelmiştir. ABD'de FireGuard programı, NASA ve US Forest Service iş birliğiyle uydu ve hava gözetleme verilerini bütünleştiren bir erken uyarı sistemidir (Aerospace Industries Association, 2023). Yangın yayılımı gerçek zamanlı modellenerek, müdahale ekiplerinin konuşlanması ve tahliye kararlarının daha etkin alınması sağlanmıştır. Ancak düşük gelirli bölgelerdeki yetersiz altyapı ve sınırlı tahliye kapasitesi, bu teknolojik çözümlerin etkinliğini sınırlamaktadır. Benzer şekilde, Avustralya'da Sentinel uydu tabanlı izleme sistemi ve topluma açık MyFireWatch platformu, yangın sıcak noktalarını anlık tespit ederek halkı ve müdahale ekiplerini bilgilendirmektedir (Landgate, 2023). Bu yaklaşım, tahliyeleri hızlandırarak can kaybını önemli ölçüde azaltmış; ancak kırsal bölgelerde altyapı eksiklikleri ve bağlantı sorunları nedeniyle bazı alanlarda müdahaleler yavaş kalmıştır.

Teknolojik kazalar kapsamında, Güney Kore 2012'de Gumi'de yaşanan kimyasal sızıntı sonrasında Chemical Emergency Management System (CEMS) adlı bölgesel erken uyarı sistemini kurmuştur. Bu sistem, akıllı sensörler ve otomatik alarm mekanizmalarıyla tehlikeli kimyasal sızıntıları anında tespit etmekte, yerel yönetim ve halkı bilgilendirerek hızlı tahliye imkânı sunmaktadır. Sistem, ciddi sağlık risklerini azaltmada etkili olmuş; ancak küçük sanayi tesislerinde maliyet ve bakım yükü nedeniyle sınırlı uygulanabilmiş, bu da kapsayıcılığı azaltan bir unsur olarak ortaya çıkmıştır (Oh vd., 2016; Kim & Jung, 2018). Bu bağlamda, heyelan bölümünde örneği verilen Norveç'teki akıllı radar ve sensör tabanlı izleme sistemleri, teknolojik kazalar için de ilham kaynağı oluşturarak erken uyarı ve anlık müdahale süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır. Ancak bu teknolojik çözümler, yüksek kurulum ve bakım maliyetleri ile birlikte uzman gereksinimi nedeniyle her bölgede yaygınlaştırılamamaktadır.

Yangınlar ve teknolojik kazalara karşı geliştirilen bu sistem temelli yaklaşımlar, risk azaltma politikalarının sahaya yansıyan en somut örneklerini temsil etmektedir. Gerçek zamanlı veri toplama, hızlı müdahale ve halkla anlık iletişim gibi unsurlar sayesinde birçok bölgede can kaybı ve ekonomik zararlar önemli ölçüde azaltılmıştır. Bununla birlikte, bölgesel eşitsizlikler, teknik altyapı yetersizlikleri ve

yüksek işletme maliyetleri, bu başarıyı sınırlayan başlıca sorunlar olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, yalnızca ileri teknolojilere değil, aynı zamanda toplumsal farkındalık artırma, yerel kapasite geliştirme ve uzun vadeli finansal sürdürülebilirliğin bütüncül biçimde ele alınması büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'de hem iklim değişikliğine bağlı uzun süreli kuraklık ve sıcak hava dalgalarının artışı, hem de kentleşme ve sanayileşme dinamiklerinin yoğunlaşması, yangınlar ve teknolojik kazaları giderek daha karmaşık bir risk profiline dönüştürmektedir. Marmara Bölgesi özelinde ise, yoğun yerleşim, organize sanayi bölgeleri (OSB), liman ve petrokimya tesislerinin yanı sıra orman varlığının da bölgesel düzeyde geniş alan kaplaması, bu iki afet tipinin aynı coğrafyada kesişmesine yol açmakta; dolayısıyla MARAP kapsamında yangın ve teknolojik kazalar birbirini tetikleyen senaryolar (ör. endüstriyel patlamanın orman yangınına yol açması) şeklinde ele alınmaktadır.

ABD ve Avustralya örneklerinde görülen uydu ve sensör tabanlı yangın izleme sistemleri, Türkiye'de henüz sınırlı ölçekli uygulamalarla sınırlıdır. Türkiye'de yangın yönetimi genellikle ormancılık temelli müdahalelere (ör. havadan söndürme uçakları, kara ekipleri) odaklanmış; ancak yangına dayanıklı kentsel tasarım, bina standartlarının zorunlu hale getirilmesi ve topluluk temelli Firewise benzeri programlar henüz geniş ölçekte geliştirilememiştir. Oysa ABD'de Kaliforniya'da 2008 sonrası getirilen yangına dayanıklı yapı yönetmeliklerinin 2018 Camp Fire sonrası sağladığı başarı (yeni yönetmeliğe uygun yapıların %51'inin hasarsız kalması), Türkiye'de orman-kent ara kesitlerinde (ör. Bursa Mudanya, Balıkesir Edremit, İstanbul Şile çevresi) benzer mekânsal planlama ve yapı standartları getirilmesi gerektiğini güçlü şekilde ortaya koymaktadır.

Teknolojik kazalar açısından ise Türkiye, Seveso / BEKRA uyum süreçleri ile büyük endüstriyel kaza senaryolarının yasal bildirimini sağlamış olsa da akıllı sensör tabanlı sızıntı-alarm sistemleri (ör. Güney Kore'deki CEMS) yalnızca büyük ölçekli tesislerin iç süreçlerine bırakılmıştır. Oysa MARAP kapsamında Marmara'daki yüksek riskli OSB ve enerji terminallerinde, bu sistemlerin CBS tabanlı maruziyet haritaları ile entegre edilerek yerel yönetim uyarı ve tahliye protokollerine bağlanması, Güney Kore'nin Gumi'de yaşanan deneyiminden çıkarılacak en önemli derslerdendir. Ayrıca Norveç'teki akıllı radar ve sensör ağlarının heyelanlarla sınırlı kalmayıp endüstriyel proses riskleri için de örnek alınarak, Marmara'da büyük sanayi kümelerinde (ör. Kocaeli Körfez hattı, Tekirdağ Ergene OSB) domino etkisi izleme altyapısına dönüştürülmesi mümkündür. Ancak ABD ve Güney Kore örneklerinde görüldüğü gibi yüksek teknolojili erken uyarı sistemleri, Türkiye'de özellikle küçük ölçekli OSB ve kırsala yakın yerleşimlerde yüksek kurulum ve işletme maliyetleri, uzman eksikliği ve bakım sürekliliği sorunları nedeniyle geniş çaplı uygulama zorluklarıyla karşılaşacaktır. Dolayısıyla MARAP yaklaşımı bu teknolojileri sadece teknik donanım olarak değil, aynı zamanda toplumsal farkındalık, yerel acil durum kapasitesinin artırılması ve finansal sürdürülebilirlik ile birlikte entegre bir modelde ele almalıdır.

2.2.6 Kentsel Afetler ve Sistemik Riskler

Hızlı kentleşme, nüfus yoğunluğu, plansız yapılaşma ve altyapı yetersizlikleri, kentleri çoklu afet risklerine karşı savunmasız hale getirmekte ve afetlerin etkisini sistemik düzeyde artırmaktadır. Kentsel alanlarda meydana gelen afetler, genellikle birden fazla sektörü (barınma, ulaşım, sağlık, enerji, iletişim vb.) aynı anda etkileyerek zincirleme krizlere neden olur. Bu nedenle kentsel afet risk azaltma planları, sadece belirli bir tehlikeye yönelik müdahalelerle sınırlı kalmamakta; bütünleşik, çok disiplinli ve çok aktörlü bir yönetişim yaklaşımını zorunlu kılmaktadır. Sendai Çerçevesi ve 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi doğrultusunda, birçok ülke afet risk azaltma planlarında kentsel dayanıklılığı merkezine alan özel bileşenler geliştirmiştir.

Bu bağlamda altyapı direncinin artırılması, kurumsal koordinasyonun güçlendirilmesi ve sosyal kapsayıcılığın sağlanması, öne çıkan temel stratejiler arasında yer almaktadır. Bangladeş'te, Dünya Bankası ve GFDRR desteğiyle 2015 yılında başlatılan Kentsel Dayanıklılık Projesi, kentsel afetlere karşı geliştirilen çok sektörlü risk azaltma planlarına başarılı bir örnektir. Başkent Dakka ve Sylhet gibi büyükşehirlerde, mevcut yapı stoğunun ve kritik altyapının risk değerlendirmesi yapılmış; acil müdahale kapasitesini artırmak için Acil Durum Operasyon Merkezleri ve iletişim sistemleri kurulmuştur. Ayrıca dijital inşaat ruhsatı sistemiyle yeni yapıların güvenliği artırılmış, risk değerlendirme verileri kent planlamasına entegre edilmiştir. Bu kapsamlı yaklaşımlar sonucunda yaklaşık 15 milyon kent sakini için kurumsal kapasite güçlendirilmiştir. Projenin yerel düzeyde yapı denetimi, veri temelli mekânsal analiz ve acil durum hazırlığı gibi bileşenleri içermesi, bütünleşik bir çerçeve sunmuştur.

Kanada'nın 2023 tarihli Adaptation Action Plan belgesi de kentsel afet risk azaltımını “altyapı direnci”, “toplum sağlığı” ve “ekonomik dayanıklılık” temaları altında bütüncül biçimde ele almıştır. Plan kapsamında; sel, sıcak hava dalgaları ve ani hava olayları gibi çoklu tehlikelere karşı kentsel su yönetimi altyapısının yeniden tasarımı, afet durumlarında kritik hizmetlerin kesintisiz sürdürülmesi ve mahalle ölçekli dayanıklılık stratejileri öne çıkmaktadır. Ayrıca, sosyal eşitsizliklerin azaltılması ve kırılgan grupların korunması için özel politikalar da risk azaltma planlarına entegre edilmiştir (Government of Canada, 2023).

UNDRR’nin GAR 2022 raporu ise, kentlerin karşı karşıya olduğu afet risklerinin giderek sistemik bir nitelik kazandığını vurgulamaktadır. Raporda; altyapı bağımlılıkları, sosyal eşitsizlikler, plansız gelişme alanları ve iklim değişikliğine uyum kapasitesinin eksikliği gibi faktörlerin bir araya gelerek çok boyutlu ve birbirine bağlı kırılganlıklar yarattığı belirtilmiştir. Sistemik risklere karşı geliştirilen planlarda, yalnızca fiziksel savunma sistemlerinin değil, kurumsal koordinasyon mekanizmalarının, veri yönetim sistemlerinin ve topluluk temelli dayanıklılık yaklaşımlarının da kritik bileşenler olduğu ifade edilmiştir.

Benzer şekilde, C40 Deadline 2020 raporunda, kent düzeyinde afet risk azaltımının enerji altyapısı, ulaşım sistemleri ve inşaat sektöründeki emisyon azaltımı hedefleriyle entegre edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Rapora göre özellikle karbon yoğun kent alanlarında, düşük maliyetli ve topluma entegre risk azaltma uygulamaları (örneğin yeşil altyapı, gölgeleme sistemleri, iklim dirençli binalar) önerilmektedir. Bu stratejiler hem afet riskini azaltmakta hem de uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmaktadır.

Son olarak, UNDRR'nin *How to Reduce Risk* başlıklı rehber dokümanında da kentlerin afet risklerini azaltabilmesi için yerel yönetimlerin mekânsal planlamayı, afet senaryoları ile eş zamanlı yürütecek çok aktörlü risk platformları kurması gerektiği belirtilmektedir. Bu çerçevede, toplum temelli risk analizlerinin, mahalle ölçeğinde uygulanabilir tahliye planlarının ve sürdürülebilir arazi kullanımı politikalarının planlama döngüsüne dahil edilmesi tavsiye edilmektedir (UNDRR, 2023; UNDRR, 2024).

Tüm bu örnekler birlikte değerlendirildiğinde, kentsel alanlarda afet risk azaltımının başarısı; altyapı güçlendirme, kurumsal eşgüdüm, sosyal kapsayıcılık ve sürdürülebilirlik ilkelerini bir arada ele alan, çok katmanlı ve bütüncül yaklaşımların uygulanmasına bağlıdır.

- Türkiye'de hızlı kentleşme, plansız genişleme alanları, sosyal-ekonomik eşitsizlikler ve altyapı yatırımlarındaki mekânsal dengesizlikler, kentsel alanlarda çoklu afet risklerinin sistemik etkilerini artıran başlıca unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Marmara Bölgesi hem yüksek nüfus yoğunluğu hem de kritik lojistik, sanayi ve enerji altyapısının yoğunlaştığı bir bölge olması nedeniyle birden fazla sektörün eş zamanlı etkilenebileceği kümülatif afet risklerine açık bir profil çizmektedir.
- MARAP kapsamında geliştirilen mekânsal kırılganlık modelleri, barınma, ulaşım, enerji ve sağlık gibi birden fazla sektörel bileşenin CBS tabanlı veri katmanlarıyla analiz edilmesini sağlamaktadır. Böylece yalnızca tekil bir tehlikeye (örneğin deprem veya taşkın) odaklanmak yerine, altyapı bağımlılıklarını, hizmet kesintisi zincirlerini ve sosyal kırılganlık kümelerini aynı anda ele alan sistemik risk yaklaşımlarının Marmara ölçeğinde operasyonelleştirilmesi mümkün olmaktadır.
- Bangladeş örneğinde olduğu gibi, yapı stoku ve kritik hizmet altyapısının risk bazlı değerlendirilmesi, Türkiye'de özellikle büyükşehir belediyelerinin yürüttüğü mikro-bölgeleme çalışmalarında kısmen yer bulmuş olsa da bu analizlerin acil müdahale kapasiteleriyle ve dijital ruhsatlandırma süreçleriyle entegre edilmesi halen sınırlıdır. Oysa Dakka ve Sylhet gibi kentlerde kurulan Acil Durum Operasyon Merkezleri (EOC) ve kent bilgi yönetim sistemleri, MARAP'ın Marmara özelindeki kriz lojistiği modellemesi ve OSB'ler ile yerleşim alanlarının tahliye senaryoları için doğrudan örnek teşkil etmektedir.
- Kanada'nın Adaptation Action Plan belgesinde yer alan "altyapı direnci, toplum sağlığı ve ekonomik dayanıklılık" temelli bütünleşik yaklaşım, Türkiye'nin

özellikle Marmara Bölgesi'nde su yönetimi, atık sistemleri, enerji hatları ve toplumsal hizmetler gibi kritik altyapı bileşenlerinde iklim uyumu ve afet risk azaltımı perspektifinin birlikte ele alınması gereğini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, MARAP kapsamında geliştirilen altyapı kesinti senaryoları (ör. elektrik kesintisi – pompa istasyonu devre dışı kalması – içme suyu arz sorunu gibi zincirleme etkiler) ile birebir örtüşmektedir.

- UNDRR'nin GAR ve How to Reduce Risk raporlarında vurgulanan kurumsal koordinasyon eksikliği ve veri yönetimi zafiyetleri, Türkiye için de geçerli önemli zayıf halkalardır. Türkiye'de farklı belediyeler, il AFAD birimleri ve merkezi kurumlar arasında afet senaryolarının mekânsal planlama ile entegrasyonu çoğu zaman proje bazlı kalmakta, çok aktörlü sürekli platformlar nadiren kurulabilmektedir. Oysa UNDRR'nin önerdiği mahalle ölçeğinde tahliye planları, toplum temelli risk analizleri ve sürdürülebilir arazi kullanım politikaları, MARAP'ın Marmara Bölgesi için geliştirdiği mekânsal kırılganlık katmanları ve risk önceliklendirme tablolarına doğrudan yerel operasyonel eklentiler olarak entegre edilebilir.
- Son olarak, C40'ın Deadline 2020 yaklaşımında önerilen düşük maliyetli, topluma entegre risk azaltma çözümleri (örneğin yeşil altyapı, gölgeleme sistemleri, iklim dirençli yapılar), Türkiye'de henüz çoğunlukla park ve rekreasyon projeleriyle sınırlı kalmaktadır. Oysa bu stratejiler MARAP'ın çok katmanlı risk senaryoları ile planlanarak hem afet riskini düşürmek hem de SDG-11 (Sürdürülebilir Şehirler) hedeflerine hizmet edecek uzun vadeli dayanıklılık projelerine dönüştürülebilir.

2.2.7 Tsunami ve Kıyı Tehlikeleri

Tsunami riski taşıyan kıyı bölgelerinde uygulanan afet risk azaltma stratejileri, genellikle yapısal önlemler, erken uyarı sistemleri ve toplum temelli hazırlıkların birlikte ele alındığı çok katmanlı yaklaşımlar şeklinde yapılandırılmaktadır. Bu yaklaşımların başarısı, yalnızca teknik altyapıya değil; sosyal kabul, yönetişim kapasitesi ve yerel koşullara uygun planlama kabiliyetine de bağlıdır (UNDRR, 2019; IOC-UNESCO, 2021).

Şili, bu konuda en dikkat çekici bölgesel uygulamalardan birine sahiptir. 2010 Maule Depremi sonrası kurulan Sistema Nacional de Alarma de Tsunami (SNAM), Donanma ve ONEMI koordinasyonunda çalışarak kıyı bölgelerinde sirenler, mobil bildirimler ve yerel tahliye yolları üzerinden yaklaşık 900.000 kişinin zamanında tahliyesini mümkün kılmıştır (Fritz vd., 2011). Ayrıca, kıyı alanlarında yapılaşma kısıtlamaları, açık toplanma alanlarının belirlenmesi ve sistematik tatbikatlar gibi yapısal ve yönetsel önlemler, fiziksel hasarı azaltmakla kalmamış; halkın risk algısını da güçlendirmiştir. Bu stratejiler görece hızlı uygulanabilir ve teknolojik altyapıya dayalı olduğundan, gelişmekte olan ülkelerde bile uyarlanabilir niteliktedir. Ancak bazı kıyı belediyelerinde kaynak ve uzman eksikliği nedeniyle bu sistemlerin bakım ve güncellenmesinde süreklilik sağlanamadığı da görülmektedir (Cienfuegos vd., 2024).

Benzer şekilde Japonya, 2011 Tōhoku Tsunamisi sonrasında yapısal ve yönetişim temelli bir dizi savunma sistemini hayata geçirmiştir (Mimura vd., 2011). Beş metreyi aşan kıyı setleri, tsunami ormanları ve dalga kırıcı bariyerler gibi fiziksel önlemlerle birçok kıyı yerleşiminde dalga etkisi sınırlanmış ve yapı hasarları azaltılmıştır. Arazi kullanım politikaları yeniden düzenlenmiş; bazı bölgelerde yerleşimler iç kesimlere taşınmıştır. Yapılan saha analizleri, bu önlemlerin ölüm oranlarını düşürdüğünü ve yapısal hasarı azalttığını ortaya koymaktadır (Fraser vd., 2013; Suppasri vd., 2016). Ancak aynı zamanda, bu setlerin bazı toplum kesimlerinde "güven yanılsaması" yarattığı ve riskin görünmez hâle geldiği yönünde eleştiriler de bulunmaktadır. Bu durum, yapısal çözümler kadar toplumsal farkındalığın da hayati önem taşıdığını göstermektedir.

Her iki ülkede de erken uyarı ve senaryo temelli sistemlerin rolü belirleyicidir. Şili'de gerçek zamanlı jeofizik verilerle çalışan modelleme sistemleri, her kıyı bölgesi için ayrı risk senaryoları oluşturarak müdahale süresini kısaltmaktadır (Sifón, M. vd., 2024; Fuentes, M. vd., 2019). Bu uygulama, erken uyarının yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda yönetsel ve yerel katılıma dayalı bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Japonya'da ise hem kamu hem özel sektörü kapsayan çok katmanlı tahliye senaryoları, okul ve iş yerlerinde düzenli olarak tatbik edilmektedir. Bu sistemler hızlı ve etkili olmakla birlikte, yaygınlaştırılması için yüksek seviyede eğitimli personel ve sürekli yatırım gerektirmektedir.

Toplum temelli hazırlık ise tsunami riskinin uzun vadede yönetiminde kritik bir rol üstlenmektedir. Verilen her bir örnek kapsamında halkla ilişkiler kampanyaları, yerel medya kullanımı, okul müfredatına entegre edilen afet eğitimi ve toplu tatbikatlar sayesinde toplumsal hazırlık seviyesi artmıştır. Bu yaklaşım, özellikle düşük gelirli ve kırsal bölgelerde fiziksel altyapı eksiklerini kısmen telafi edebilmektedir. Ancak tatbikatların azlığı veya bilgi güncellenmediğinde, bu tür programların etkinliği zamanla düşmektedir (Shaw vd., 2011; Suppasri vd., 2015).

Genel olarak, tsunami riskinin azaltılmasında başarılı örnekler; yapısal savunmalar, erken uyarı sistemleri ve toplum temelli yaklaşımların birlikte ve yerel bağlama uygun biçimde entegre edilmesini gerekli kılmaktadır. Şili ve Japonya örnekleri, bu üçlü yapının güçlü bir sinerji oluşturduğunu göstermektedir. Yapısal önlemler fiziksel koruma sağlarken, erken uyarı sistemleri kritik zaman kazandırmakta; toplum temelli hazırlık ise bireylerin bilinçli ve hızlı karar almasına olanak tanımaktadır. Ancak tüm bu stratejiler, yalnızca teknik tasarımla değil, sosyal yapı, kurumsal kapasite ve sürdürülebilir finansmanla birlikte ele alındığında etkili sonuç vermektedir (UNDRR, 2020; UNDRR,2023).

- Türkiye'nin tsunami riski taşıyan kıyı bölgelerinde, özellikle Marmara ve Ege kıyılarında, afet risk azaltma stratejilerinin teknik altyapı ve yerel yönetim kapasitesi temelinde yeniden ele alınması gerekmektedir. Şili ve Japonya örneklerinde başarıya ulaşan çok katmanlı yaklaşımların Türkiye için uyarlanmasında, öncelikle kıyı bölgelerinde detaylı tsunami tehlike ve risk analizlerinin yapılması büyük önem taşır. Bu kapsamda, aktif fay hatlarına yakın olan kıyı kesimlerinde ayrıntılı batimetrik ve jeomorfolojik haritalama çalışmaları

yürütülmeli, potansiyel tsunami kaynakları (örneğin, denizaltı depremleri, heyelanlar) bilimsel veri tabanlarında sürekli güncellenmelidir.

- Türkiye özelinde, erken uyarı sistemlerinin kurulması ve entegrasyonu kritik bir ihtiyaçtır. Kıyı boyunca yer alacak sismik ve deniz seviyesi gözlem istasyonlarının sayısı artırılmalı, bu istasyonlardan elde edilen veriler Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) koordinasyonunda gerçek zamanlı olarak analiz edilmelidir. Erken uyarı mesajlarının otomatik sirenler, mobil bildirim sistemleri ve yerel medya üzerinden topluma hızlıca ulaştırılması için teknolojik altyapı güçlendirilmelidir. Ayrıca, kent ölçeğinde tahliye yolları ve toplanma alanları önceden belirlenerek, bu güzergâhların işaretlemesi ve sürekliliği sağlanmalıdır.
- Yapısal önlemler kapsamında, kıyı bölgelerinde yeni yapılaşmalar için tsunami tehlike haritalarına dayalı imar kısıtlamaları getirilmesi, mevcut yapı stokunun ise dayanıklılık açısından değerlendirilerek gerekirse güçlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle limanlar, enerji tesisleri ve altyapı ağları gibi kritik yapılar için tsunamiye dayanıklı tasarım standartları geliştirilmelidir. Kıyı kentlerinde açık toplanma alanlarının planlanması, yükseltilmiş yollar ve güvenli kaçış rampalarının inşası gibi mühendislik çözümleri de entegre edilmelidir.
- Toplum temelli hazırlık da Türkiye için öncelikli bir başlık olmalıdır. Okullarda, işyerlerinde ve yerel topluluklarda düzenli olarak tsunami tatbikatları yapılmalı, afet eğitimi zorunlu hale getirilmelidir. Yerel yönetimler tarafından hazırlanan bilgilendirme materyalleri, bölge halkının risk algısını güçlendirecek şekilde güncel tutulmalıdır. Düşük gelirli ve dezavantajlı gruplara yönelik özel bilgilendirme ve tahliye stratejileri geliştirilmelidir.

Sonuç olarak, Türkiye'de tsunami riskinin yönetimi için bilim temelli erken uyarı sistemlerinin kurulması, yapılaşma ve imar planlarında risk zonlarının dikkate alınması, toplumsal farkındalığın artırılması ve sürekli güncellenen teknik altyapı yatırımlarının yapılması gerekmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, Marmara ve Ege kıyılarında hem can kaybını hem de ekonomik zararı en aza indirmeye yönelik sürdürülebilir ve etkili bir afet yönetimi modeli sağlayacaktır.

2.2.8 Genel Sonuçlar ve Değerlendirme

Uluslararası afet risk azaltma deneyimleri incelendiğinde, farklı ülke örneklerinden elde edilen başarıların ortak bazı temel ilkelerde birleştiği görülmektedir. Japonya'nın deprem yönetimindeki kapsamlı bina yönetmelikleri ve yaygın tatbikat kültürü; Hollanda'nın sel ve taşkınlara karşı doğa-temelli çözümleri; Kenya'nın kuraklığa yönelik topluluk temelli erken uyarı ve sosyal koruma programları; Hindistan'ın sıcak hava dalgalarına karşı geliştirdiği kentsel ölçekli eylem planları; İsviçre ve Norveç'in heyelan ve kaya düşmelerine karşı çok katmanlı izleme ve tahliye sistemleri; Bangladeş ve Kanada'nın kentsel dayanıklılığa

odaklanan çok sektörlü yaklaşımları, afet risklerinin azaltılmasında farklı bağlamlarda etkili ve sürdürülebilir yöntemler ortaya koymaktadır.

Bu örnekler, risk temelli mekânsal planlamanın, erken uyarı ve izleme sistemlerinin, kapsayıcı yönetişim mekanizmalarının, toplum temelli hazırlık ve katılım stratejilerinin ve bilim-temelli karar alma süreçlerinin ne kadar kritik olduğunu göstermektedir. Ayrıca, yapısal önlemlerin (ör. güçlendirme projeleri, riskli yapıların dönüştürülmesi) ve yapısal olmayan önlemlerin (ör. eğitim, tahliye planları, sosyal koruma ağları) bir arada yürütülmesi, afet risk yönetiminde bütüncül bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır.

Yukarıda detaylı biçimde değerlendirilen uluslararası afet risk azaltma yaklaşımları, kentlerin karşı karşıya olduğu çoklu ve sistemik risk ortamında bütüncül, çok aktörlü ve veri temelli stratejilerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bangladeş, Kanada, Japonya ve Hollanda gibi ülkelerin uygulamalarında, risk temelli mekânsal planlama, kapsayıcı yönetişim, toplum temelli hazırlık stratejileri ile yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin entegrasyonu öne çıkmaktadır. Özellikle kentsel alanlarda; altyapı bağımlılıkları, sosyal eşitsizlikler ve iklim değişikliği gibi karmaşık faktörlerin bir araya gelmesi, afet risklerinin sistemik nitelik kazanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, afet risk yönetiminde yalnızca fiziksel önlemlerle sınırlı kalmayan, veri ve senaryo tabanlı analizlerle desteklenen, yerel kapasitenin güçlendirildiği ve kırılgan grupları önceleyen yaklaşımlar kritik öneme sahiptir.

Farklı ülke örneklerinin sunduğu çeşitli deneyimler, Marmara Bölgesi gibi çoklu tehlikeye açık alanlarda, risk azaltıcı stratejilerin bağlama özgü şekilde uyarlanmasına olanak tanımaktadır. Bu çerçevede, afet türüne göre geliştirilen anahtar stratejiler ve uygulama sonuçları, aşağıda sunulan tabloda sistematik olarak özetlenmiştir. Tablo 2-3'de yapısal güçlendirmeden erken uyarı sistemlerine, toplum temelli hazırlıktan doğa-temelli çözümlere uzanan geniş bir yelpazede, uluslararası iyi uygulamaların kent ölçekli afet risk azaltımındaki rolünü somut biçimde ortaya koymaktadır.

2.2.9 Türkiye Açısından Genel Bir Değerlendirme

Bu bölüm kapsamında yukarıda incelenen Japonya, Hollanda, Kenya, Bangladeş, Kanada ve Hindistan gibi örnekler; afet risk azaltımına ilişkin erken uyarı sistemleri, CBS tabanlı çok katmanlı kırılganlık analizleri, toplum temelli hazırlık programları, risk bazlı finansman mekanizmaları ve mekânsal uyumlaştırma planları gibi çeşitli boyutlarda ileri düzey uygulamalar sunmaktadır. Bu uygulamaların ortak başarısı, afet risk yönetimini yalnızca mühendislik altyapısı eksenine sıkıştırmayan; aynı zamanda kurumsal yönetişim, toplumsal bilinç ve sürdürülebilir finansman gibi bileşenlerle bütüncül bir yapıya oturtmalarında yatmaktadır.

Türkiye açısından bu yaklaşımlar, MARAP gibi bölgesel mekânsal risk yönetimi modellerinin tasarlanmasında doğrudan referans değeri taşır. Örneğin Japonya'daki J-SHIS platformu, konum bazlı tehlike izleme ve yerel tahliye optimizasyonu açısından MARAP için CBS temelli kritik bir ilham kaynağıdır.

Hollanda'nın çok katmanlı güvenlik yaklaşımı (MLA), önleyici altyapı – mekânsal adaptasyon – acil müdahale bütünselliğiyle Türkiye'deki taşkın ve zemin riski yüksek alanlar için metodolojik bir rehber sunar. Kanada'nın Adaptation Action Plan çerçevesinde kritik altyapı sürekliliği ve hizmet kesinti analizlerini mahalle ölçeğine kadar indirgemesi ise, Marmara'daki OSB ve lojistik hatlar için MARAP'ın geliştirdiği domino etkisi modellemesiyle doğrudan örtüşmektedir.

Tablo 2-3 Uluslararası Afet Risk Azaltma Stratejileri ve Uygulama Sonuçları

Afet Türü	***Örnek Ülke/Uygulama***	***Anahtar Stratejiler***	***Ana Sonuçlar***
Deprem	Japonya, ABD, İtalya, Yeni Zelanda	Yapısal güçlendirme, erken uyarı, mikro-bölgeleme, toplum temelli hazırlık	Yapısal hasar ve can kayıplarında büyük azalma
Tsunami	Şili, Japonya	Kıyı savunma yapıları, erken uyarı, tahliye senaryoları, toplum eğitimi	Tahliye başarısı ve ölüm oranlarının düşürülmesi
Sel ve Taşkın	Hollanda, Kanada, Avustralya	Doğa-temelli çözümler, mekânsal planlama, yeşil altyapı	Taşkın risklerinin azaltılması, uyum kapasitesinin artması
Heyelan ve Kaya Düşmesi	Japonya, İsviçre, Norveç, İtalya	Şev stabilizasyonu, izleme sistemleri, arazi kullanım kısıtlaması	Erken tahliye, yapı kayıplarının azaltılması
Kuraklık ve İklim Riskleri	Kenya, Hindistan, Kanada	Erken uyarı, sosyal koruma, iklim uyum planları, yeşil altyapı	Tarımsal üretimin korunması, sağlık krizlerinin önlenmesi
Yangın ve Teknolojik Kazalar	ABD, Avustralya, G. Kore	Toplum temelli planlar, ileri izleme sistemleri, yapı yönetmelikleri	Can kaybı ve ekonomik zararların azaltılması
Kentsel ve Sistemik Riskler	Bangladeş, Kanada	Çok aktörlü yönetişim, veri temelli planlama, sosyal kapsayıcılık	Zincirleme krizlerin önlenmesi, kentsel dayanıklılığın artması

Ancak Türkiye'nin mevcut mülkiyet ve parsel yapısının karmaşıklığı, yerel yönetimlerde farklılaşan teknik kapasite düzeyi, toplumun afet risk algısı ve ekonomik kırılganlık gibi yapısal faktörleri, bu uluslararası iyi uygulamaların bazı yönlerinin doğrudan transferini güçleştirmektedir. Örneğin Kenya'daki topluluk temelli kuraklık erken müdahale ve sosyal koruma programları, Türkiye'deki sosyal yardım sistemlerinin afet bazlı ön finansman mekanizmalarına dönüşümü için henüz kurumsal hazırlık gerektirirken; Hindistan'ın Ahmedabad ısı eylem planı benzeri programlar, büyükşehir belediyelerinde pilot düzeyde çalışılmaya başlansa da henüz kapsamlı bir mevzuat altyapısına sahip değildir.

Dolayısıyla MARAP bu çalışmalardan, CBS tabanlı kırılganlık matrisleri, erken uyarı protokolleri, yerel paydaş platformları ve risk bazlı finansal teşvikler gibi unsurları Türkiye'nin sosyo-ekonomik, mekânsal ve yönetişimsel gerçekliğine uyarlayacak esnek bir model tasarlama vizyonu kazanmıştır. Böylece MARAP, uluslararası iyi uygulamaları birebir kopyalamak yerine, bu örneklerden edinilen metodolojik dersleri Türkiye'ye özgü teknik, kurumsal ve toplumsal dinamiklerle harmanlayan çok ölçekli bir afet risk yönetimi çerçevesi üretmektedir.

Tablo 2-4'de sunulan MARAP kapsamında analiz edilen uluslararası iyi uygulamaların yalnızca genel bir envanterini değil; aynı zamanda hangi yönlerde başarı sağladıklarını, Türkiye açısından potansiyel zorlukları ve MARAP için nasıl özgün bir uyarlanabilir çerçeve sunduklarını sistematik olarak ortaya koymaktadır. Böylece tablo, Japonya'dan Hollanda'ya, Kanada'dan Hindistan'a kadar farklı örneklerin CBS temelli risk haritalama, erken uyarı, kritik altyapı sürekliliği ve toplum temelli müdahale modellerinin, Türkiye'nin sosyo-ekonomik ve kurumsal yapısına nasıl adapte edilebileceğini tek bir bütüncül şema içinde göstermektedir. Bu yapı, MARAP'ın yalnızca bölgesel ölçekte hazırlanmış bir CBS projesi olmaktan öte, uluslararası literatürde kanıtlanmış stratejik yaklaşımları Türkiye'ye özgü mekânsal kırılganlıklar, yerel kapasite ve sosyal dinamiklerle bütünleştiren disiplinler arası bir risk yönetimi modeli olduğunu da açıkça ortaya koymaktadır. Dolayısıyla Tablo 2-4'de, bu raporda sunulan metodolojik bütünlüğün ve MARAP'ın stratejik yenilikçi konumunun analitik bir özeti olarak okunmalıdır.

2.3 Afet Risk Azaltmada Uluslararası Kurumsal Yapılar ve Metodolojik Yaklaşımlar

Risk azaltma kavramı hem doğal hem de insan kaynaklı afetlerin toplumlar üzerindeki yıkıcı etkilerini en aza indirmek, kayıpları önlemek ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak açısından son derece stratejik bir rol üstlenmektedir. Bu alandaki çalışmalar, yalnızca felaketler sonrasında yapılan müdahalelerle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda afetlerin oluşma olasılığını azaltacak önleyici tedbirlerin, hazırlık süreçlerinin ve toplumun tüm kesimlerini kapsayan dayanıklılık odaklı yaklaşımların geliştirilmesini de kapsamaktadır. Dünya genelinde farklı ülkeler ve uluslararası kuruluşlar, afet risklerinin belirlenmesi, etkilerinin analiz edilmesi ve bunlara yönelik etkili yönetim stratejilerinin uygulanması konusunda öncülük etmektedir. Bilimsel temelli modellemelerden kapsamlı eğitim programlarına, finansal teşvik mekanizmalarından yasal düzenlemelere kadar uzanan geniş bir faaliyet yelpazesiyle, bu kurumlar toplumların afetlere karşı daha dirençli hale gelmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, paydaşlar arası iş birliği, bilgi paylaşımı, yenilikçi teknolojilerin kullanımı ve toplumsal farkındalık artırıcı uygulamalar da bu sürecin ayrılmaz parçaları olarak öne çıkmaktadır. Aşağıdaki bölümlerde, dünya çapında öne çıkan ülkelerle birlikte, afet risk azaltmada rol oynayan kurumsal yapıların kuruluş tarihleri, ana işlevleri ve mevzuatsal dayanakları ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

Tablo 2-4 Türkiye Açısından Değerlendirme: Uluslararası Örneklerin Başarıları, Zorlukları ve MARAP'a Uyarlanabilirliği

Ülke / Örnek Uygulama	*Başarı Sağladığı Yönler*	*Türkiye Açısından Potansiyel Zorluklar*	*MARAP Bağlamında Uyarlanabilirlik ve Stratejik Yorum*
Japonya / J-SHIS ve toplum tabanlı erken uyarı	Çok katmanlı CBS tabanlı sismik ve tsunami risk modelleme; konum bazlı anlık bilgilendirme; mahalle komiteleriyle yerinden yönetim	Türkiye'de mahalle düzeyinde organize afet komitelerinin yaygın olmaması; toplumsal afet bilincinin düzensiz düzeylerde olması	MARAP, CBS tabanlı konum bazlı tehlike/kırılganlık haritalarını ve alternatif tahliye senaryolarını, Türkiye için OSB ve yerleşim ağı kırılganlığı ile bütünleştirerek benzer dinamik sistemleri kurgulamaktadır.
Hollanda / Delta Programı ve Çok Katmanlı Güvenlik (MLA)	Su yönetiminde ileri CBS ve hidrodinamik modeller; önleyici altyapı + mekânsal adaptasyon + müdahale üçlüsü	Türkiye'de taşkın odaklı bent ve drenaj sistemlerinin dağınık yapısı; arazi kullanım kararlarında su baskın riski çoğu yerde öncelikli olmaması	MARAP, taşkın ve zemin kaynaklı domino risklerini CBS destekli senaryolarla mahalle/parsel düzeyinde önceliklendirerek, fiziksel koruma ve mekânsal adaptasyonu entegre modelde ele almaktadır.
Kanada / Adaptation Action Plan	Kritik altyapı sürekliliği, mahalle ölçeğinde hizmet kesinti senaryoları, çok düzeyli yönetişim	Türkiye'de kritik altyapıların çoğu sektörel silo mantığında planlanmakta; hizmet sürekliliği analizleri sınırlı	MARAP, Marmara'daki elektrik, içme suyu, doğal gaz, sağlık hizmetleri gibi ağların CBS tabanlı topolojik analizleriyle Kanada'daki hizmet kesinti risklerini Türkiye'ye özgü yapısal haritalara dönüştürmektedir.
Kenya / Kuraklık erken uyarı ve topluluk bazlı müdahale	Sosyal koruma + erken finansal ön müdahale + halk tabanlı risk izleme kombinasyonu	Türkiye'de afet öncesi sosyal yardım sistemleri doğrudan risk bazlı ön ödemeler için organize değil	MARAP, özellikle kırılgan nüfus profillerini sosyal kırılganlık katmanlarıyla CBS ortamına taşıyarak, gelecekte risk bazlı sosyal koruma pilotlarına veri zemini sağlamaktadır.
Hindistan / Ahmedabad Isı Eylem Planı	Düşük maliyetli, hızlı uygulanabilir renk kodlu erken uyarılar; halk sağlığı merkezli müdahale	Türkiye'de sıcak dalga gibi "sessiz afetlere" yönelik doğrudan müdahale mevzuatları yok, belediyelerin kapasitesi değişken	MARAP, kent içi mikro-ısı adası analizi ve nüfus yoğunluğu + yaş profili katmanlarını bütünleştirerek Hindistan benzeri düşük maliyetli uyum stratejilerine CBS temelli temel oluşturur.

2.3.1 ABD Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA)

Kuruluş ve Tarihsel Arka Plan

ABD Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (Federal Emergency Management Agency - FEMA), Amerika Birleşik Devletleri'nde afet yönetimi alanında faaliyet gösteren en önemli kurumlardan biridir. Ajans, 1 Nisan 1979 tarihinde, dönemin başkanı Jimmy Carter'ın çıkardığı 12127 sayılı Başkanlık Kararnamesi ile kurulmuş olup, çeşitli federal acil durum ajanslarının tek çatı altında toplanmasını amaçlamıştır. Bu yapısal birleşme ile, afetlere müdahale, afet sonrası iyileştirme, afet öncesi hazırlık ve zarar azaltma faaliyetleri merkezi bir organizasyon yapısıyla yürütülmeye başlanmıştır. 11 Eylül 2001 saldırılarının ardından ulusal güvenliğe verilen önemin artmasıyla FEMA, 2003 yılında çıkarılan Homeland Security Act kapsamında, yeni kurulan İç Güvenlik Bakanlığı'na (Department of Homeland Security - DHS) bağlı bir kurum haline getirilmiştir. Bu yapı değişikliği, FEMA'nın görev alanını sadece doğal afetlerle sınırlı tutmaktan çıkararak, insan kaynaklı tehlikeler ve terörizmle ilgili risklerin azaltılmasına yönelik stratejik planlama ve müdahale faaliyetlerini de kapsayacak şekilde genişletmiştir.

Afet risk azaltma işlevleri ve sorumluluklar

FEMA, Amerika Birleşik Devletleri'nde afet risklerinin sistematik biçimde azaltılmasını teminen ulusal düzeyde stratejiler geliştiren, bu stratejileri uygulayan ve uygulamaların sonucunu değerlendiren birincil kurum olarak öne çıkmaktadır. Kurumun afet risk azaltma yönelik faaliyetleri, sadece felaket sonrası müdahale ve iyileştirme ile sınırlı olmayıp, aynı zamanda afet öncesi yapılan risk analizi, mekansal planlama, toplumsal farkındalık yaratma ve altyapıların dirençliliğini artırma gibi unsurları da kapsamaktadır. Bu çerçevede, FEMA'nın temel sorumluluk alanları şu şekilde detaylandırılabilir:

- **Risk Tanımlama ve Haritalama:** FEMA, özellikle sel, kasırga, depremler gibi önemli afet tehlikelerine yönelik bilimsel modellemelere dayalı risk haritaları oluşturmakta ve bu haritaları kamu kurumları, sigorta sektörü ve bireysel vatandaşlar için erişilebilir hale getirmektedir. Bu kapsamda, National Flood Insurance Program (NFIP) için geliştirilen Flood Insurance Rate Maps (FIRM) belki de en bilinen çalışmadır.
- **Toplumsal Dirençlilik ve Farkındalık:** FEMA, Ready.gov gibi platformlar aracılığıyla kamuya yönelik bilgilendirme kampanyaları düzenlemekte, topluluk bazlı tatbikatlar organize etmekte ve afet eğitimi konusunda kaynaklar sunmaktadır. Bu yaklaşım, afet risk azaltma süreçlerinde bireylerin ve toplulukların aktif katılımını teşvik eden kapsayıcı bir yönetim anlayışını ifade eder.
- **Finansal Teşvik Mekanizmaları:** FEMA, hem afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerinde hem de afet öncesi risk azaltım çalışmalarında maddi kaynak

sağlayan çeşitli hibeler sunar. Özellikle Pre-Disaster Mitigation (PDM) ve Building Resilient Infrastructure and Communities (BRIC) gibi programlar, yerel yönetimlerin altyapı iyileştirme ve dayanıklılığı artırma projelerini desteklemektedir.

Yasal çerçeve ve politik dayanaklar

FEMA'nın afet risk azaltma faaliyetleri, çeşitli federal yasa ve yönetmeliklerle yasal temele oturtulmuştur. Bu yasalar, kurumun yetki sınırlarını, sorumluluklarını ve işleyiş mekanizmalarını tanımlar.

- *Robert T. Stafford Disaster Relief and Emergency Assistance Act (1988):* FEMA'nın afetlere müdahale, iyileştirme ve risk azaltma alanlarındaki yetkilerini düzenler. Bu yasa, federal yardımın yerel yönetimlere ne zaman ve nasıl sağlanacağını belirlemektedir.
- *Homeland Security Act (2002): Bu* yasa, FEMA'nın İç Güvenlik Bakanlığı altında yeniden yapılandırılmasını sağlamış, afet yönetimini ulusal güvenliğin bir parçası haline getirmiştir.
- *Disaster Mitigation Act (2000):* Yerel yönetimlerin risk azaltma planları hazırlamasını zorunlu kılar ve bu planların federal fonlardan yararlanmasının önkoşulu haline getirir. Bu yasa, risk odaklı planlama anlayışını kurumsallaştırmıştır.

Kurumsal yapı ve yönetim mekanizmaları

FEMA'nın kurumsal yapılanması, çok düzeyli ve bölgesel temelli bir yönetişim modeline dayanmaktadır. Bu model hem federal hem de yerel düzeyde etkili afet yönetimi uygulamalarını mümkün kılmak üzere yapılandırılmıştır. Ajansın en üst düzey yöneticisi, FEMA Administrator unvanını taşır ve doğrudan ABD Başkanı tarafından atanır. Administrator, ajansın stratejik yönünü belirler ve kurumun tüm faaliyetlerinden sorumludur.

FEMA, Amerika Birleşik Devletleri genelini kapsayan on farklı bölgesel ofis ile faaliyet göstermektedir. Her bir bölge ofisi, ilgili coğrafi bölgede yer alan eyaletlerle doğrudan koordinasyon kurarak, bölgeye özgü afet riskleri ve müdahale planları çerçevesinde çalışmalar yürütür. Bu yapılanma, yerel bağlamların göz önünde bulundurulmasını ve uygulamaların farklı bölgelerdeki ihtiyaçlara göre şekillendirilmesini sağlar.

Kurumsal yapının önemli bir bileşeni de Ulusal Müdahale Koordinasyon Merkezi (National Response Coordination Center - NRCC)'dir. Bu merkez, ulusal çapta afetlerde operasyonel eş güdümün sağlanması amacıyla 7/24 esasına göre faaliyet göstermektedir. NRCC, afet anında federal kurumların ve özel sektörün koordinasyonunu sağlarken, aynı zamanda acil durum bilgilendirme sistemlerinin yönetimini de üstlenir.

Buna ek olarak, FEMA bünyesinde faaliyet gösteren "Emergency Management Institute (EMI)" aracılığıyla, yerel ve eyalet düzeyindeki kamu görevlileri ile afet yönetim profesyonellerine yönelik kapasite geliştirme ve sertifikalı eğitim programları sunulmaktadır. EMI'nin amacı, ülke genelinde afet yönetimi yeterliliklerinin standartlaştırılması ve geliştirilmesidir.

FEMA'nın organizasyon yapısı, ayrıca teknik danışmanlık birimlerinden, hukuk ve politika geliştirme departmanlarına, iletişim ve medya ilişkileri ofisinden bilgi teknolojileri birimlerine kadar birçok destekleyici alt birim içermektedir. Bu kapsamlı yapı, ajansın hem stratejik planlama hem de operasyonel uygulama düzeyinde etkin olmasını sağlar.

Uluslararası iş birlikleri ve küresel rol

FEMA, sadece Amerika Birleşik Devletleri sınırları içinde faaliyet gösteren bir kurum olmakla kalmayıp, aynı zamanda afet risk yönetimi ve zarar azaltımı alanlarında uluslararası ölçekte etkileşimde bulunan stratejik bir aktördür. Bu bağlamda, FEMA'nın uluslararası iş birlikleri üç temel düzlemde değerlendirilebilir: kurumsal ortaklıklar, bilgi ve deneyim paylaşımı ve uluslararası standartlara katkı.

- **Birleşmiş Milletler ile İlişkiler:** FEMA, Birleşmiş Milletler Afet Risklerinin Azaltılması Ofisi (UNDRR) ile yakın temas içerisindedir. Bu iş birliği çerçevesinde, Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi (SARAÇ) hedeflerine uygun ulusal stratejiler geliştirilmekte ve FEMA'nın uygulamaları bu hedeflerle ilişkilendirilmektedir. FEMA ayrıca, UNDRR'ın periyodik küresel platformlarına katılım sağlamakta ve burada ABD'deki iyi uygulama örneklerini diğer ülkelerle paylaşmaktadır.
- **NATO ve Kuzey Atlantik Güvenlik Mekanizmaları:** FEMA, Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (NATO) ile özellikle sivil acil durum planlaması ve kriz müdahale tatbikatlarında iş birliği yapmaktadır. Bu kapsamda, FEMA personeli çeşitli NATO eğitimlerine katılmakta, aynı zamanda ortak senaryo analizleriyle çok taraflı müdahale kapasitesinin artırılması hedeflenmektedir. Bu tür ortaklıklar, FEMA'nın sadece bir afet sonrası müdahale kurumu değil, aynı zamanda uluslararası güvenlik ortamına katkı sağlayan bir yapı olduğunu göstermektedir.
- **Amerika Kıtası İş Birlikleri (CEPREDENAC, CDEMA vb.):** FEMA, Latin Amerika ve Karayipler'deki afet yönetimi ajanslarıyla da kurumsal düzeyde iş birliği protokolleri geliştirmiştir. Özellikle Amerika Devletleri Örgütü (OAS) çatısı altında yürütülen çalışmalarda teknik danışmanlık, eğitim desteği ve ortak tatbikat planlamaları yürütülmektedir.
- **İkili Anlaşmalar ve Teknik Yardım Projeleri:** FEMA, Kanada, Meksika, Avustralya, Japonya gibi ülkelerle afet yönetimi konusunda ikili anlaşmalar çerçevesinde bilgi paylaşımı, veri standardizasyonu ve erken uyarı sistemlerinin karşılıklı entegrasyonu gibi projeler gerçekleştirmiştir. Bu projeler aracılığıyla,

özellikle sınır aşan afetler ve küresel iklim değişikliği kaynaklı tehlikelere karşı ortak hareket kabiliyeti artırılmıştır.

- **Uluslararası Eğitim ve Kapasite Geliştirme Programları:** Emergency Management Institute (EMI) ve FEMA Uluslararası İş birliği Ofisi aracılığıyla geliştirilen eğitim modülleri, yabancı afet yönetim personeline yönelik olarak da uyarlanmakta ve çevrim içi olarak sunulmaktadır. Bu sayede FEMA, afet risk azaltımı kültürünü uluslararası düzeyde yaygınlaştırmayı hedeflemektedir.
- **Küresel Standartlara Katkı:** FEMA, afet risk yönetimi alanında ISO 22320 (Emergency Management - Incident Response) ve ISO 31000 (Risk Management) gibi uluslararası standartların geliştirilmesine katkı sağlayan teknik komitelere katılım göstermektedir. Bu katkılar, FEMA'nın kurumsal tecrübesinin uluslararası yönetişim ilkelerine entegre edilmesini mümkün kılmaktadır.

Tüm bu iş birlikleri, FEMA'nın afet yönetimi alanında sadece iç dinamiklere değil, aynı zamanda küresel risk ortamına da duyarlı bir yapı sergilemesini sağlamaktadır. Uluslararası ortaklıklar, sadece bilgi alışverişi değil, aynı zamanda karşılıklı kapasite güçlendirme ve kriz dönemlerinde dayanışma fırsatlarını da mümkün kılmaktadır.

Uygulama örnekleri ve başarı hikayeleri

FEMA'nın afet risk azaltımına yönelik politika ve stratejilerinin yalnızca teorik düzeyde değil, pratikte de etkili sonuçlar doğurduğu birçok uygulama örneği bulunmaktadır. Bu bölümde, FEMA'nın öne çıkan uygulamaları, başarı hikayeleri ve bunların afet risk azaltımına sağladığı katkılar ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

- *Katrina Kasırgası Sonrası Yeniden Yapılanma Süreci (2005):* 29 Ağustos 2005 tarihinde meydana gelen Katrina Kasırgası, FEMA'nın tarihinde bir dönüm noktası olmuştur. İlk etapta eleştirilere neden olan müdahale eksikliklerine karşın, sonrasında uygulamaya konan yeniden yapılanma planları, afet sonrası dirençliliğin artırılması konusunda önemli dersler sunmuştur. Bu süreçte, sel riskinin yüksek olduğu bölgelerde yeniden yapılaşmanın kontrollü biçimde yapılması, taşkın bariyerleri ve su pompa sistemlerinin güçlendirilmesi gibi yapısal önlemler alınmıştır. Ayrıca, sosyal risk gruplarının korunmasına yönelik yeni toplumsal politika mekanizmaları geliştirilmiştir.
- *BRIC Programı Kapsamında Dayanıklı Altyapı Projeleri:* Building Resilient Infrastructure and Communities (BRIC) Programı, FEMA'nın en kapsamlı afet risk azaltımı girişimlerinden biridir. Bu program kapsamında, eyalet ve yerel yönetimlere milyonlarca dolarlık hibe sağlanmakta ve bu fonlarla kritik altyapı sistemlerinin (elektrik, su, ulaşım) afetlere dayanıklı hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Örneğin, Kaliforniya'da depreme dayanıklı köprü projeleri, Florida'da kasırga direnci yüksek okul yapıları ve Iowa'da sel riski azaltmaya

yönelik yağmur bahçeleri ve yeşil altyapı uygulamaları gibi projeler BRIC desteğiyle hayata geçirilmiştir.

- *Ulusal Taşkın Sigorta Programı (NFIP) ile Risk Bilinci Oluşturulması:* FEMA'nın yürüttüğü NFIP, sadece taşkın sigortalarının sağlanmasını değil, aynı zamanda risk temelli farkındalık oluşturmayı da hedeflemektedir. Bu kapsamda hazırlanan Flood Insurance Rate Maps (FIRM), yapı ruhsat süreçlerinde zorunlu başvuru belgesi haline gelmiştir. Ayrıca, bu haritalar aracılığıyla taşkın alanlarında yapılaşmanın sınırlandırılması ve mevcut yapıların taşınması gibi önleyici adımlar atılmıştır.
- *Ready.gov Bilinçlendirme Kampanyaları:* FEMA, afet öncesi hazırlığın birey ve toplum düzeyinde kurumsallaşmasını sağlamak amacıyla Ready.gov isimli kapsamlı bir bilgilendirme platformu yürütmektedir. Bu platformda, her türlü afet senaryosu için kişisel hazırlık kılavuzları, aile afet planları, acil durum çantası kontrol listeleri ve simülasyon tabanlı dijital uygulamalar yer almaktadır. Kampanya, özellikle okullarda, belediyelerde ve topluluk merkezlerinde yürütülen eğitimler aracılığıyla daha geniş kitlelere ulaşmaktadır.
- *Toplumsal Katılımın Teşviki (Community Rating System - CRS):* NFIP'ye entegre olarak geliştirilen CRS programı, yerel yönetimlerin risk azaltıcı önlemler almasını teşvik eden ve uygulama düzeyine göre topluluklara prim indirimi sağlayan bir puanlama sistemidir. Bu sistem sayesinde, yerel yönetimlerin sel havzaları yönetimi, yapı denetimi, afet planlaması gibi alanlarda aktif rol üstlenmesi sağlanmakta ve ekonomik teşviklerle bu çabaları artırılmaktadır.

Bu örnekler, FEMA'nın afet risk azaltımı yaklaşımının çok boyutlu ve sektörel entegrasyona dayalı bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yapısal güçlendirme, sosyal dayanıklılık, ekonomik teşvikler ve eğitim gibi alanlarda geliştirilen projeler, yalnızca kısa vadeli müdahaleleri değil, uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerini de gözetmektedir.

Eleştiriler ve reformlar

FEMA, afet yönetimi alanında dünyanın en büyük ve en etkili kurumlarından biri olmasına rağmen, zaman zaman çeşitli eleştirilerin ve kurumsal reform taleplerinin odağında yer almıştır. Bu eleştiriler, çoğunlukla afetlere müdahale hızının yetersizliği, kaynakların adil dağıtımı, yerel yönetimlerle koordinasyon eksiklikleri ve afet sonrası toparlanma süreçlerinde yaşanan bürokratik gecikmelere odaklanmaktadır. Aşağıda, bu eleştirilerin kaynakları ile FEMA'nın verdiği yanıtlar sistematik biçimde ele alınmaktadır.

- *Katrina Kasırgası Krizi ve Müdahale Eleştirileri:* 2005 yılında ABD'nin güney kıyılarını vuran Katrina Kasırgası, FEMA'nın tarihinde en fazla eleştiri aldığı olaylardan biri olmuştur. Özellikle New Orleans'ta yaşanan altyapı çöküşü, tahliye süreçlerindeki yetersizlik ve barınma hizmetlerinin gecikmesi, kamuoyunun ve medya organlarının ajansa yönelik sert tepkiler vermesine

neden olmuştur. Bu süreçte, federal ve yerel düzeydeki koordinasyon eksiklikleri ve hazırlık düzeyinin yetersizliği açıkça ortaya çıkmıştır.

- *Bürokratik Engeller ve Fon Dağıtımı Sorunları:* FEMA'nın afet sonrası yardım fonlarını dağıtma süreçleri zaman zaman uzun bürokratik aşamalara takılmakta, bu da ihtiyaç sahiplerinin yardıma zamanında erişimini zorlaştırmaktadır. Özellikle düşük gelirli ve kırsal topluluklar için başvuru prosedürlerinin karmaşıklığı, sistemin eşitlikçi işlemediği yönünde eleştirilerin artmasına neden olmuştur. Ayrıca, bazı bölgelerde yerel yönetimlerin kapasite eksikliği nedeniyle FEMA'nın hibe programlarından yeterince yararlanamadığı da görülmektedir.
- *Veri Paylaşımı ve Şeffaflık:* FEMA'nın afet öncesi ve sonrası veri yönetimi süreçleri de zaman zaman eleştiri konusu olmuştur. Risk haritalarının güncelliği, zarar tespiti süreçlerinin şeffaflığı ve sigorta kriterlerinin açıklığı konularında yaşanan sorunlar hem akademik çevreler hem de sivil toplum kuruluşları tarafından gündeme getirilmiştir. Özellikle taşkın haritalarının yerel düzeyde karşılaştığı güncel çevresel değişimlere yeterince adapte olamaması eleştirilmiştir.
- *Afet Yönetiminde Sosyal Eşitsizlikler:* FEMA, afet yardımlarını dağıtırken bazı grupların daha dezavantajlı konuma düştüğüne yönelik eleştirilerle de karşı karşıya kalmıştır. Özellikle göçmen topluluklar, yaşlı bireyler, engelliler ve düşük gelirli aileler gibi sosyal olarak kırılgan grupların afet sonrası kaynaklara ulaşımında yaşanan zorluklar, adalet ve kapsayıcılık ilkeleri açısından tartışma yaratmıştır.
- *Kurumsal Reformlar ve Stratejik Gelişim:* Bu eleştirilerin ardından FEMA, kurumsal yapısında çeşitli reformlara gitmiştir. Özellikle 2006 yılında kabul edilen Post-Katrina Emergency Management Reform Act, FEMA'nın organizasyonel kapasitesini artırmak ve müdahale süreçlerini hızlandırmak amacıyla birçok yeni düzenlemeyi beraberinde getirmiştir. Bu yasa ile birlikte, acil müdahale kaynaklarının önceden planlanması, hızlı dağıtım merkezlerinin kurulması ve yerel yönetimlerle sürekli iletişim halinde olunması gibi stratejik adımlar atılmıştır.

Ayrıca, FEMA'nın 2022-2026 Stratejik Planı kapsamında belirlenen öncelikler arasında toplumsal eşitliği sağlamak, iklim değişikliği kaynaklı risklere karşı hazırlıklı olmak ve teknolojik altyapıyı güçlendirmek gibi reformist hedefler yer almaktadır. Bu plan, sadece organizasyonel değil, aynı zamanda kültürel bir dönüşüm vizyonu sunarak afet yönetiminde daha bütüncül ve adil bir yaklaşımı kurumsallaştırmayı hedeflemektedir.

Güncel stratejiler ve gelecek vizyonu

FEMA'nın 2022-2026 Stratejik Planı, ajansın geleceğe yönelik yönelimlerini, öncelikli hedef alanlarını ve yeni gelişen risk ortamlarına karşı kurumsal adaptasyon stratejilerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu stratejik plan, yalnızca idari bir yön çizmekle kalmayıp, aynı zamanda FEMA'nın temel değerleri olan adalet,

eşitlik, kapsayıcılık ve bilim temelli yönetişimi merkeze alarak kurumsal dönüşümünü yönlendirmektedir.

- *İklim Değişikliğine Uyum ve Dirençlilik Artırımı:* FEMA, küresel ölçekte artan iklim temelli afet risklerinin farkındalığıyla birlikte, afet yönetimi planlamasında iklim değişikliğine uyum sürecini merkeze almıştır. Bu kapsamda, deniz seviyesinin yükselmesi, yoğunlaşan kasırgalar, aşırı sıcaklık dalgaları ve kuraklık gibi etkilerin daha iyi modellenmesi ve bu etkiler karşısında dayanıklı altyapıların geliştirilmesi önceliklidir. Ayrıca, iklim risk analizlerinin yerel planlama süreçlerine entegre edilmesi, afet risk haritalarının iklim senaryolarına göre güncellenmesi hedeflenmektedir.
- *Eşitlik Temelli Afet Yönetimi:* FEMA, afetlere hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerinde sosyal adaletin sağlanmasını stratejik bir öncelik olarak belirlemiştir. Bu bağlamda, kırılgan grupların (engelliler, göçmenler, yaşlılar, düşük gelirli bireyler) afet öncesi bilgilendirme süreçlerine erişimini artırmak, afet sonrası kaynak dağıtımında sosyal eşitsizlikleri minimize etmek ve yerel düzeyde temsil mekanizmaları oluşturmak temel hedefler arasındadır. "Justice40" girişimi gibi programlarla, afet yönetimine yönelik yatırımların sosyal eşitsizliği azaltacak şekilde yönlendirilmesi sağlanmaktadır.
- *Dijitalleşme ve Veri Tabanlı Yönetim:* FEMA, afet yönetiminde karar destek süreçlerini dijital teknolojilerle entegre etmeyi amaçlamaktadır. Uzaktan algılama, yapay zeka destekli analizler, mobil uygulamalarla desteklenen risk bildirim sistemleri ve açık veri platformları bu dönüşümün temel bileşenleridir. Ajans, bu sayede afet erken uyarı sistemlerinin etkinliğini artırmayı, müdahale kararlarının daha hızlı ve güvenilir şekilde alınmasını ve halkın risk bilgilerine kolay erişimini sağlamayı amaçlamaktadır.
- *Toplum Tabanlı Yönetişim ve Yerel Kapasite Gelişimi:* FEMA, toplum temelli afet yönetimi yaklaşımını güçlendirerek, karar alma süreçlerine sivil toplum örgütlerini, topluluk liderlerini ve yerel aktörleri daha etkin biçimde dahil etmeyi hedeflemektedir. Bu amaçla, yerel afet gönüllülüğü programları genişletilmekte, afet hazırlık tatbikatları çeşitlendirilmekte ve yerel düzeyde müdahale planları için teknik rehberlik sağlanmaktadır. Bu strateji, afetlere karşı toplumsal dirençliliğin artırılmasında merkeziyetçilikten uzak, çok paydaşlı ve esnek bir modelin benimsenmesi gerektiğini vurgulamaktadır.
- Küresel İş Birliklerinin Derinleştirilmesi: FEMA, uluslararası standartlarla daha yüksek düzeyde uyum sağlamak ve küresel krizlere (pandemiler, tedarik zinciri kesintileri, iklim mültecileri vb.) karşı birlikte mücadele kapasitesini artırmak amacıyla uluslararası kurumlarla ilişkilerini daha da derinleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, FEMA'nın diğer ülkelerle teknoloji transferi, veri paylaşımı, afet senaryoları üzerine ortak çalışmalar gibi alanlarda yürüttüğü çok taraflı programların sayısı artırılmaktadır.

Bu stratejiler, FEMA'nın yalnızca bugünkü afetlere değil, aynı zamanda geleceğin belirsiz ve kompleks risk ortamına karşı da esnek, kapsayıcı ve yenilikçi bir pozisyon almasını sağlamaktadır. Planlama, uygulama ve değerlendirme döngüsünü içeren bu vizyoner yaklaşım, afet yönetiminde dönüşümsel bir paradigma değişimini temsil etmektedir.

FEMA bağlamında genel sonuç değerlendirmesi

Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA), Amerika Birleşik Devletleri'nin afet yönetimi alanındaki merkezî otoritesi olarak hem ulusal hem de küresel düzeyde kritik bir işlev üstlenmektedir. Ajans, kuruluşundan bu yana afet öncesi hazırlık, afet anı müdahale ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinin bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını sağlamış; bu yaklaşımı sürekli gelişen bir politika çerçevesi, yasal düzenlemeler ve toplumsal bilinçlendirme çalışmaları ile desteklemiştir. FEMA'nın en belirgin gücü, sadece afet sonrası değil, afet öncesi risk azaltma odaklı stratejik planlama yapabilme yetkinliğidir. Bu bağlamda ajans, doğal afetlerin yanı sıra insan kaynaklı kriz senaryolarına da hazırlıklı olmayı amaçlamış ve bu çerçevede esnek, çok paydaşlı ve veri temelli bir yönetişim anlayışı geliştirmiştir. 21. yüzyılda karşı karşıya kalınan iklim krizi, pandemi gibi karmaşık risklerin yönetimi, FEMA'nın geleneksel rollerinin ötesine geçerek, sosyal adaleti ve çevresel sürdürülebilirliği gözeten çok boyutlu müdahale sistemleri inşa etmesini zorunlu kılmıştır.

FEMA, tüm bu çabalarına rağmen zaman zaman ciddi yapısal eleştirilerle de yüzleşmiş ve bu eleştirilerden öğrenerek kurumsal reform süreçlerine yön vermiştir. Özellikle 2005 yılındaki Katrina Kasırgası sonrası dönemde yaşanan yeniden yapılanma süreci, ajansın operasyonel kapasitesini yeniden değerlendirmesine ve politika çerçevesini güncellemesine yol açmıştır. Bu deneyim, afet yönetiminin sadece teknik bir müdahale süreci değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve yönetsel dinamiklerle bütünleşik bir sistem olduğunu göstermiştir. Ajansın 2022-2026 stratejik planı doğrultusunda şekillenen yeni vizyonu; iklim değişikliğine karşı adaptasyonu, eşitlik temelli afet yönetimini, dijitalleşmeyi, yerel kapasitelerin güçlendirilmesini ve uluslararası iş birliğini öncelikli stratejik alanlar olarak tanımlamaktadır. Bu stratejiler, FEMA'nın sadece geçmişe değil, geleceğe dönük risklerle de baş edebilecek şekilde yapılandırıldığını göstermektedir.

Sonuç olarak FEMA, afet risklerinin azaltılması ve toplumların daha dirençli hale getirilmesi yolunda örnek teşkil eden, dinamik ve öğrenen bir kurumdur. Kurumsal yapısı, iş birliği ağları, hukuki yetki çerçevesi ve sahaya yönelik çok yönlü müdahaleleri ile FEMA, afet yönetimi alanında küresel bilgi birikiminin oluşmasına da önemli katkılarda bulunmaktadır. Bu yönüyle ajans, sadece ABD için değil, afet yönetiminin evrensel ilkeleri açısından da referans niteliği taşımaktadır.

2.3.2 Avrupa Birliği INSPIRE Direktifi

Kuruluş ve tarihsel arka plan

Avrupa Birliği INSPIRE Direktifi (Infrastructure for Spatial Information in the European Community), çevre politikalarının desteklenmesi ve mekânsal veri altyapısının birlik çapında standardize edilerek paylaşılabilir hale getirilmesi amacıyla 14 Mart 2007 tarihinde Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından kabul edilmiştir (2007/2/EC sayılı Direktif). Bu yasal düzenleme, Avrupa Birliği içindeki çevresel bilgi sistemlerinin birbiriyle uyumlu, birlikte çalışabilir ve erişilebilir olmasını teminat altına almak için geliştirilmiştir. INSPIRE Direktifi, mekânsal verilerin standartlar temelinde organize edilmesini, veri toplama ve yayma süreçlerinin kolaylaştırılmasını ve özellikle doğa, iklim, su, toprak gibi çevresel bileşenlerin daha etkin izlenmesini hedeflemektedir.

Direktif, Avrupa Çevre Ajansı (EEA), Avrupa Komisyonu'nun Çevre Genel Müdürlüğü (DG Environment), ve Avrupa Mekânsal Veri Altyapısı Uzman Grupları tarafından desteklenmektedir. 2007 yılından itibaren tüm AB üyelerinin, ulusal veri altyapılarını INSPIRE uyumlu hale getirmeleri zorunlu kılınmıştır. Bu kapsamda ulusal mekânsal veri portallarının kurulması, metadata standartlarına uygunluk, birlikte çalışabilirlik ilkelerine dayalı teknik altyapıların kurulması gibi uygulamalar yasal birer yüktür.

Görev, kapsam ve sorumluluklar

INSPIRE Direktifinin temel hedefi, Avrupa genelinde çevresel politika ve uygulamaları destekleyecek şekilde mekânsal verinin etkili biçimde yönetilmesi ve paylaşılabilir hale getirilmesidir. Bu bağlamda Direktif 'in görev alanı yalnızca veri yönetimiyle sınırlı olmayıp, aynı zamanda çevre izleme, doğal kaynakların korunması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı, afet risk yönetimi ve iklim değişikliğiyle mücadele gibi çok boyutlu politika alanlarına da temas etmektedir.

Direktif çerçevesinde AB üyesi ülkeler aşağıdaki yükümlülükleri üstlenmiştir:

- **Coğrafi Veri Temalarının Tanımlanması ve Sunumu:** INSPIRE, 34 adet coğrafi veri temasını tanımlamıştır (örneğin: arazi örtüsü, hidrografya, coğrafi adlar, ulaşım ağları, meteorolojik koşullar). Her ülke bu temalarla ilişkili verileri INSPIRE uyumlu hale getirmek ve tanımlı standartlara göre sunmakla yükümlüdür.
- **Meta-Veri Standartlarının Uygulanması:** Tüm coğrafi verilerin tanımı, erişim durumu, kullanım koşulları ve kalite bilgilerini içeren meta-veriler tüm AB üye ülkeler için INSPIRE Direktifi ile zorunlu hale getirilmiştir. Bu metaveri, kullanıcıların veri hakkında bilgi sahibi olmasını sağlayarak şeffaflığı ve veri yönetiminde etkinliği artırır.

- **Veri Paylaşımı ve Erişim:** Kamu kurumları arasında ve vatandaşlarla paylaşılmak üzere geliştirilen veriler, erişilebilirlik ve birlikte çalışabilirlik ilkelerine uygun biçimde açık veri portallarında sunulmak zorundadır. Veriye erişim hakkı temel bir prensip olarak tanımlanmıştır.
- **Kurumsal Koordinasyon:** INSPIRE Direktifinin uygulanmasından sorumlu ulusal otoriteler belirlenmiş, bu otoriteler aracılığıyla teknik uygulamalar izlenmekte ve Avrupa Komisyonu'na periyodik olarak raporlanmaktadır.
- **Çapraz Sektörel Entegrasyon:** INSPIRE, çevre odaklı olsa da uygulamada tarım, enerji, sağlık, ulaşım ve **afet yönetimi** gibi çok sayıda sektörel politika ile bütünleşmektedir. Bu nedenle veri yapıları sadece çevresel temalara değil, sektörler arası bilgi alışverişine de olanak sağlayacak biçimde düzenlenmiştir.

INSPIRE Direktifinin kapsamı, yalnızca teknik veri altyapılarını değil; aynı zamanda kurumsal yapıların dönüşümünü, yönetişim modellerinin gelişmesini ve dijital kamu hizmetlerinin etkinliğini de içine alan bütünsel bir dönüşüm çerçevesi sunmaktadır. Bu yönüyle, sadece bir teknik standartlar bütünü değil, Avrupa Birliği içinde kamu kurumları arası iş birliği ve saydamlık kültürünün inşasında da temel bir yapı taşı olarak değerlendirilmelidir.

Yasal çerçeve ve teknik standartlar

INSPIRE Direktifi, Avrupa Birliği'nin yasal mevzuat sisteminin bir parçası olarak, üye devletlerin ulusal hukuk düzenlemelerine entegre edilmesi gereken bağlayıcı bir düzenlemedir. 2007/2/EC sayılı bu direktifin uygulanmasını sağlamak amacıyla, Avrupa Komisyonu tarafından çeşitli uygulama yönetmelikleri (Implementing Rules) yayımlanmıştır. Bu yönetmelikler, veri erişimi, meta-veri yönetimi, veri paylaşımı, veri hizmetleri ve birlikte çalışabilirlik konularında teknik standartları detaylandırmaktadır.

INSPIRE çerçevesinde uyulması gereken temel teknik düzenlemeler şunlardır:

- *Meta-Veri Yönetmeliği (EC No 1205/2008):* Bu yönetmelik, veriye dair tanımlayıcı bilgilerin oluşturulması, güncellenmesi ve paylaşılması süreçlerini düzenlemektedir.
- *Veri Setleri ve Veri Hizmetlerine Erişim (EC No 976/2009):* Kamusal verilere erişim hakkının düzenlendiği bu mevzuat, çevrimiçi erişim olanakları, veri formatları ve kullanıcı hakları gibi konuları kapsamaktadır.
- *Ağ Servisleri Yönetmeliği (EC No 976/2009):* Arama, izleme, indirme ve dönüştürme hizmetlerini içeren bu yönetmelik, farklı sistemlerin birbirine entegre çalışabilmesini sağlayan teknik çözümler sunar.
- *Veri Uyumlaştırma ve Tematik Veri Yapıları:* Her mekansal veri temasına ilişkin veri modelleri, ortak bir şematik yapı ve kodlama sistemine bağlanmıştır. Bu durum, Avrupa genelinde veri karşılaştırılabilirliğini ve birlikte çalışabilirliğini mümkün kılmaktadır.

- *Veri Kalitesi İlkeleri:* INSPIRE, verilerin geçerliliği, güncelliği, doğruluğu ve tamlığına dair teknik parametreleri de belirlemiştir. Böylece, çevresel karar alma süreçlerinde güvenilir bilgi temelli yönetim sağlanması hedeflenmektedir.

INSPIRE'ın teknik standartları, sadece veri paylaşımını değil, aynı zamanda bilgi altyapılarının sürdürülebilirliğini de gözeten bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, Direktif yalnızca bir açık veri politikasından ibaret olmayıp, aynı zamanda Avrupa'nın dijital egemenliğini ve çevresel karar süreçlerinin bilimsel temellerini güçlendiren stratejik bir düzenleme niteliğindedir.

Uygulama süreçleri ve başarı hikayeleri

INSPIRE Direktifi'nin uygulama süreci, Avrupa Birliği üye devletlerinin ulusal mekansal veri altyapılarını ortak bir standartta birleştirme sürecini kapsamaktadır. Bu süreç, yalnızca teknik dönüşümü değil, aynı zamanda yönetsel kapasitenin artırılmasını, kurumsal iş birliği mekanizmalarının kurulmasını ve dijital kamu hizmetlerinin etkinliğinin artırılmasını da içermektedir.

- *Ulusal Geoportal Gelişimi:* INSPIRE Direktifi'nin en görünür uygulamalarından biri, her üye devletin kendi ulusal coğrafi bilgi portalını kurması zorunluluğudur. Örneğin Almanya'da Geoportal.de, Fransa'da Geoportail, İtalya'da RNDT (Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali) bu bağlamda geliştirilmiş platformlardır. Bu portallar, meta-veri hizmetlerinden harita görselleştirmelerine, indirme servislerinden semantik aramalara kadar birçok fonksiyonu desteklemektedir.
- *INSPIRE Uyum Raporlaması ve İzleme:* Her ülke, belirli aralıklarla Avrupa Komisyonu'na INSPIRE uygulama durumu hakkında raporlama yapmakla yükümlüdür. Bu raporlar, uygulamadaki ilerlemeyi değerlendirmek ve aksayan noktaları tespit etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca, INSPIRE Monitoring Reports ve Implementing Rules Evaluation araçları ile veri kalitesi, teknik uyum ve hizmet erişilebilirliği ölçülmektedir.
- *Hollanda Kadastro Entegrasyonu:* Hollanda, INSPIRE Direktifi çerçevesinde mekânsal veri yönetiminde en iyi uygulama örneklerinden birini sergilemektedir. Kadastro verileri, arazi kullanımı, hidrografya ve bina verileri gibi temalar INSPIRE standartlarına göre yapılandırılmış ve merkezi bir platformda açık veri olarak sunulmuştur. Bu yapı hem kamu sektörünün hem de özel sektörün veriye kolay erişimini sağlamış, ekonomik fayda üretmiştir.
- *INSPIRE Hackathon ve Topluluk Katılımı:* Avrupa Komisyonu'nun desteklediği INSPIRE Hackathon etkinlikleri, üye ülkelerden yazılımcıların, veri bilimcilerin ve kamu temsilcilerinin bir araya geldiği uygulamalı platformlardır. Bu etkinliklerde kamuya açık INSPIRE verileri kullanılarak akıllı şehirler, afet yönetimi, tarım ve çevresel gözlem sistemlerine yönelik uygulamalar geliştirilmektedir. Bu sayede INSPIRE'ın topluluklar düzeyinde benimsenmesi ve yaratıcılığa dayalı yeni çözümler geliştirilmesi teşvik edilmektedir.

- ***Afet Yönetiminde INSPIRE Kullanımı:*** INSPIRE kapsamında geliştirilen coğrafi veri yapıları, afet risk yönetimi açısından da somut uygulama alanı bulmuştur. Özellikle taşkın riski, orman yangını, kuraklık ve endüstriyel kazalar gibi senaryolarda, INSPIRE uyumlu verilerin ulusal afet müdahale sistemleriyle entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, Copernicus ve INSPIRE arasındaki veri akışı da uygulamaları daha güçlü hale getirmektedir.

INSPIRE Direktifi, sadece bir regülasyon değil, aynı zamanda Avrupa mekânsal veri yönetişiminin ortak kültürünü oluşturan bir araç haline gelmiştir. Başarı hikayeleri, teknik ilerlemelerin yanında kurumsal iş birlikleri, açık veri politikaları ve sürdürülebilir çevresel karar destek sistemleri ile birlikte değerlendirildiğinde, INSPIRE'ın uzun vadeli etkisi çok katmanlı bir dönüşümün parçası olarak ortaya çıkmaktadır.

Genel sonuç değerlendirmesi

INSPIRE Direktifi, Avrupa Birliği'nin dijital kamu yönetimi stratejilerinin en temel yapı taşlarından biri haline gelmiş, özellikle çevresel politika alanında mekansal bilgi temelli karar verme süreçlerinin kurumsallaşmasına önemli katkı sağlamıştır. Direktifin temel gücü, yalnızca veri standartlarını belirlemek değil, aynı zamanda kamu kurumları arasında iş birliği kültürünü güçlendirmek, açık veri anlayışını yaygınlaştırmak ve dijitalleşme yoluyla kamu hizmetlerinin etkinliğini artırmak üzerine kuruludur. Uygulama süreci boyunca edinilen deneyimler, INSPIRE'ın teknik, hukuki ve yönetsel düzeylerde çok katmanlı bir etki ürettiğini göstermektedir. Ulusal veri portallarının oluşturulması, meta-veri sistemlerinin standardize edilmesi ve kurumlar arası veri paylaşımı gibi somut çıktılar, Avrupa genelinde mekânsal veriye erişimi ve bu verinin değerini önemli ölçüde artırmıştır. Bu süreç, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik, afet yönetimi, şehir planlaması ve iklim değişikliğiyle mücadele gibi birçok farklı sektörde karar destek sistemlerinin daha bilimsel ve veri temelli kurgulanmasına imkan tanımıştır.

Bununla birlikte INSPIRE, yalnızca teknik bir mevzuat olarak değil; aynı zamanda bilgiye erişim hakkı, şeffaf yönetim, vatandaş katılımı ve dijital eşitlik gibi Avrupa değerlerinin hayata geçirilmesinde stratejik bir rol oynamaktadır. Veri demokrasisinin inşasında, INSPIRE gibi altyapı düzenlemeleri belirleyici önemdedir. Ancak INSPIRE'ın tam potansiyeline ulaşabilmesi için; kullanıcı merkezli tasarım anlayışının geliştirilmesi, uygulamalar arası birlikte çalışabilirlik düzeyinin artırılması, veri kalitesine yönelik denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi ve özellikle küçük ölçekli ülkelerin teknik kapasitelerinin desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu yöndeki reformlar, INSPIRE'ın sadece Avrupa içinde değil, dünya genelinde mekânsal bilgi yönetişimi konusunda örnek teşkil eden bir sistem haline gelmesini sağlayacaktır. Sonuçta INSPIRE, çevresel ve mekânsal bilgi sistemlerinin entegrasyonunu sağlayarak Avrupa'da bilgiye dayalı yönetişimin kurumsallaşmasına öncülük eden bir girişimdir.

2.3.3 Japonya: Bütünleşik Afet Yönetimi ve Bōsai Kültürü

Kuruluş ve tarihsel arka plan

Japonya, coğrafi konumu itibariyle dünyanın en çok afet yaşayan ülkelerinden biridir. Pasifik Ateş Çemberi üzerinde yer alması nedeniyle sık sık deprem, tsunami, tayfun, volkan patlaması gibi doğal afetlerle karşı karşıya kalan ülke, bu risklere karşı dünyanın en gelişmiş afet yönetimi sistemlerinden birini oluşturmuştur. Bu sistemin temelleri, 1961 yılında yürülüğe giren "Disaster Countermeasures Basic Act" ile atılmıştır. Bu yasa, afet öncesi, sırası ve sonrasına ilişkin yönetim, koordinasyon ve sorumluluk ilkelerini tanımlayarak Japon afet yönetiminin omurgasını oluşturmuştur.

Afet yönetiminde merkezi otorite olarak Japonya Başbakanlığı'na bağlı Çalışma Ofisi (Cabinet Office - Disaster Management) belirlenmiştir. Bununla birlikte Japonya'da afet yönetimi sadece merkezi idarenin yetki alanında değil, tüm kamu kurumlarının, yerel yönetimlerin, sivil toplumun ve halkın aktif rol aldığı bütüncül bir yaklaşım üzerine inşaa edilmiştir. Japonya'nın bu bütünleşik sisteminin temel kavramsal dayanağı "Bōsai" yani "afet zararlarının önlenmesi" kültürüdür.

Yasal ve kurumsal çerçeve

Japon afet yönetimi sistemi, çok katmanlı bir yasal ve kurumsal çerçeveye dayanır. Temel yasal düzenleme olan "Disaster Countermeasures Basic Act" (1961), merkezi ve yerel yönetimlerin görev dağılımını, kriz zamanlarında alınacak önlemleri ve afet sonrası iyileştirme sürecinde izlenecek yöntemleri belirlemektedir. Bu yasa kapsamında her düzeyde afet yönetim planları hazırlanması zorunlu kılınmıştır. Yasal sistem aşağıdaki önemli düzenlemeleri de kapsar:

- *Act on Promotion of National Resilience (2013):* Kritik altyapının korunması ve dirençli toplum yapısının inşası amacıyla çıkarılmıştır.
- *Earthquake Disaster Management Special Measures Act:* Deprem özelinde alınması gereken önlemleri detaylandırır.
- *Tsunami Disaster Prevention Regional Plan Act:* Tsunami riskine maruz bölgelerde yerel yönetimlerin uyması gereken planlama esaslarını içerir.

Kurumsal düzeyde, afet yönetimi Başbakanlık Ofisi koordinasyonunda; İçişleri Bakanlığı, Altyapı-Ulaştırma-Turizm Bakanlığı (MLIT), Ekonomi-Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI), Sağlık Bakanlığı gibi çok sayıda kamu kurumu tarafından sektörel olarak paylaşılmıştır. Ayrıca Japon Meteoroloji Ajansı (JMA), erken uyarı sistemleri konusunda merkezi rol oynar. Yerel yönetimler (prefektörlük ve belediyeler), kendi risk analizlerini yaparak bölgesel planlarını hazırlarlar. Tüm bu aktörler arasında düzenli tatbikatlar ve yıllık koordinasyon toplantıları ile iş birliği tesis edilir.

Bōsai kültürü ve toplumsal katılım

Japonya'da afet yönetimi yalnızca teknik ve yönetsel boyutlarda değil, toplumsal kültürün bir parçası olarak da ele alınır. Bu bağlamda "Bōsai" kavramı, sadece afet anında hayatta kalmayı değil; öncesinde risk farkındalığı oluşturmayı, zarar azaltıcı önlemler almayı, mahalle düzeyinde hazırlık yapmayı ve hızlı iyileşme sürecine katkıda bulunmayı içeren bütüncül bir yaklaşımdır.

- *Afet Eğitimi:* Japonya'da afet eğitimi okul öncesi düzeyde başlamakta ve tüm müfredata yayılmaktadır. Okullarda düzenli olarak tahliye tatbikatları yapılmakta, çocuklara acil durum çantaları hazırlatma gibi pratik uygulamalar öğretilmektedir.
- *Toplum Tabanlı Organizasyonlar:* Mahalle bazlı afet gönüllü grupları (Jichikai veya Bōsai-kai) kurumsallaşmış durumdadır. Bu gruplar, afet anında ilk müdahale, barınma organizasyonu ve yardım dağıtımı gibi görevleri üstlenir.
- *Tatbikat Kültürü:* Her yıl 1 Eylül'de gerçekleştirilen "Afet Önleme Günü" ulusal çapta tatbikatlarla desteklenir. Ayrıca Tokyo Metropol Yönetimi, Mega Deprem Senaryolarına göre her yıl kapsamlı afet simülasyonları gerçekleştirmektedir.

Teknolojik altyapı ve erken uyarı sistemleri

Japonya'nın afet yönetim başarısının önemli bileşenlerinden biri ileri düzey teknolojik altyapılardır. Özellikle erken uyarı sistemleri ve gerçek zamanlı afet bilgilendirme sistemleri sayesinde, can kayıpları önemli ölçüde azaltılmaktadır.

- *Japon Meteoroloji Ajansı (JMA):* Deprem, tsunami, tayfun gibi afet türlerine yönelik sürekli izleme ve uyarı sistemlerini yönetir. Erken uyarılar, mobil cihazlara, televizyonlara ve tren istasyonlarına entegre sistemlerle yayılır.
- *GIS ve Mekânsal Karar Destek Sistemleri:* Japonya'da afet riski haritaları (hazard maps), bina dayanaklılık analizleri ve tahliye güzergâhları mekânsal veri tabanları ile entegre çalışır.
- *Yapay Zeka ve Sensör Tabanlı Sistemler:* Deprem sensörlerinden toplanan veriler yapay zeka algoritmaları ile analiz edilmekte, risk tahmin modelleri oluşturulmaktadır. Akıllı şehirlerde sensör tabanlı sel ve taşkın uyarı sistemleri aktif olarak kullanılmaktadır.

Uluslararası iş birlikleri ve bilgi transferi

Japonya, afet yönetimi konusundaki bilgi ve deneyimini uluslararası düzeyde paylaşan öncü ülkelerden biridir. Birleşmiş Milletler Afet Risklerinin Azaltılması Ofisi (UNDRR) ile yakın iş birliği içinde çalışan Japonya, aynı zamanda "Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi"nin ev sahibi ülkesidir. 2015 yılında Sendai'de kabul edilen bu çerçeve, afet yönetimi politikalarının küresel ölçekte yönünü belirleyen en temel dokümandır.

Japonya ayrıca JICA (Japan International Cooperation Agency) aracılığıyla birçok gelişmekte olan ülkeye afet yönetimi, kapasite geliştirme ve teknoloji transferi konularında destek sağlamaktadır.

Eleştiriler ve reform süreçleri

Japonya'nın afet yönetimi sistemi çoğunlukla örnek gösterilmekle birlikte, bazı eleştiriler ve reform ihtiyacı noktaları da bulunmaktadır:

- 2011 Tōhoku depremi ve Fukushima nükleer kazası sonrası, büyük ölçekli afetlerde merkezi koordinasyonun ve bilgi akışının yetersiz kaldığı görülmüştür.
- Yaşlı nüfusun tahliyesi, engelli bireylerin afet planlarına entegrasyonu ve özel sektör ile kamu arasındaki bilgi paylaşım eksikliği gibi konular sistemin hassas noktaları olarak değerlendirilmiştir.

Bu eksikliklere karşılık Japonya, 2013 sonrası yeniden yapılanma süreçlerinde toplum temelli afet dirençliliği konusunu daha fazla öne çıkarmış, belediye düzeyinde esnek afet yönetim planları hazırlanmasını zorunlu kılmıştır.

Genel sonuç değerlendirmesi

Japonya'nın afet yönetimi sistemi çok düzeyli, çok paydaşlı ve kültürel olarak içselleştirilmiş bir yapıya sahiptir. Teknik mükemmeliyet, halkın bilgi düzeyi, kurumlar arası eşgüdüm ve kamu katılımı ile şekillenir. "Bōsai" kültürü sayesinde afet riski sürekli bir hazırlık ve öğrenme süreci olarak görülür. Bu kültür, bireylerin ve toplumların afetlere karşı bilinç ve dayanıklılıklarını artırmayı amaçlayan eğitim, pratik ve toplumsal katılımı kapsar. Japonya'nın okullarda düzenli olarak gerçekleştirdiği tahliye tatbikatları, halkı acil durumlara karşı hazır tutmayı hedeflerken, yerel yönetimler ve özel sektör arasındaki iş birliği de etkin bir risk azaltma mekanizması oluşturur. Japonya'nın modeli, afetlere dirençli toplumlar inşa etmek isteyen ülkeler için teknik, yönetsel ve toplumsal açıdan çok yönlü bir referans noktasıdır. Ayrıca, bu modelin başarısı, uzun vadeli planlama ve sürekli iyileştirme yaklaşımına dayanır; teknoloji ve bilginin etkili kullanımı, bu sürecin ayrılmaz bir parçasıdır.

2.3.4 Altyapı Odaklı Küresel Bir Yaklaşım: Hindistan ve Afetlere Dayanıklı Altyapı Koalisyonu (CDRI)

Kuruluş ve tarihsel arka plan

Hindistan, sık ve çeşitli afet türlerinin (deprem, sel, kuraklık, kasırga ve toprak kaymaları) yaşandığı karmaşık bir jeo-iklimsel yapıya sahiptir. Bu yüksek risk profili, Hindistan'ın afet yönetimi politikalarında dönemsel dönüşümlere neden olmuştur. 1999 Odisha Kasırgası ve 2001 Gujarat Depremi gibi büyük çaplı felaketler, merkezi ve eyalet düzeyinde müdahale kapasitelerinin eksikliklerini açığa çıkarmış, ulusal düzeyde daha sistematik bir yaklaşıma geçilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur. Özellikle 2004 Hint Okyanusu Depremi ve Tsunamisi hem insan kayıpları hem de altyapı hasarı açısından Hindistan için tarihsel bir dönüm noktası olmuş; bu olayın ardından afet yönetimi yapılarında kurumsal ve yasal yeniden yapılanmalara gidilmiştir. Bu kapsamda 2005 yılında Disaster Management Act kabul edilmiş ve buna bağlı olarak Ulusal Afet Yönetimi Kurumu (NDMA) kurulmuştur. NDMA, afet

risklerini azaltmaya odaklanan stratejik planlama, politika geliştirme ve uygulama sorumluluğuna sahip merkezi bir otorite olarak yapılandırılmıştır.

NDMA'nın öncülüğünde afetlere karşı daha dirençli bir altyapı kurma vizyonu, Hindistan'ın kalkınma planlarıyla da uyumlu şekilde ele alınmış; özellikle kırsal ve kentsel alanlarda iklim uyumlu yapılaşma, erken uyarı sistemleri ve yerel risk haritalama uygulamaları ön plana çıkarılmıştır. Bu iç reformların ardından Hindistan, afetlere dayanıklı altyapı vizyonunu küresel ölçekte paylaşmak üzere 2019 yılında Coalition for Disaster Resilient Infrastructure (CDRI)'yi kurmuştur. Bu koalisyon, Hindistan'ın yalnızca ulusal değil, uluslararası ölçekte de afet yönetimi alanında norm koyucu ve rehber ülke olma hedefini temsil etmektedir. CDRI, afet risklerine karşı altyapıların daha dirençli hâle getirilmesi amacıyla ülkeler, kalkınma bankaları, özel sektör ve bilimsel kurumlar arasında iş birliği temelli bir platform olarak işlev görmektedir. Bu vizyonun uluslararasılaşması ise 2019 yılında Hindistan öncülüğünde kurulan Coalition for Disaster Resilient Infrastructure (CDRI) ile gerçekleşmiştir. CDRI, afet risklerine karşı dayanıklı altyapı tasarımı, inşası, yönetimi ve finansmanı konularında çok taraflı bir iş birliği mekanizması olarak ön plana çıkmıştır.

Yasal ve kurumsal çerçeve

Hindistan'da afet yönetiminin hukuki temeli 2005 yılında kabul edilen Disaster Management Act ile atılmıştır. Bu yasa kapsamında NDMA kurulmuş ve tüm eyaletlere benzer yapıların oluşturulması zorunlu kılınmıştır. CDRI ise bu yapının küresel bir yansıması olarak, Hindistan Hükümeti'ne bağlı Ministry of External Affairs koordinasyonunda yürütülmekte olup, NDMA ile iş birliği içerisinde çalışmaktadır. CDRI'nin operasyonları, Hindistan hükümetinin kalkınma diplomasi vizyonunun bir parçası olarak hem teknik kapasite geliştirme hem de uluslararası normların yaygınlaştırılması amacına hizmet eder.

CDRI'nin kurumsal yapısı ve stratejik hedefleri

CDRI, çok paydaşlı ve çok düzeyli bir yapıya sahiptir. Üyeleri arasında 30'dan fazla ülke, uluslararası kuruluşlar (UNDRR, World Bank, ADB), özel sektör temsilcileri, teknik uzmanlık ajansları ve akademik kurumlar yer almaktadır. Koalisyonun yönetim yapısı, stratejik kararların alındığı bir Yönetim Kurulu, teknik konuların değerlendirildiği Danışma Kurulu ve operasyonların yürütüldüğü Sekretarya'dan oluşmaktadır. Ayrıca geçici çalışma grupları (task forces) belirli tematik alanlarda özel projeleri yürütmektedir. CDRI'nin stratejik hedefleri, yalnızca teknik dayanıklılık sağlamaya değil; aynı zamanda politika uyumu, bilgi üretimi ve toplumsal farkındalığın artırılmasına yöneliktir. Koalisyonun ana faaliyet alanları şunlardır:

- *Altyapı Risk Değerlendirmesi ve Standart Geliştirme:* Üye ülkelerin iklim ve afet risklerine uygun altyapı standartları geliştirmesine rehberlik eder. Aynı zamanda mevcut altyapının risk profiline göre iyileştirilmesi ve yeni yatırımların bu çerçeveye göre tasarlanması hedeflenmektedir.

- *Politika ve Strateji Danışmanlığı:* Ulusal ve bölgesel düzeyde altyapı politikalarının afet dirençli ilkeler doğrultusunda yeniden yapılandırılması için hükümetlere teknik rehberlik sunar. Bu faaliyetler genellikle saha çalışmaları, politika değerlendirme raporları ve uzman görüşlerine dayalı yürütülür.
- *Kapasite Geliştirme ve Bilgi Paylaşımı:* Eğitim programları, çevrim içi öğrenme modülleri, pilot projeler ve bölgesel çalıştaylar aracılığıyla bilgi üretimi ve yayılımı sağlanır. Bu sayede üye ülkeler arasında bilgi eşitsizliği azaltılmakta, teknik kapasiteler dengelenmektedir.
- *Araştırma ve Yenilik:* Koalisyon, altyapı sistemlerinin dayanıklılığını artırmaya yönelik yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmesini teşvik eder. Afet dirençli tasarım ilkeleri, sürdürülebilir yapı malzemeleri, enerji verimliliği ve doğa temelli çözümler gibi temalar bu alanda önceliklidir. Ayrıca her yıl yayınlanan "Resilient Infrastructure Innovation Compendium" ile iyi uygulamalar belgelenmektedir.

Bu kurumsal ve stratejik yapı, CDRI'yi yalnızca teknik bir konsorsiyum olmaktan çıkararak, altyapı dayanıklılığı ekseninde küresel politika üretiminde etkin bir oyuncu haline getirmektedir.

- *Altyapı Risk Değerlendirmesi ve Standart Geliştirme:* Üye ülkelerin iklim ve afet risklerine uygun altyapı standartları geliştirmesine rehberlik eder.
- *Politika ve Strateji Danışmanlığı:* Hükümetlere, afetlere dayanıklı altyapı yatırımlarının planlanması konusunda teknik danışmanlık sağlar.
- *Kapasite Geliştirme ve Bilgi Paylaşımı*: Eğitim programları, çevrim içi platformlar ve saha uygulamaları aracılığıyla bilgi alışverişini kolaylaştırır.
- *Araştırma ve Yenilik:* Afet dirençli altyapı alanında öncü akademik yayınlar, vaka analizleri ve metodolojik araçlar geliştirir.

Teknolojik altyapı ve bilgi paylaşım sistemleri

CDRI'nin odaklandığı başlıca teknolojik alanlar arasında mekânsal veri yönetimi, afet simülasyonları, uzaktan algılama sistemleri, yapay zekâ destekli karar destek sistemleri, büyük veri analitiği ve nesnelerin interneti (IoT) uygulamaları yer almaktadır. Bu teknolojiler, özellikle altyapıların kırılganlık analizlerinin yapılmasında, olası afet senaryolarının modellenmesinde ve risk tabanlı yatırım planlarının şekillendirilmesinde kritik rol oynamaktadır. CDRI, veri temelli karar alma kültürünü yaygınlaştırmak amacıyla farklı dijital araçlar ve platformlar geliştirmiştir. Bu sistemler hem üye ülkelerin teknik kapasitesini artırmakta hem de veri paylaşımını kolaylaştırmaktadır:

- *IRAP (Infrastructure Risk Assessment Platform):* Altyapı yatırımlarının afet riski açısından değerlendirilmesini sağlayan, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı bir karar destek platformudur. Kullanıcılar, bu platform aracılığıyla altyapı türüne, coğrafi konuma ve risk düzeyine göre senaryo bazlı analizler gerçekleştirebilmektedir.

- *Resilient Infra Marketplace:* Kamu ve özel sektör paydaşlarının dayanıklı altyapı çözümlerini ortak proje havuzlarında değerlendirebildiği, açık katılıma uygun dijital bir platformdur. Bu sistem, bilgi alışverişi ile birlikte yenilikçi altyapı projelerinin fonlanmasına da aracılık etmektedir.
- *Knowledge Hub:* Üye ülkelerin teknik belgelerine, proje raporlarına, veri setlerine ve eğitim materyallerine ulaşabileceği açık kaynaklı bir dijital kütüphanedir. Ayrıca platform, ortak öğrenme oturumları ve bölgesel çalıştaylara dair kayıtlar da sunmaktadır.
- *Alert and Response Integration System (ARIS):* CDRI tarafından geliştirilen bu yeni nesil modül, uzaktan algılama sistemlerinden gelen verilerle entegre çalışarak olası altyapı tehditlerini önceden bildirmeyi amaçlar. Afet erken uyarı sistemleriyle senkronize çalışır ve kritik müdahale sürelerinin kısaltılmasına katkı sağlar.

Bütün bu teknolojik girişimler, sadece afetlere karşı hazırlık kapasitesini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda altyapı yatırımlarının uzun vadeli sürdürülebilirliğini de güvence altına almayı hedeflemektedir. CDRI, bu dijital sistemleri aracılığıyla üye ülkelerin birbirinden öğrenmesini, yenilikçi çözümleri yaygınlaştırmasını ve teknik kapasite eşitsizliklerini gidermesini amaçlamaktadır.

Ulusal ve uluslararası iş birlikleri

CDRI, hem Hindistan'daki kalkınma kurumları hem de dünya genelindeki uluslararası örgütlerle aktif, çok boyutlu iş birlikleri yürütmektedir. Bu iş birlikleri, sadece bilgi ve teknoloji transferiyle sınırlı kalmayıp; finansman, norm geliştirme, kapasite inşası ve diplomatik diyaloğu da içermektedir. CDRI'nin iş birliği stratejisi, ortak sorunlara karşı ortak çözümler geliştirmeyi temel alır.

- *Birleşmiş Milletler Afet Risklerinin Azaltılması Ofisi (UNDRR):* CDRI, Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi 'ne uygun olarak altyapı dayanıklılığı politikalarının geliştirilmesine katkı sunmakta; ayrıca UNDRR ile birlikte düzenlenen teknik forumlar aracılığıyla üye ülkelerin politika kapasitelerini artırmayı hedeflemektedir.
- *Dünya Bankası ve Asya Kalkınma Bankası:* Finansal dayanıklılık ve altyapı yatırımlarının sürdürülebilirliği için birlikte projeler geliştirilmekte; bu kurumlarla yapılan stratejik ortaklıklar sayesinde birçok üye ülkenin altyapı projeleri desteklenmektedir. Aynı zamanda afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerine yönelik kredi ve hibe olanakları da bu iş birliklerinin bir parçasıdır.
- *İkili Anlaşmalar ve Bölgesel Girişimler:* Japonya, Avustralya ve Almanya gibi ülkelerle imzalanan mutabakat zaptları doğrultusunda, afet senaryolarına göre altyapı testleri, erken uyarı sistemlerinin uyumu ve sürdürülebilir şehir planlama projeleri yürütülmektedir. Ayrıca Afrika ve Güneydoğu Asya'daki birçok ülkeyle pilot uygulamalar üzerinden bölgesel bilgi aktarımı sağlanmaktadır.

- *Kalkınma Kurumları ve Özel Sektör:* CDRI, UNDP, UNEP ve özel sektör liderleriyle geliştirdiği çok paydaşlı iş birlikleriyle altyapı alanında yenilikçi çözümleri teşvik etmekte; sigorta şirketleri, mühendislik firmaları ve enerji sağlayıcıları gibi aktörleri sürece dahil etmektedir.

Bu ortaklıklar, CDRI'nin yalnızca teknik değil, aynı zamanda küresel diplomasi, kalkınma iş birliği ve normatif politika yapımında stratejik bir platform işlevi görmesini sağlamaktadır. Ulusal, bölgesel ve küresel ölçekte bütünleşik müdahale ve hazırlık stratejilerinin geliştirilebilmesi adına bu tür çok katmanlı ortaklıklar CDRI'nin temel taşı niteliğindedir.

Genel sonuç değerlendirmesi

CDRI, Hindistan'ın kalkınma ve dış politika vizyonunun merkezinde konumlanan, yenilikçi ve stratejik bir girişim olarak küresel düzeyde dikkat çekmektedir. Sadece afet müdahalesine odaklanan geleneksel yaklaşımların ötesine geçerek, önleyici risk yönetimi, altyapı dirençliliği ve sürdürülebilir kalkınma kavramlarını bir araya getirmesi, CDRI'yi çağdaş afet yönetimi paradigmasının öncülerinden biri haline getirmiştir.

CDRI, çok paydaşlı yapısıyla hükümetler, uluslararası kuruluşlar, özel sektör ve akademiyi aynı platformda buluşturarak bilgi paylaşımı, kapasite inşası ve ortak eylem alanlarında benzersiz bir sinerji oluşturmuştur. Geliştirdiği teknik araçlar, dijital platformlar ve karar destek sistemleri ile yalnızca afet risklerinin yönetilmesini değil; aynı zamanda sosyal eşitsizliklerin azaltılmasını, kapsayıcı kentleşmenin teşvik edilmesini ve iklim değişikliğine karşı uzun vadeli direnç stratejilerinin geliştirilmesini de hedeflemektedir.

Bu bütüncül yaklaşımı sayesinde CDRI, yalnızca Hindistan için değil, düşük ve orta gelirli ülkeler için de bir model niteliği taşımakta; altyapı yatırımlarının sürdürülebilirlik, güvenlik ve dayanıklılık ilkeleriyle şekillenmesine katkı sunmaktadır. Bu bağlamda, afet sonrası değil, afet öncesi müdahaleye dayalı küresel bir zihniyet dönüşümünün önünü açmakta ve dayanıklı toplumlar inşa etme yolunda güçlü bir kurumsal çerçeve sunmaktadır.

Sonuç olarak, CDRI, 21. yüzyılın karmaşık risk ortamında altyapı temelli bir afet yönetimi yaklaşımını temsil etmekle kalmamakta, aynı zamanda kalkınma, güvenlik ve çevre alanlarında disiplinler arası iş birliğini besleyerek küresel dayanıklılık hedeflerine ulaşmada kritik bir katalizör rolü oynamaktadır. CDRI'nin stratejik rolü, afet yönetiminde yalnızca kısa vadeli çözümler değil, uzun vadeli direnç stratejileri geliştirmek isteyen tüm ülkeler için örnek teşkil etmektedir. Bu bağlamda Hindistan ve CDRI, 21. yüzyılın altyapı odaklı küresel afet yönetimi paradigmasının en güçlü temsilcilerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

2.3.5 Hindistan: Çok Katmanlı Afet Risk Yönetimi ve Kurumsal Yapılanma

Kuruluş ve tarihsel arka plan

Hindistan, coğrafi ve iklimsel çeşitliliği nedeniyle çok çeşitli afet türlerine maruz kalan bir ülkedir. Deprem, sel, kuraklık, toprak kayması, siklon ve çok sık görülmeyen ama yüksek risk taşıyan tsunami gibi doğal afetler; ülkenin hem kentsel hem de kırsal alanlarını sürekli tehdit etmektedir. Bu nedenle Hindistan, afet yönetimini ulusal kalkınma politikasının ayrılmaz bir parçası olarak konumlandırmıştır. 2005 yılında kabul edilen "Afet Yönetimi Yasası" (Disaster Management Act, 2005), Hindistan'daki afet yönetiminin temel yasal çerçevesini oluşturmakta ve kurumsal sistemin temelini atmaktadır.

Bu yasa ile Hindistan Ulusal Afet Yönetim Kurumu (NDMA - National Disaster Management Authority) kurulmuş, başkanlığını Hindistan Başbakanı'nın yaptığı bu kurum, strateji belirleme, politika oluşturma ve ulusal eylem planlarının uygulanmasından sorumlu hale getirilmiştir. Yasa aynı zamanda her eyalette ve ilçede afet yönetim ajanslarının kurulmasını zorunlu kılarak, merkeziyetçi olmayan, yerel özerkliği ön plana alan bir yapı öngörmüştür.

Yasal ve kurumsal yapı

Hindistan'daki afet yönetimi sistemi, 2005 yılında yürürlüğe giren Afet Yönetimi Yasası ile kurumsallaşmış ve ülke genelinde çok düzeyli bir yönetişim mekanizması oluşturulmuştur. Bu yapı, ulusal, eyalet ve ilçe düzeyinde düzenlenmiştir. Böylece Hindistan'da afet yönetimi sadece merkezi idarenin değil, aynı zamanda yerel aktörlerin ve halkın da dahil olduğu katılımcı bir sistem haline gelmiştir.

- *Ulusal Düzey:* NDMA, afet yönetiminin temel otoritesidir. Politika belirleme, stratejik planlama, ulusal çapta afetlere hazırlık, kapasite geliştirme ve toplumun bilinçlendirilmesi gibi konulardan sorumludur. İcra makamı olan NIDM (National Institute of Disaster Management), NDMA'ya bağlı olarak akademik araştırmalar, eğitim faaliyetleri ve kapasite geliştirme çalışmaları yürütür.
- *Eyalet Düzeyi:* Her eyalette SDMA (State Disaster Management Authority) bulunur. SDMA'lar, eyalet düzeyinde afet planlarının hazırlanması, tatbikatların yapılması ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinin koordine edilmesinden sorumludur. Eyaletlerin başbakanları, SDMA'nın başkanlığını yürütür.
- *İlçe Düzeyi:* DDMA (District Disaster Management Authority) yapısı, afet müdahalesinin en yerel düzeyde organize edilmesini sağlar. Her bir ilçe yöneticisi (District Collector), aynı zamanda DDMA'nın başkanıdır ve yerel kaynakların mobilizasyonundan, halkla iletişime ve afet sonrası ihtiyaçların belirlenmesine kadar birçok kritik fonksiyonu yerine getirir.

NDMA'nın görevleri ve stratejileri

NDMA, Hindistan'da afet risklerinin azaltılması ve afetlere karşı hazırlık düzeyinin artırılması adına çok boyutlu görevler üstlenmektedir. Görev alanları ve stratejik yaklaşımı şu başlıklar altında toplanabilir:

- *Politika Geliştirme:* Ulusal afet yönetim politikalarının oluşturulması ve uygulanmasının gözetimi.
- *Kurumlar Arası Koordinasyon:* Tüm kamu kurumlarının ve özel sektörün afet hazırlıklarına dahil edilmesini sağlamak.
- *Ulusal Eylem Planları:* Sel, kuraklık, deprem, nükleer, biyolojik ve kimyasal afetler dahil olmak üzere farklı tehlikeler için tematik eylem planlarının hazırlanması.
- *Standartların Belirlenmesi:* İnşaat yönetmelikleri, afet güvenli yerleşim ilkeleri, tahliye planları gibi teknik standartların oluşturulması.
- *Kapasite Geliştirme:* Eğitici eğitimleri, toplum tabanlı farkındalık programları ve okul temelli afet eğitimi uygulamaları.

NDMA, afet riskini azaltma vizyonunu sadece afet sonrası müdahale değil, aynı zamanda afet öncesi zarar azaltma ve dayanıklılık artırma perspektifiyle yürütmektedir. Bu yaklaşım, Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) ve Sendai Çerçevesi ile de uyumludur.

Yerel yönetimler ve toplum temelli yaklaşım

Hindistan afet yönetimi modelinde yerel yönetimlerin rolü kritik önemdedir. Özellikle afetlerin ilk saatlerinde gösterilecek yerel tepki, can ve mal kayıplarını doğrudan etkilediği için DDMA'lar, mahalle düzeyinde planlama ve kaynak tahsisini öncelikli hale getirmiştir. Bu kapsamda, toplumun tüm kesimlerini içine alan, yerinden yönetimi esas alan ve risk azaltımını merkezine koyan bir afet yönetimi anlayışı inşa edilmiştir.

- *Toplum Temelli Katılım:* CB-DRR (Community-Based Disaster Risk Reduction) yaklaşımları, mahalle komitelerinin oluşturulmasını, risk haritalarının halkla birlikte hazırlanmasını ve mahalle afet planlarının geliştirilmesini kapsar.
- *Kadın ve Çocuk Odaklı Programlar:* Afetlerden en fazla etkilenen gruplar olan kadınlar, çocuklar ve yaşlılar için özel hazırlık programları yürütülmektedir.
- *Eğitim ve Farkındalık:* Hindistan'da okul müfredatlarına afet eğitimi dahil edilmiştir. Ayrıca, topluma açık afet hazırlık tatbikatları ve medya kampanyaları düzenli olarak yürütülmektedir.

Teknolojik altyapı ve erken uyarı sistemleri

Hindistan, afet risklerinin önceden belirlenmesi ve etkilerinin azaltılması amacıyla aşağıdaki biçimlerde teknolojiyi yoğun biçimde kullanmaktadır. Bu

sistemler, Hindistan'ın çok büyük bir nüfusa ve geniş bir coğrafyaya sahip olmasından kaynaklanan yönetimsel zorluklara karşı önemli destek sunmaktadır.

- *IMD (India Meteorological Department):* Meteorolojik afetlerin izlenmesi ve erken uyarı sistemlerinin işletilmesinden sorumludur. Özellikle siklon ve aşırı yağış olaylarında IMD'nin tahminleri hayati öneme sahiptir.
- *CWC (Central Water Commission):* Taşkın izleme sistemleri, su seviyesi gözlem ağları ve baraj kontrol sistemleri yürütmektedir.
- *GIS ve Mekânsal Analiz Sistemleri:* Tehlike haritalama, kaynak planlama ve tahliye senaryoları için CBS tabanlı sistemler kullanılmaktadır.
- *Mobil Uygulamalar:* NDMA tarafından geliştirilen mobil uygulamalar ile halk erken uyarılar, barınma merkezleri, güvenli güzergâhlar ve afet sonrası yardım hakkında bilgilendirilmektedir.

Genel sonuç değerlendirmesi

Hindistan'ın afet yönetimi sistemi, çok düzeyli yapısı, hukuki temelleri, toplum temelli yaklaşımları ve teknolojik yatırımlarıyla oldukça gelişmiştir. NDMA'nın liderliğinde inşa edilen bu sistem, afetlere müdahale etmeyi, riskleri azaltmayı, toplumsal dayanıklılığı artırmayı ve sürdürülebilir kalkınmayı hedeflemektedir. Hindistan, afete duyarlı çözümleriyle afet yönetimi alanında dikkat çekmektedir ve bölgesel iş birliği ve bilgi transferi açısından aktif bir rol oynamaktadır.

2.3.6 Hollanda: Su Yönetimi Tabanlı Afet Risk Azaltımı ve Entegre Yönetişim Modeli

Kuruluş ve tarihsel arka plan

Hollanda, tarihsel olarak deniz seviyesinin altında yer alan topraklarının büyük bölümü nedeniyle su kaynaklı afetlere karşı kırılgan bir coğrafyada konumlanmıştır. Bu durum, ülkenin afet yönetimi politikalarının merkezine su yönetimini yerleştirmesine neden olmuştur. Özellikle 1953 yılında meydana gelen ve 1800'den fazla kişinin hayatını kaybettiği Kuzey Denizi taşkını, Hollanda'nın afet yönetimi anlayışını köklü şekilde dönüştürmüş ve modern mühendislik çözümlerine dayalı sistemlerin geliştirilmesinin önünü açmıştır. Bu felaketin ardından kurulan Delta Komisyonu, ülkenin tüm kıyı ve iç su sistemlerini yeniden yapılandıran Delta Works adlı dünyaca ünlü altyapı projesini başlatmıştır. Ardından gelen yıllarda Hollanda, yalnızca taşkınlara karşı dirençli altyapılar kurmakla kalmamış, aynı zamanda afet risk yönetimini kapsayıcı bir yönetişim modeliyle kurumsallaştırmıştır. Günümüzde ülkenin afet yönetimi, merkezi hükümet, su yönetim otoriteleri (Water Boards), yerel yönetimler ve halkın eşgüdüm içinde çalıştığı bir çerçevede yürütülmektedir.

Yasal ve kurumsal çerçeve

Hollanda'daki afet yönetimi sisteminin temel dayanaklarından biri, 2009 yılında yürürlüğe giren Water Act (Su Yasası) ve Disaster and Crisis Management Act'tir. Bu yasalarla birlikte, taşkın riskinin yönetimi yalnızca kriz müdahalesi olarak değil,

önleyici planlama ve sürdürülebilir su politikaları ile bütünleştirilmiştir. Bu sistemin temelinde, görevlerin hem dikey hem yatay olarak dağıtıldığı, kurumlar arası bilgi ve görev paylaşımının yasal düzenlemelerle garanti altına alındığı çok paydaşlı bir model yer alır.

- Ulusal Güvenlik ve Adalet Bakanlığı, afet yönetiminin genel koordinasyonundan sorumludur.
- Rijkswaterstaat (Ulusal Altyapı ve Su Yönetimi Ajansı), baraj, kanal, set gibi büyük altyapıların bakımı ve taşkın önleme politikalarının yürütülmesinden sorumludur.
- Water Boards (Su Kurulları), Avrupa'daki en eski yönetişim yapılarından biri olarak, yerel düzeyde su seviyelerinin ve altyapısının yönetimini üstlenir.

Su yönetimi temelli risk azaltımı politikaları

Hollanda'nın afet yönetimi politikaları, yalnızca yapısal savunma önlemleri ile sınırlı kalmayıp, sürdürülebilirlik ve doğa temelli çözümlerle entegre edilen çok boyutlu bir yaklaşıma dayanmaktadır. Bu yaklaşım, iklim değişikliği, deniz seviyesi yükselmesi ve taşkın riskleriyle uzun vadeli mücadeleyi hedeflemektedir. En kapsamlı stratejik çerçeve, 2010 yılından bu yana yıllık olarak güncellenen Delta Programı ile oluşturulmuştur. Bu program üç temel hedef etrafında yapılandırılmıştır. Bunlar: (1) su baskını riskinin azaltılması, (2) tatlı su arzının güvence altına alınması ve (3) iklim değişikliği ile uyumlu kentleşme ve arazi kullanımı politikalarının teşvik edilmesi. Program, yalnızca merkezi hükümeti değil, aynı zamanda su kurulları, belediyeler ve özel sektör temsilcilerini de sürece doğrudan dahil eden çok düzeyli bir katılım modeline sahiptir. Bu kapsamda yürütülen temel uygulamalardan bazıları şunlardır:

- *Room for the River (Nehrin Alanı) Programı:* Yalnızca nehirlerin taşma alanlarını genişletmeyi değil, aynı zamanda çevredeki yerleşim bölgelerinin, tarım alanlarının ve doğal ekosistemlerin birlikte uyum içinde düzenlenmesini hedefler. Bu program, klasik beton set çözümleri yerine nehirlerin doğal yayılım potansiyelini artıran esnek önlemler sunar.
- *Building with Nature Yaklaşımı:* Doğal süreçleri mühendislikle birleştiren bu anlayışla, kıyı erozyonuna karşı yapay kum adaları (örneğin Sand Motor), sulak alan restorasyonları ve gelgit düzenlemeleri gibi projeler uygulanmaktadır. Böylece doğal tampon bölgeler hem biyolojik çeşitliliğe katkı sağlamakta hem de afet etkilerini azaltmaktadır.
- *Adaptation Pathways ve Scenarios (Uyarlanabilirlik Yolları):* Belirsizlik içeren iklim senaryolarına karşı, karar vericilere esnek müdahale ve güncellenebilir yatırım stratejileri sunan modeller geliştirilmektedir. Bu yöntem, altyapı yatırımlarında aşamalı uygulama ve uyarlama kabiliyeti kazandırmaktadır.

Bu politikaların temelinde, çevresel sürdürülebilirliğin sosyal adaletle birleştiği, risk azaltımını yalnızca teknik bir süreç değil, toplumun tüm kesimlerinin ortak sorumluluğu olarak gören yönetişim ilkesi yatmaktadır.

Kurumlar arası iş birliği ve yönetişim modeli

Hollanda'da afet yönetimi, klasik merkeziyetçi ve tek otoriteye dayalı sistemlerden farklı olarak, yerel özerkliğin ve çok düzeyli yönetişim ilkelerinin benimsendiği gelişmiş bir model çerçevesinde yürütülmektedir. Bu model, farklı düzeylerdeki kamu kurumlarını, teknik kuruluşları, özel sektör temsilcilerini, üniversiteleri ve vatandaşları karar alma süreçlerine eşit aktörler olarak dahil eden katılımcı bir yapıya sahiptir. Afet yönetimiyle ilişkili tüm görevler ve sorumluluklar hem yatay (kurumlar arası eş düzeyde paylaşım) hem de dikey (merkezi-idari yerel arasındaki koordinasyon) olarak dağıtılmıştır. Bu yaklaşım, görevlerin merkezileştirilmesinden çok, uzmanlaşmış kurumların sorumluluk alanlarına göre esnek ve iş birliğine dayalı bir şekilde paylaşılmasını sağlar.

Delta Commissioner adı verilen bağımsız bir yapı, hükümete ve parlamentoya yıllık olarak afet riskleri, su güvenliği ve adaptasyon stratejileri hakkında resmi raporlar sunar. Bu yapı, bilimsel veriler ve senaryolar temelinde politika önerileri geliştirerek karar vericilerin uzun vadeli planlamalarına rehberlik eder.

Top Sector Water politikası, kamu-özel-üniversite iş birliğini teşvik eden bir mekanizmadır. Su yönetimi, afet önleme, altyapı geliştirme ve çevre mühendisliği alanlarında araştırma ve inovasyonu destekleyen bu yapı; bilgi transferi ve proje ortaklıkları ile ulusal kapasiteyi artırır.

Regional Safety Authorities (Güvenlik Bölgeleri), ülke genelinde oluşturulmuş bölgesel kriz koordinasyon birimleridir. Bu yapılar, afet anında acil müdahale hizmetlerini organize eder, sağlık sistemleriyle eşgüdüm sağlar, tahliye ve bilgilendirme faaliyetlerini yürütür.

Yönetişim modeli yalnızca kurumlar arası teknik uyumu değil, aynı zamanda halkla sürekli iletişim, şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkeleri doğrultusunda inşa edilmiştir. Afet yönetimi süreçleri, karar alma mekanizmalarına vatandaşların ve sivil toplum kuruluşlarının katılımını teşvik eden yapıdadır. Belediyeler, afet hazırlık planlarında yerel halkın görüşlerini alma, eğitim ve tatbikat süreçlerine dahil etme yükümlülüğüne sahiptir.

Bu çok katmanlı, iş birliğine dayalı ve uyarlanabilir yönetişim modeli, Hollanda'nın afet risklerini yönetmedeki başarısının temel unsurlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Bu yönetişim yapısı, kamu politikalarının sahada uygulanabilirliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda vatandaş odaklı, şeffaf ve esnek bir afet yönetimi kültürünün yerleşmesini sağlar.

Teknolojik altyapı ve mekânsal karar destek sistemleri

Hollanda, afet risk yönetiminde ileri düzey teknolojik çözümleri sistematik biçimde kullanmakta ve bu sayede proaktif, veriye dayalı ve senaryoya uyarlanabilir müdahale mekanizmaları geliştirmektedir. Teknolojik altyapı, mekânsal veri entegrasyonu, yüksek çözünürlüklü simülasyonlar, sensör ağları ve yapay zekâ destekli karar sistemleri gibi çok katmanlı araçları kapsamaktadır. Bu sistemler yalnızca erken uyarı ve müdahale süreçlerinde değil, aynı zamanda uzun vadeli kentsel planlama ve iklim adaptasyonu politikalarının temelini de oluşturmaktadır. Netherlands Space Office ve KNMI (Kraliyet Meteoroloji Enstitüsü) başta olmak üzere, atmosferik ve konumsal veriler üreten kurumlar, taşkın riski, fırtına, deniz seviyesi yükselmesi gibi afet türlerine ilişkin dinamik analizler gerçekleştirmektedir. Bu veriler, ulusal erken uyarı sistemleriyle entegre çalışmakta, karar vericilere çok zamanlı senaryolar sunmaktadır.

- *3Di Taşkın Modelleme Sistemi:* Hollanda'da yaygın olarak kullanılan bu sistem, çok yüksek çözünürlüklü hidrodinamik modelleme altyapısıyla taşkın davranışlarını üç boyutlu olarak simüle edebilmektedir. Bu simülasyonlar; kent planlayıcılar, kriz yöneticileri ve mühendislik birimleri tarafından alternatif tahliye senaryoları, kritik altyapı etkilenme analizi ve müdahale planlamasında etkin şekilde kullanılmaktadır.
- *Geodan Risk Index ve GIS Tabanlı Karar Destek Sistemleri:* Afet tehlikesi, maruziyet ve kırılganlık verilerinin entegre edilerek görselleştirildiği bu platformlar, yerel yönetimlere, belediyelere ve su kurullarına afet öncelikli yatırım planlarını mekânsal olarak analiz etme imkânı sunar. Ayrıca topluma açık interaktif haritalar aracılığıyla halkın bilinç düzeyi artırılmaktadır.
- *Sensör Tabanlı İzleme Sistemleri ve IoT Uygulamaları:* Setlerin su sızıntısı, barajlardaki basınç değişimi ve yer altı su seviyesi gibi parametreler, sahaya yerleştirilmiş sensörler aracılığıyla gerçek zamanlı izlenmektedir. Bu sistemler, Rijkswaterstaat ve Water Boards tarafından yürütülen izleme faaliyetlerinin temel bileşenini oluşturur.
- *Yapay Zekâ ve Veri Madenciliği Uygulamaları:* Büyük veri analitiğiyle geçmiş afet kayıtlarının, iklim tahminlerinin ve sosyal medya verilerinin birlikte analiz edilmesi yoluyla, olaylara ilişkin eğilimlerin belirlenmesi ve davranışsal modellerin geliştirilmesi mümkündür. Bu sistemler, özellikle adaptasyon politikalarının izlenmesi ve halk davranışlarının modellenmesi açısından yenilikçi bir zemin sunmaktadır.

Hollanda'nın teknolojik altyapısı, afet yönetimi süreçlerinde sadece reaktif değil; aynı zamanda öngörüye dayalı, risk azaltıcı ve çok sektörlü karar alma biçimlerini destekleyici biçimde kurgulanmıştır. Bu durum, ülkenin iklim değişikliğiyle mücadelede ve dirençli şehirlerin inşasında teknolojiyi stratejik bir araç olarak konumlandırmasını sağlamaktadır. Bu teknolojik altyapılar, afet öncesi hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerinde etkinliğin artırılmasını sağlamaktadır.

Uluslararası rol ve bilgi transferi

Hollanda, afet yönetimi, iklim adaptasyonu ve su güvenliği konularında uluslararası düzeyde bilgi paylaşımı ve teknik danışmanlık sunan öncü bir ülkedir: Bu faaliyetler, Hollanda'nın sadece kendi topraklarını değil, küresel ölçekte afetlere karşı daha dirençli toplumlar oluşturmayı hedeflediğini göstermektedir.

- *Dutch Risk Reduction Team*, afet sonrası destek isteyen ülkelere mühendislik, planlama ve kapasite geliştirme desteği vermektedir.
- *Deltares*, dünya genelinde taşkın modelleme, liman planlaması ve kıyı mühendisliği alanlarında teknik uzmanlık sağlayan uygulamalı araştırma merkezidir.
- *UNISDR ve UNESCO ile Ortaklıklar*: Hollanda, afet risk azaltımı alanında Birleşmiş Milletler'in çeşitli platformlarına teknik katkılar sunmaktadır.

Genel sonuç değerlendirmesi

Hollanda, afet yönetimini yalnızca bir güvenlik önlemi olarak değil; aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik, toplumsal dayanıklılık ve ekonomik kalkınma stratejisinin bir parçası olarak gören çok boyutlu bir anlayış geliştirmiştir. Bu anlayış hem mühendislik başarıları hem de yönetişim modelleri ile dünya çapında takdir toplamaktadır. Hollanda örneği, afet risklerinin sadece fiziksel önlemlerle değil; kurumlar arası iş birliği, halk katılımı, veri temelli karar alma ve uzun vadeli adaptasyon stratejileri ile yönetilebileceğini göstermektedir. Bu çerçevede Hollanda, 21. yüzyılın afet yönetimi anlayışı için model teşkil eden öncü ülkelerden biri olarak kabul edilmektedir.

2.3.7 Almanya Modeli: Federal Yapı İçinde Afet Risk Yönetimi ve İklim Uyumlu Politika Gelişimi

Kuruluş ve tarihsel arka plan

Almanya, Avrupa kıtasının merkezinde yer alan ve çeşitli coğrafi, iklimsel özelliklere sahip bir ülkedir. Bu özellikler, sel, fırtına, orman yangınları, kuraklık ve endüstriyel kazalar gibi çok çeşitli afet türlerine karşı kırılganlığı beraberinde getirmektedir. 2002 yılında yaşanan Elbe Nehri taşkını, modern Almanya'nın afet yönetimi politikalarında köklü değişimlerin yaşanmasına neden olmuş; federal ve eyalet düzeyindeki afet koordinasyon yapılarının güçlendirilmesini zorunlu kılmıştır.

Afet yönetimi Almanya'da çok katmanlı bir idari yapı içerisinde yürütülmektedir. Almanya'nın federal sistemi gereği, afetlere müdahale öncelikle yerel yönetimlerin sorumluluğundadır. Ancak büyük ölçekli olaylarda federal hükümet devreye girerek koordinasyon ve kaynak desteği sağlar. Bu çok düzeyli yapı, esnek müdahale ve yerinden karar alma ilkesine dayanırken; ulusal çerçevede bütüncül stratejilerin oluşturulmasını da teşvik etmektedir.

Yasal ve kurumsal çerçeve

Almanya'da afet yönetiminin yasal temelini, Federal Disaster Relief Act ve Civil Protection Act oluşturmaktadır. Bu yasalar, federal hükümetin afet yönetimi alanındaki müdahale yetkilerini, kaynak tahsisini ve eyaletlerle iş birliği mekanizmalarını düzenler. Aynı zamanda Grundgesetz (Temel Yasa), afet yönetimini eyaletlerin yetki alanı olarak tanımlar, ancak ulusal güvenliği ilgilendiren durumlarda federal düzeyde müdahale hakkı tanır. Başlıca kurumsal yapılar şunlardır:

- *BBK (Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance):* Afet yönetimi planlarının koordinasyonu, risk analizleri, uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve eğitim faaliyetlerinden sorumlu federal birimdir.
- *THW (Technisches Hilfswerk):* Gönüllülük esasına dayalı bir sivil koruma kuruluşudur. Altyapı onarımı, kurtarma operasyonları ve uluslararası yardımlarda görev yapar.
- *Eyalet İçişleri Bakanlıkları:* Yerel afet müdahale, planlama ve tatbikat süreçlerini yürütür.

Federal ve yerel düzeyde görev dağılımı

Almanya'da afet yönetimi görev paylaşımı çok düzeyli bir sistemle aşağıdaki biçimlerde organize edilmiştir. Bu yapı, müdahale sürelerini kısaltan, kaynakları etkin kullanan ve yerel bilgiye dayalı karar alma süreçlerini destekleyen bir model oluşturmaktadır. Bunlar:

- *Yerel Yönetimler:* Yangınla mücadele, ilk yardım hizmetleri, tahliye operasyonları gibi konularda birinci derecede sorumludur. Belediye seviyesinde oluşturulan kriz yönetim merkezleri, afet anında yerel kaynakların mobilizasyonunu sağlar.
- *Eyalet Yönetimleri:* Yerel yönetimlerin yetersiz kaldığı durumlarda devreye girer. Eyalet afet yönetimi birimleri, risk analizleri yapar, kaynakları koordine eder ve teknik destek sağlar.
- *Federal Hükümet:* Ulusal afetlerde veya eyaletlerin talepleri doğrultusunda destek sağlar. Özellikle BBK ve THW aracılığıyla teknik yardım ve lojistik destek sunar.

Teknolojik altyapı, dijitalleşme ve CBS kullanımı

Almanya, afet yönetimi süreçlerinde dijitalleşmeyi önceliklendiren ve coğrafi bilgi sistemlerini (CBS) stratejik olarak kullanan bir yapıya sahiptir. Dijital sistemler yalnızca bilgi akışını hızlandırmakla kalmaz, aynı zamanda risk analizi, kaynak tahsisi, tahliye planlaması ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinde karar destek mekanizması olarak hayati rol oynar. Dijitalleşmenin temelini oluşturan teknolojik altyapılar, erken uyarı sistemlerinden yapay zeka temelli analiz araçlarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsar.

- *MoWaS (Modulares Warnsystem):* Federal Afet Yardımı Dairesi (BBK) tarafından geliştirilen bu modüler uyarı sistemi, TV, radyo, mobil cihazlar, siren ağları ve internet platformları üzerinden anlık kriz bilgilendirmesi sağlar. Sistem, çok dilli destekle halkı farklı afet türleri hakkında uyarır.
- *KATWARN ve NINA Uygulamaları:* Cep telefonlarına anlık uyarı gönderen bu uygulamalar hem bölgesel hem ulusal düzeyde halkla etkili iletişimi sağlar. NINA, aynı zamanda sağlık ve çevre tehlikelerine ilişkin bilgiler sunarak karar vericilerin koordinasyon süreçlerine de destek verir.
- *DEKONET*: CBS tabanlı bu sistem, tehlike analizleri, tahliye güzergâhları, risk yoğunluğu haritaları ve müdahale planları için altyapı sağlar. Kullanıcı dostu arayüzü sayesinde yerel otoritelerin mekânsal planlama yapmalarına ve senaryo analizleri üretmelerine imkân verir.
- *U-SAR GIS Platformu:* Teknik yardım operasyonlarında THW tarafından kullanılan bu platform, afet bölgesindeki lojistik hareketliliğin yönetimi, güvenli alanların belirlenmesi ve etkilenen yapıların analizi için aktif olarak kullanılmaktadır.
- *Yapay Zekâ ve Veri Entegrasyonu:* BBK bünyesinde geliştirilen bazı projeler, büyük veri kaynaklarını (meteorolojik veriler, sosyal medya analizleri, acil çağrı verileri) yapay zekâ ile işleyerek afet risklerini önceden tahmin etme ve kaynak önceliklendirme olanakları sunmaktadır.
- *IoT (Nesnelerin İnterneti) ve Uzaktan Algılama Sistemleri*: Barajlardaki su seviyelerinin takibi, hava kalitesi izleme, kritik altyapıların sıcaklık ve basınç analizleri gibi alanlarda IoT sensörlerinden alınan veriler merkezi sistemlere aktarılmakta, bu da karar alma süreçlerinde gerçek zamanlı veri kullanımını mümkün kılmaktadır.

Almanya'nın teknolojik afet yönetim stratejisi, yalnızca sistemlerin mevcudiyetiyle sınırlı olmayıp; bu sistemlerin kurumlar arası entegrasyonunu, kullanıcı eğitimi süreçlerini ve toplumsal katılımı içerecek şekilde bütüncül bir dijital dönüşüm vizyonuna dayanmaktadır. Bu bağlamda teknolojik altyapılar, yalnızca araç değil; afet dayanıklılığının temel bileşenidir. Bu sistemler, afet öncesi hazırlık, afet sırasında müdahale ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinde teknolojik destek sağlamaktadır.

İklim değişikliği, uyum politikaları ve risk azaltımı

Almanya, iklim değişikliğinin etkilerine karşı önlem almayı afet yönetimi politikalarının merkezine yerleştirmiştir. Bu kapsamda, sürdürülebilirlik odaklı stratejiler ve iklim uyumu projeleri, yalnızca kriz yönetimi değil, aynı zamanda çevresel dayanıklılığın artırılmasını hedeflemektedir. İklim uyumu politikaları, özellikle tarım, enerji, su kaynakları ve altyapı gibi kritik sektörlerde uzun vadeli çözümler geliştirerek toplumun değişen hava koşullarına daha dirençli hale gelmesini sağlamaktadır. Ayrıca, yerel ve bölgesel yönetimlerin iklim risklerini analiz

etmesi, etkili adaptasyon stratejileri geliştirmesi ve bu süreçte toplulukların aktif katılımını teşvik etmesi, Almanya'nın bu konuda bütüncül bir yaklaşım benimsediğini göstermektedir. Bu politikalardan bazıları aşağıdaki biçimdedir:

- *Klimaanpassungsgesetz (İklim Uyum Yasası),* Almanya'da iklim değişikliği etkilerine karşı alınan önlemleri sistematik hale getiren ve tüm eyaletlerin bu konuda sorumluluk almasını sağlayan bir düzenlemedir. Bu yasa kapsamında, eyaletlerin iklim risklerini detaylı bir şekilde analiz etmeleri, uyum stratejileri geliştirmeleri ve bu stratejileri yerel yönetimlerle koordineli şekilde uygulamaları zorunlu hale getirilmiştir. Ayrıca, toplulukların bu süreçlere aktif katılımını teşvik etmek amacıyla eğitim programları ve bilgilendirme kampanyaları düzenlenmektedir.
- *DAS (German Adaptation Strategy),* Almanya'nın iklim değişikliğine uyum konusundaki ulusal stratejisi olarak 2008 yılında kabul edilmiştir. Bu strateji, tarım, enerji, su kaynakları, sağlık ve altyapı gibi kritik sektörlerde uzun vadeli iklim dayanıklılığı çözümleri geliştirilmesini hedefler. DAS çerçevesinde, su yönetimi projeleri, kuraklıkla mücadele yöntemleri, enerji verimliliği artırımı ve sağlık sektörünün aşırı sıcaklık gibi iklim krizlerine karşı hazırlıklı hale getirilmesi gibi projeler önceliklendirilmiştir.
- *Green Infrastructure Projeleri*, doğa temelli çözümler sunarak hem şehirlerin ekolojik dengesini korumayı hem de afet risklerini azaltmayı amaçlar. Bu projeler kapsamında, taşkın alanlarının restorasyonu sayesinde suyun doğal yollarla yönlendirilmesi teşvik edilmekte, yeşil çatılar ile şehirlerdeki ısı adası etkisi azaltılmakta ve geçirgen yüzeyler ile yağmur suyunun doğal olarak emilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca bu tür altyapı dönüşümleri, biyolojik çeşitliliğin korunması ve karbon salınımının azaltılması gibi çevresel faydalar da sunmaktadır.

Uluslararası iş birlikleri ve ab uyumu

Almanya, Avrupa Birliği'nin afet yönetimi ve sivil koruma politikalarında öncü bir ülkedir. Bu iş birlikleri, Almanya'nın yalnızca ulusal ölçekte değil, küresel düzeyde de dayanıklı toplumların inşasında etkin rol oynadığını göstermektedir. Katıldığı başlıca platformlar şunlardır:

- *UCPM (EU Civil Protection Mechanism):* Ortak müdahale, eğitim ve bilgi paylaşımı sağlayan Avrupa düzeyindeki mekanizma.
- *UNDRR ve Sendai Çerçevesi:* Uluslararası afet risk azaltım politikalarının geliştirilmesine aktif katkı sağlar.
- *İkili İş birlikleri:* Almanya, teknik yardım, tatbikat paylaşımı ve lojistik destek alanlarında Doğu Avrupa, Afrika ve Asya'daki birçok ülkeye destek sunmaktadır.

Almanya'nın afet yönetimi sistemi birçok açıdan güçlü olsa da son yıllarda yaşanan olaylar bazı zayıflıkları da ortaya koymuştur. Bunlardan bazıları:

- *2021 Ahr Vadisi Sel Felaketi:* Uyarı sistemlerinin halk tarafından yeterince dikkate alınmaması ve yerel düzeydeki iletişim eksiklikleri eleştirilmiştir.
- *Federal-Eyalet Koordinasyonu:* Yetki karmaşası ve karar alma süreçlerinin yavaş ilerlemesi zaman zaman müdahaleyi geciktirmektedir.
- *İklim Krizine Uyum:* Hızla değişen iklim koşullarına karşı mevcut stratejilerin daha dinamik hale getirilmesi gerekmektedir.

Bu zorluklara karşılık, BBK'nin dijitalleşme yatırımlarını artırması, afet eğitimi programlarının yaygınlaştırılması ve halkla iletişim stratejilerinin gözden geçirilmesi yönünde reformlar gündemdedir.

Genel sonuç değerlendirmesi

Almanya'nın afet yönetimi sistemi, federal yapı içerisinde çok düzeyli ve kapsayıcı bir yaklaşıma dayanmakta olup stratejik planlamayı, yerel uygulamaları ve teknolojik altyapıyı bütünleştiren bir model sunmaktadır. Afet risklerinin azaltılması, yalnızca mühendislik çözümleri ile değil; aynı zamanda sosyal, çevresel ve yönetsel bütünleşme yoluyla sağlanmaktadır. Almanya örneği, afet yönetiminde federal sistemlerin nasıl etkili ve dayanıklı çözümler üretebileceğini göstermesi bakımından önem arz etmektedir. İklim değişikliği bağlamında dirençli altyapılar ve toplumlar inşa etmeyi hedefleyen bu yaklaşım, Avrupa ve dünya genelinde örnek alınan bir politika mimarisine dönüşmüştür.

2.3.8 İngiltere Modeli: Merkeziyetçi Strateji, Yerel Uygulama ve Dayanıklı Toplum Vizyonu

Kuruluş ve tarihsel arka plan

Birleşik Krallık, tarihsel olarak yangınlar, seller, fırtınalar, endüstriyel kazalar ve siber tehditler gibi hem doğal hem insan kaynaklı afetlerle karşı karşıya kalmış bir devlettir. 2004 yılında yaşanan Boscastle seli ve 2005 Londra bombalı saldırıları gibi olaylar, Birleşik Krallık'ta afet yönetiminin modernize edilmesini ve kapsamlı bir mevzuat çerçevesine oturtulmasını zorunlu kılmıştır. Bu dönüşüm sonucunda İngiltere'de 2004 yılında Civil Contingencies Act yürürlüğe girmiş ve ulusal afet yönetim sisteminin hukuki temelini oluşturmuştur. Bu yasa, merkezi hükümet, yerel yönetimler, acil durum hizmetleri ve kamu kurumları arasındaki sorumlulukları netleştirerek entegre bir risk yönetimi modeli öngörmüştür. İngiltere'de afet yönetimi günümüzde "hazırlıklı olma, yanıt verme, iyileştirme ve dayanıklılık" ekseninde şekillenen bir stratejiyle yürütülmektedir.

Yasal ve kurumsal çerçeve

İngiltere'de afet yönetiminin temel yasal dayanağını "Civil Contingencies Act 2004" oluşturur. Bu kapsamlı yasa, Birleşik Krallık'ın krizlere karşı daha hazırlıklı hale gelmesini sağlamak ve farklı kurumlar arasında etkili bir koordinasyon mekanizması kurmak amacıyla geliştirilmiştir. Yasa yalnızca olağanüstü durumlara müdahale süreçlerini değil, aynı zamanda önleyici planlamaları ve kamu

bilgilendirme yükümlülüklerini de kapsar. Civil Contingencies Act, kamu sektörünü iki kategoriye ayırarak sorumlulukları detaylandırır:

a) *Kategori 1 (Birincil Görevli Kurumlar):* Polis teşkilatları, itfaiye ve kurtarma hizmetleri, ambulans servisleri, yerel otoriteler (county councils, district councils), National Health Service (NHS) kuruluşları, Çevre Ajansı gibi müdahale ve hazırlık yükümlülüğü olan kurumları içerir. Bu kurumlar, kapsamlı bir risk değerlendirmesi yapmak, acil durumlara dair kurumsal planlar geliştirmek, halkı bilgilendirmek ve çok ajanslı acil müdahale egzersizleri gerçekleştirmekle yükümlüdür.

b) *Kategori 2 (Destekleyici Kurumlar):* Elektrik, gaz, su, toplu taşıma ve telekomünikasyon gibi altyapı hizmetlerini sağlayan özel ve yarı kamusal kuruluşları içerir. Bu kurumlar, Kategori 1 kurumlarıyla bilgi paylaşımı yapmak ve kriz anında operasyonel destek sağlamakla sorumludur.

Yasa aynı zamanda yerel düzeyde kurulması zorunlu olan “Local Resilience Forums (LRF)” aracılığıyla çoklu kurumların koordinasyonunu sağlamayı hedefler. Her LRF, yerel risklerin tanımlanması, ortak müdahale planlarının hazırlanması ve bölge halkıyla etkin iletişim kurulması açısından kilit bir rol oynar. Kurumsal olarak, yasa aynı zamanda merkezi düzeydeki “Cabinet Office Civil Contingencies Secretariat (CCS)” birimini güçlendirerek, ulusal afet senaryolarının hazırlanması, Ulusal Risk Kayıtları’nın güncellenmesi ve politika düzeyinde eşgüdümün sağlanması görevlerini tanımlar. Yasa ayrıca kamuya bilgi sağlama yükümlülüğünü vurgulayarak şeffaflık ve kamu bilincinin artırılması yönünde önemli bir çerçeve sunar. Yasa, tüm bu kurumlara risk değerlendirmesi yapma, acil durum planları hazırlama, kamuya bilgi sağlama ve çoklu ajans tatbikatları yürütme yükümlülüğü getirmiştir. Bu bağlamda, yerel düzeyde Local Resilience Forums (LRF) adı verilen çok paydaşlı kriz koordinasyon yapıları kurulmuştur.

Kurumlar arası koordinasyon ve görev dağılımı

İngiltere’de afet yönetimi çok düzeyli bir yapıya sahiptir. Merkezi düzeydeki politika belirleyici otorite “Cabinet Office Civil Contingencies Secretariat (CCS)” tir. Bu birim, ulusal risk kayıtlarını günceller, afet senaryoları oluşturur ve kamu kurumları arasında stratejik uyumu sağlar.

Yerel düzeyde ise “Local Resilience Forums (LRF)” lar, Kategori 1 ve 2 kurumlarını bir araya getirerek bölgesel düzeyde kriz planlarının hazırlanmasını ve tatbikatların gerçekleştirilmesini koordine eder. Bu forumlar, aynı zamanda toplum katılımını artıran iletişim kampanyaları düzenler.

Devolved Administrations (İskoçya, Galler ve Kuzey İrlanda yönetimleri) kendi afet planlarını geliştirir, ancak Civil Contingencies Act çerçevesine bağlı kalırlar.

Teknoloji, CBS ve erken uyarı sistemleri

İngiltere, afet yönetiminde dijital teknolojilerden, veri analitiğinden ve coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) kapsamlı biçimde yararlanan gelişmiş bir altyapıya sahiptir. Bu sistemler yalnızca afet sırasında müdahale süreçlerini değil, aynı zamanda afet öncesi hazırlık ve afet sonrası iyileştirme aşamalarını da güçlendirmektedir. Teknoloji kullanımı, özellikle meteorolojik erken uyarı sistemleri, mekânsal risk haritaları, mobil uygulamalar ve ulusal veri paylaşım platformları ile desteklenmektedir.

- *Flood Warning Information Service (FWIS):* Çevre Ajansı tarafından işletilen bu sistem, taşkın riski altındaki bölgelere SMS, e-posta ve sesli mesajlarla erken uyarılar göndermekte; aynı zamanda web arayüzü aracılığıyla risk haritalarını halka sunmaktadır. Bu sistem, su seviyelerindeki ani değişimleri takip eden sensörlerden beslenmektedir.
- *ResilienceDirect Platformu:* Kamuya kapalı, güvenli ve çevrimiçi bir platform olan ResilienceDirect, LRF üyeleri arasında gerçek zamanlı bilgi paylaşımı, kaynakların koordinasyonu ve olay yönetimi için kullanılmaktadır. Platform, afet anında görevli kurumlar arasında koordinasyonu sağlayarak bilgi akışını hızlandırmakta ve karar alma süreçlerini optimize etmektedir.
- *Met Office Warning System:* İngiltere Meteoroloji Ofisi tarafından işletilen sistem, hava olayları ile ilgili riskleri (fırtına, yoğun kar, aşırı sıcaklık vb.) analiz ederek kamu kurumlarını ve halkı anlık olarak bilgilendirmektedir. Uyarılar renk kodlu risk seviyeleriyle sunulmakta ve görselleştirme araçları ile desteklenmektedir.
- *CBS Tabanlı Afet Yönetimi Uygulamaları:* Yerel otoriteler, taşkın, toprak kayması ve altyapı riski gibi faktörleri içeren dijital tehlike haritalarını CBS sistemleri ile oluşturmaktadır. Bu haritalar, afet müdahale senaryoları, tahliye güzergâhları, acil hizmet noktaları ve kırılgan nüfus dağılımı gibi unsurlarla entegre biçimde planlanmaktadır.
- *Mobil Uygulamalar ve Toplum Katılımlı Sistemler:* Özellikle kırılgan gruplar için geliştirilen mobil uygulamalar aracılığıyla afet öncesi hazırlık bilgileri, tahliye talimatları ve güvenli bölgelere dair güncel bilgiler paylaşılmaktadır. Ayrıca vatandaşlardan gelen anlık bildirimler (örneğin su taşkını gözlemi, yolların kapanması vb.) de sisteme dahil edilerek katılımcı veri akışı sağlanmaktadır.
- *Sensör Tabanlı İzleme Teknolojileri:* Kritik altyapıların (barajlar, köprüler, setler) yapısal bütünlüğünü izlemek amacıyla entegre sensör ağları kullanılmakta; bu sensörler sayesinde riskli değişimlerin önceden tespiti ve erken müdahale olanakları oluşturulmaktadır.

İngiltere'nin afet yönetimi teknolojik sistemleri, kurumsal entegrasyonun yanı sıra, toplumsal bilinçlendirme ve dijital eşitsizliklerin giderilmesi ilkeleriyle desteklenmektedir. Bu teknolojik altyapılar, yalnızca müdahale kapasitesini artırmakla kalmayıp; afet direnci yüksek bir toplum inşa etmenin temel araçları

olarak değerlendirilmektedir. CBS destekli tahliye planları, kritik altyapı haritalamaları ve risk yoğunluk analizleri, yerel yönetimler tarafından hazırlanan afet yönetim planlarının temel bileşenlerindendir.

Dirençli toplum ve toplum tabanlı yaklaşım

İngiltere afet yönetimi politikasında toplumsal katılım güçlü bir şekilde teşvik edilmektedir. Bu politika, yalnızca bireylerin bilgi sahibi olmasını değil, aynı zamanda bilimsel temellere dayalı yöntemlerle toplumun afetlere karşı daha dayanıklı hale getirilmesini hedeflemektedir:

- *Community Risk Registers:* Yerel Dayanıklılık Forumları (LRF) tarafından hazırlanan bu belgeler, bölgesel afet tehditlerini bilimsel olarak analiz ederek halkın bu tehditler karşısında bilinçlenmesini sağlar. Risk değerlendirmeleri, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve meteorolojik veri modellemeleri gibi bilimsel araçlarla desteklenir. Böylece risklerin haritalanması ve önceliklendirilmesi mümkün hale gelir.
- *Citizen Preparedness Campaigns:* "Acil bir durumda ne yapılmalı?" gibi kamu kampanyaları, bireylerin ve toplulukların afet durumlarında nasıl hareket etmeleri gerektiği konusunda farkındalığını artırmayı amaçlar. Bu kampanyalar, psikolojik direnç artırma, ilk yardım eğitimi ve tahliye prosedürleri gibi bilimsel yaklaşımlarla desteklenir. Ayrıca, davranış bilimleri üzerine yapılan çalışmalar, halkın uyarılara verdiği tepkilerin etkinliğini artırmak için kullanılmaktadır.
- *Volunteer Response Networks:* British Red Cross ve yerel sivil toplum kuruluşları, afet hazırlığı ve müdahale süreçlerine gönüllülerin bilimsel eğitimlerle katılımını sağlar. Bu ağlar, afet sonrası yardım malzemelerinin lojistiği, psikososyal destek ve sağlık hizmetleri gibi alanlarda etkinliği artırır. Gönüllülerin eğitimi, kanıta dayalı en iyi uygulamaları içeren programlarla gerçekleştirilir. Ayrıca, afet sonrası rehabilitasyon süreçlerine yönelik multidisipliner yaklaşımlar, gönüllü ağlarının etkisini optimize eder.

Bu sistemler, bilimsel yöntemlerin toplumsal dayanıklılıkla entegre edilmesi sayesinde hem halkın afet farkındalığını artırmakta hem de bireysel ve toplumsal düzeyde etkili bir risk azaltım stratejisi oluşturmaktadır. Bu yaklaşımlar, afetlere yalnızca merkezi otoritelerin değil, aynı zamanda bireylerin, yerel toplulukların, gönüllü kuruluşların ve özel sektörün de aktif aktörler olarak katılımını teşvik eden, çok katmanlı bir dayanıklılık modelini temsil etmektedir. İngiltere'de oluşturulan bu model, halkın sadece pasif bir bilgi alıcısı değil, aynı zamanda afet öncesi hazırlık, afet anında tepki verme ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinde doğrudan katkı sunan bilinçli bireyler olmasını hedeflemektedir. Sivil toplum kuruluşları aracılığıyla yürütülen afet eğitimi programları, mahalle düzeyinde oluşturulan gönüllü müdahale ağları ve kamu kampanyaları aracılığıyla oluşturulan kriz farkındalık kültürü, bu katılımcı yapının temelini oluşturur. Böylece, afetlere karşı dayanıklı bir toplum inşa etmek, yalnızca hükümet politikalarıyla değil; aynı zamanda toplumsal dayanışma, yerel kapasite ve bireysel sorumluluk bilinciyle desteklenmektedir.

İklim uyum politikaları ve risk azaltım stratejileri

İngiltere, iklim değişikliğinin giderek artan etkileri nedeniyle uzun vadeli afet risklerini önlemek ve toplumsal dayanıklılığı artırmak adına çeşitli iklim uyum politikaları ve risk azaltım stratejileri geliştirmiştir. Bu stratejiler, bilimsel veriler ve multidisipliner yaklaşımlar temelinde şekillenmektedir:

- *National Adaptation Programme (NAP):* Sel, kuraklık, aşırı sıcaklıklar ve diğer iklim kaynaklı risklere karşı hazırlanan National Adaptation Programme, 5 yıllık dönemlerle güncellenen stratejik belgelerden oluşur. Bu belgeler, hükümet ve yerel otoriteler arasında koordinasyon sağlamak için risk modelleme, iklim senaryoları ve sosyo-ekonomik analizlere dayalı olarak hazırlanır. Program, öncelikli bölgelerin belirlenmesi ve bu bölgelerde uygulanacak uyum politikalarının geliştirilmesi için bir çerçeve sunar. Örneğin, Thames Nehri taşkın koruma planı, bu programın önemli bir bileşenidir ve ileri hidrodinamik modelleme teknikleriyle desteklenmiştir.
- *Climate Change Committee (CCC):* İngiltere'nin bağımsız bir danışma organı olan CCC, bilimsel veriler ve uzman görüşleriyle politika yapıcılara rehberlik eder. CCC'nin hazırladığı yıllık raporlar, iklim değişikliğine karşı alınan önlemlerin etkinliğini değerlendirirken, ekonomik etkileri ve sosyal adalet boyutlarına da dikkat çeker. Bunun yanı sıra, CCC'nin araştırmaları, karbon emisyonlarının azaltılması ile ekosistem dayanıklılığı arasındaki ilişkiye odaklanarak sürdürülebilir kalkınma politikalarına katkı sağlar.
- *Nature-Based Solutions:* Doğa temelli çözümler, iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek ve afet risklerini azaltmak için İngiltere'nin öncelik verdiği bir diğer alandır. Kent içi yeşil alanların artırılması, geçirgen yüzey uygulamaları, nehir taşkın yataklarının korunması gibi girişimler hem ekosistem hizmetlerini güçlendirmekte hem de insan kaynaklı etkileri azaltmaktadır. Özellikle, şehirlerdeki ısı adası etkisine karşı ağaçlandırma projeleri ve biyolojik çeşitliliğin teşvik edilmesi, iklim uyumundaki rolünü artırmaktadır. Bu çözümler, ileri ekolojik modelleme ve veri analizi teknikleriyle desteklenmekte, yerel yönetimlerin ve toplumun aktif katılımıyla uygulanmaktadır.

İngiltere'nin iklim uyum stratejileri, bilimsel temelli karar mekanizmaları çerçevesinde şekillenmektedir. Meteorolojik veri modellemeleri, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve yapay zeka destekli analizler, risk haritalarının oluşturulması ve önceliklendirilmesi için kullanılmaktadır. Örneğin, erken uyarı sistemlerini optimize etmek amacıyla geliştirilen dinamik iklim simülasyonları, sel ve fırtına gibi olayların etkilerini önceden tahmin etmeyi mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşımlar, yalnızca doğal afetlere karşı dayanıklılığı artırmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir şehircilik ve çevresel yönetim politikalarının entegrasyonunu sağlamaktadır. Beraberinde bu stratejiler, İngiltere'nin afet risklerini azaltmak ve iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirmek için bilimsel bir altyapı ile desteklediği kapsamlı bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bu sistemler hem yerel hem de ulusal düzeyde

toplumsal dayanıklılığı artırmayı hedeflerken, sürdürülebilirlik ve sosyal adalet ilkeleriyle uyumlu bir şekilde tasarlanmıştır.

Genel sonuç değerlendirmesi

İngiltere'nin afet yönetimi modeli, merkeziyetçi stratejiler ile yerel uygulamaların entegre edildiği, çok paydaşlı bir yönetişim sistemine dayanmaktadır. Bu sistem, yalnızca kriz anına müdahale odaklı değil, aynı zamanda uzun vadeli risk azaltma, hazırlık ve rehabilitasyon süreçlerini kapsayan bütüncül bir yaklaşımı benimsemektedir. 2004 yılında yürürlüğe giren "Civil Contingencies Act," afet yönetiminde görev ve sorumluluk dağılımını netleştirerek ulusal ve yerel düzeyde iş birliğini güçlendirmiştir. Bu yasa, yerel dayanıklılık forumları (LRF'ler) aracılığıyla yerel düzeyde kriz koordinasyonunu organize ederek toplumun her seviyesinde farkındalık ve hazırlık kültürü oluşturmayı hedeflemiştir.

Teknolojik altyapılar da İngiltere'nin afet yönetim modelinin önemli bir parçasını oluşturur. Erken uyarı sistemleri, meteorolojik veri analizi ve yapay zeka destekli tahmin modelleri afet risklerini önceden belirlemekte ve olası etkileri en aza indirmek için stratejiler geliştirmektedir. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve hidrodinamik simülasyonlar gibi ileri teknolojiler, sel, fırtına ve diğer doğal afetlere karşı proaktif önlemler alınmasını kolaylaştırmaktadır. Örneğin, Thames Nehri taşkın koruma planı, bu teknolojilerin somut bir uygulamasıdır ve İngiltere'nin su yönetimi politikalarının sürdürülebilirliğini artıran yenilikçi bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

Afet yönetimindeki başarının bir diğer temel unsuru, toplumsal katılımın teşvik edilmesidir. Halkın afet farkındalığını artırmaya yönelik eğitim programları, yerel düzeyde düzenlenen tatbikatlar ve sivil toplum kuruluşlarıyla yürütülen ortak projeler, bu katılımcı yapının önemli parçalarıdır. Toplum, yalnızca bilgi alıcısı değil, aynı zamanda afet öncesi hazırlık, afet anında tepki ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinde aktif bir rol üstlenmektedir. Bu, bireylerin ve toplulukların afetlere karşı daha dirençli hale gelmesini sağlayan bir kültür oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. İklim değişikliğiyle mücadele ve uyum stratejileri, İngiltere'nin afet yönetiminde bir diğer önemli odak noktasıdır. Kent içi yeşil alanların artırılması, geçirimli yüzey uygulamaları ve nehir taşkın yataklarının korunması gibi doğa temelli çözümler hem ekosistem hizmetlerini güçlendirmekte hem de insan kaynaklı çevresel etkileri minimize etmektedir. Şehirlerdeki ısı adası etkisine karşı yürütülen ağaçlandırma projeleri ve biyolojik çeşitliliğin teşvik edilmesi, iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmenin yanı sıra sürdürülebilir şehircilik politikalarıyla entegre edilmektedir. Bilimsel veri analizi ve toplumsal katılım odaklı bu kapsamlı model; esnek, şeffaf ve hesap verebilir bir afet yönetimi yaklaşımı sunmaktadır. İngiltere'nin deneyimi, afet yönetiminde yalnızca kamu kurumlarının değil, toplumun tüm kesimlerinin dahil edilmesinin sürdürülebilir ve dirençli toplumlar inşa etmek için vazgeçilmez olduğunu göstermektedir. Böylece hem yerel hem de ulusal düzeyde dayanıklılığın artırılması sağlanmakta; sosyal adalet ve çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu politikalar geliştirilmektedir.

2.3.9 Türkiye ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD): Entegre Afet Yönetimi Yaklaşımı

Kuruluş ve tarihsel arka plan

Türkiye, tektonik, meteorolojik ve hidrolojik açıdan karmaşık ve riskli bir coğrafyaya sahiptir. Özellikle Kuzey Anadolu Fay Hattı boyunca sıkça yaşanan depremler, Akdeniz ve Karadeniz havzalarında görülen ani sel felaketleri, Ege ve Akdeniz bölgelerinde artan orman yangınları ile Doğu Anadolu'da etkili olan çığ olayları; Türkiye'yi çok tehlikeli bir afet profiline sahip ülkelerden biri haline getirmiştir. Buna ek olarak, küresel iklim değişikliğinin etkisiyle birlikte kuraklık, aşırı yağışlar, fırtınalar ve sıcak hava dalgaları gibi meteorolojik tehlikeler de artış göstermektedir.

Türkiye'nin afet tarihçesi, yalnızca doğal afetler değil aynı zamanda endüstriyel kazalar ve kitlesel göçler gibi insan kaynaklı krizlerle de şekillenmiştir. Bu çok boyutlu risk ortamı, ülkenin afet yönetimi sistemini sürekli olarak yeniden değerlendirme ve güncelleme ihtiyacını doğurmuştur. 1999 Marmara Depremi, bu açıdan hem kamuoyunda hem de karar alıcılar nezdinde önemli bir kırılma noktası olmuş, merkezi ve yerel afet yönetimi yapılarının zaafları geniş çapta tartışılmıştır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda 2009 yılında 5902 sayılı "Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun" yürürlüğe girmiş; Sivil Savunma Genel Müdürlüğü, Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü gibi dağınık yapılar birleştirilerek “Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)” tek çatı altında kurulmuştur. Bu reform, afet yönetiminin bütüncül, veri temelli, çok paydaşlı ve daha koordineli biçimde yürütülmesi için atılmış en önemli kurumsal adımlardan biri olarak kabul edilmektedir.

AFAD, kuruluşundan itibaren afet yönetimini yalnızca kriz anına müdahale perspektifiyle değil, risk azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme olmak üzere dört temel evreyi kapsayan entegre bir afet döngüsü modeliyle ele alarak, afetlere karşı dirençli bir toplum inşa etmeyi hedeflemiştir. Bu döngüsel yaklaşım, afet yönetimini zamana yayılmış, planlı ve sistematik bir çerçevede değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır.

Risk azaltma safhası, tehlikelerin etkilerini en aza indirecek yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin alınmasını kapsar; örneğin risk haritalarının çıkarılması, zemin etütlerinin yapılması ve mevzuatların güncellenmesi bu kapsamda yürütülen faaliyetlerdendir. **Hazırlık** aşamasında, toplumun ve kurumların afetlere karşı planlı, eğitimli ve donanımlı hale gelmesi sağlanır. Eğitim programları, tatbikatlar, toplum tabanlı hazırlık projeleri bu aşamanın önemli unsurlarıdır.

Müdahale evresi, afetin meydana geldiği anda can ve mal kayıplarını en aza indirecek acil hizmetlerin hızla devreye alınmasını içerir. Bu süreçte AYDES gibi karar destek sistemleri, mobil ekipler ve koordinasyon merkezleri etkin biçimde

çalıştırılır. **İyileştirme** safhası ise afetin ardından fiziksel, sosyal ve ekonomik toparlanmayı ifade eder; yalnızca hasar gören yapıların onarımı değil, aynı zamanda psikososyal destek, ekonomik teşvikler ve yeniden yapılanma politikaları da bu evrede yer almaktadır.

Bu dört aşamanın birbiriyle entegre ve sürekli biçimde işletilmesi, Türkiye'nin afet yönetiminde daha sürdürülebilir, etkili ve kapsayıcı politikalar üretmesini mümkün kılmakta; AFAD'ın stratejik pozisyonunu hem ulusal hem de uluslararası düzeyde güçlendirmektedir.

Yasal ve kurumsal çerçeve

AFAD'ın faaliyetleri, 5902 sayılı Kanun'a ve "Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)" ile şekillenen geniş kapsamlı bir mevzuat sistemine dayanmaktadır. Bu sistem hem merkezi düzeyde AFAD Başkanlığı'nı hem de yerel düzeyde Valilik koordinasyonunda çalışan İl AFAD Müdürlükleri'ni temel alan çok katmanlı bir yönetişim modeline sahiptir. 5902 sayılı Kanun, afet yönetimini tek bir otorite çatısı altında toplarken, kamu kurumlarının, yerel yönetimlerin, özel sektör kuruluşlarının ve sivil toplum örgütlerinin rollerini açık bir biçimde tanımlamıştır. Böylelikle çok aktörlü ve senkronize bir müdahale ve hazırlık süreci tesis edilmiştir.

Bu yasal çerçeveye ek olarak, AFAD, 2013 yılında yayımlanan ve daha sonra güncellenen Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ile 28 hizmet grubunda görev tanımları ve sorumlulukları ayrıntılandırmıştır. Bu plan, sadece merkezi kamu kurumlarının değil, yerel yönetimlerin ve üniversitelerin de afet müdahale süreçlerinde aktif rol almasını sağlamaktadır. Ayrıca, AFAD Başkanlığı bünyesinde yer alan Afet ve Acil Durum Yönetimi Yüksek Kurulu, politika geliştirme, planlama ve karar alma süreçlerinde koordinasyonu sağlayan üst düzey bir organdır.

2021 yılında yürürlüğe giren "Türkiye Ulusal Risk Kalkanı Modeli" ise AFAD'ın yasal zeminini daha da güçlendirmiş; bu model, iklim değişikliğine uyum, çevresel sürdürülebilirlik, kentsel planlama, altyapı yönetimi ve afet riski azaltımı gibi konuların mevzuatla entegre edilmesini hedeflemiştir. Bu model, risk azaltımı faaliyetlerini yalnızca fiziksel müdahalelerle sınırlı tutmayıp; eğitim, mevzuat geliştirme, dijital altyapı kurma ve sosyal direnç gibi kavramları da kapsayan bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

AFAD'ın yasal ve kurumsal çerçevesi, sadece iç hukuk düzenlemeleri ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi (2015–2030), Paris İklim Anlaşması ve 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri gibi uluslararası taahhütlerle de uyumlu olacak biçimde yapılandırılmıştır. Bu çok katmanlı yapı, Türkiye'nin afet yönetimi sistemini hem ulusal hem de uluslararası bağlamda daha etkili ve sürdürülebilir kılmayı hedeflemektedir.

Kurumlar arası koordinasyon ve idari yapı

AFAD, İçişleri Bakanlığı'na bağlı olarak faaliyet gösterir ve doğrudan Cumhurbaşkanlığı makamına bilgi akışı sağlayacak biçimde yapılandırılmıştır.

Başkanlık bünyesinde çeşitli daire başkanlıkları, Arama Kurtarma Birlik Müdürlükleri ve Afet Eğitim Merkezleri bulunmaktadır. 81 ilde kurulu İl AFAD Müdürlükleri aracılığıyla yerel düzeyde koordinasyon sağlanır. Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP), kamu kurumları arasında görev paylaşımını ve koordinasyonu sağlayan ana çerçevedir. TAMP kapsamında, 28 hizmet grubu belirlenmiş ve bu gruplar ilgili bakanlıklar ile kurumlara liderlik görevi verilmiştir.

Teknolojik altyapı ve erken uyarı sistemleri

AFAD, afet bilgi yönetimi, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), uzaktan algılama, büyük veri analitiği ve çok katmanlı erken uyarı teknolojileri üzerine kurulu kapsamlı bir teknolojik altyapı geliştirmiştir. Bu sistemler yalnızca afet sonrası müdahaleyi değil, afet öncesi risk analizlerini, senaryo temelli karar destek süreçlerini ve toplum düzeyinde uyarı mekanizmalarını da kapsayacak şekilde entegre edilmiştir.

- *AYDES (Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi):* Gerçek zamanlı veri toplama, analiz ve operasyon yönetimi kabiliyetine sahip merkezi platformdur. Harita tabanlı müdahale yönetimi, kaynak optimizasyonu, saha ekiplerinin takibi, lojistik yönetimi ve görev senaryolarının simülasyonu gibi bileşenlerle donatılmıştır. Tüm paydaş kurumlarla entegre çalışır.
- *Deprem Erken Uyarı Sistemi (DEUS):* Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve AFAD iş birliğiyle çalışan sistem, sismik sensör ağları üzerinden milisaniyeler içinde veri toplayarak, büyük şehirlerde 5 ila 15 saniyelik kritik erken uyarı süresi sağlar. DEUS, enerji altyapısı (doğal gaz vanaları, elektrik şebekesi) ile otomatik entegre edilerek ikincil felaketleri önlemeye yardımcı olur.
- *CBS Tabanlı Tehlike ve Risk Haritaları:* Türkiye geneli için geliştirilen deprem, taşkın, heyelan ve çığ tehlike haritaları, yapı stoğu analizi, demografik veriler ve sosyal kırılganlık göstergeleriyle katmanlı biçimde entegre edilmiştir. Bu haritalar, afet planlaması ve kentsel dönüşüm kararları için temel veri sağlar.
- *Mobil Uygulamalar ve Erken Bildirim Sistemleri:* "AFAD Acil" ve benzeri mobil uygulamalar aracılığıyla vatandaşlara afet öncesi, sırası ve sonrası bilgi akışı sağlanmakta; kullanıcı konumuna özel uyarılar, tahliye rotaları ve toplanma alanları hakkında gerçek zamanlı bildirimler sunulmaktadır.
- *Meteorolojik Erken Uyarı Entegrasyonu:* Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile entegre çalışan sistem, ani hava olayları (fırtına, aşırı yağış, dolu) için sarı, turuncu ve kırmızı kodlu uyarıları otomatik olarak yerel AFAD merkezlerine ve halka iletir.
- *İleri Düzey Lojistik İzleme Sistemleri:* Saha araçları, insani yardım tırları, mobil mutfak ve sahra hastaneleri gibi ekipmanlar GPS izleme sistemleriyle sürekli takip edilmekte; lojistik operasyonlar merkezi bir yazılım üzerinden yönetilmektedir.

- *Büyük Veri Tabanlı Erken Müdahale Simülasyonları*: Afet öncesi risk senaryoları, geçmiş veri modelleri ve meteorolojik tahminlerle birleştirilerek afetin muhtemel etkilerini önceden tahmin eden algoritmalar geliştirilmiştir. Bu sistemler, kaynak planlaması, tahliye senaryoları ve kriz bölgelerinin önceliklendirilmesinde kullanılmaktadır.

AFAD'ın teknoloji altyapısı, yalnızca kurumsal karar alma süreçlerini değil, aynı zamanda halkın bilinç düzeyini ve müdahale hızını artırmayı amaçlamaktadır. Teknolojik sistemlerin sürekli güncellenmesi, yerli yazılım ve donanım çözümleriyle desteklenmesi ve kurumsal veri güvenliğinin sağlanması da öncelikli teknik hedefler arasındadır.

Toplumsal katılım ve yerel kapasite gelişimi

AFAD, afet yönetiminin yalnızca merkezi otoritelere dayalı bir yapıdan ibaret olmadığını, toplumun her bireyinin ve yerel unsurların sürece aktif katılımı ile daha etkin hâle gelebileceğini benimseyen bir anlayışı temel almıştır. Bu kapsamda geliştirilen toplumsal katılım stratejileri, yerel bilgiye dayalı planlama, gönüllülük esaslı kapasite geliştirme ve halkla bütünleşik eğitim faaliyetlerini içermektedir.

- *Afet Farkındalık Eğitimleri ve Ulusal Seferberlik:* 2021 yılı, Cumhurbaşkanlığı kararıyla "Afet Eğitim Yılı" ilan edilmiş ve bu kapsamda 56 milyonun üzerinde vatandaşa ulaşan bir eğitim kampanyası yürütülmüştür. Kamu spotları, görsel-işitsel materyaller, sosyal medya içerikleri, okullarda ders entegrasyonları ve kamu kurumlarında zorunlu eğitim modülleri gibi çoklu mecralar üzerinden afet bilincinin artırılması sağlanmıştır.
- *AFAD Gönüllülük Sistemi:* E-devlet altyapısı üzerinden başvuru alınarak organize edilen sistem, temel eğitim, destek personeli eğitimi ve profesyonel arama-kurtarma gibi çok seviyeli programlar içermektedir. 2023 itibariyle gönüllü sayısı 1 milyona yaklaşmıştır. Bu sistem, afet anında yerel kaynaklarla etkin müdahale kapasitesi oluşturmakta ve sosyal dayanışmayı artırmaktadır.
- *Yerel Risk Yönetimi ve Mahalle Temelli Tahliye Planları:* Türkiye genelinde İl AFAD Müdürlükleri aracılığıyla muhtarlık düzeyinde risk değerlendirme çalışmaları yapılmakta, mahalle afet gönüllüleri ve topluluk temsilcileri aracılığıyla tahliye senaryoları oluşturulmaktadır. Bu sayede, yerel bilgi, bölgesel risk dinamikleriyle bütünleşmekte ve kapsayıcı planlama sağlanmaktadır.
- *Okul Temelli Afet Eğitimi Programları (OBAEP):* Milli Eğitim Bakanlığı iş birliğiyle yürütülen bu program, ilkokuldan liseye kadar tüm kademelerde afet bilinci dersleri, tahliye tatbikatları, öğrenci kulüpleri ve öğretmen hizmet içi eğitimleri içermektedir. OBAEP, afet kültürünün çocuk yaşta kazandırılmasını hedeflemektedir.
- *Toplum Tabanlı Afet Riski Azaltma (CBDRM) Projeleri*: Bazı pilot illerde yürütülen bu projeler kapsamında kadınlar, yaşlılar, engelliler gibi kırılgan grupların katılımını önceleyen mahalle çalışmaları yapılmakta; afet risk haritaları

topluluklarla birlikte oluşturulmaktadır. Katılımcı planlama modeli ile yerel halkın bilgi, deneyim ve değerlerinin afet yönetimi stratejilerine entegre edilmesi amaçlanmaktadır.

- *Tatbikatlar ve Senaryo Temelli Simülasyonlar:* Her yıl düzenli olarak yapılan il düzeyinde tatbikatlar ve merkezi senaryo temelli ulusal simülasyonlar hem kamu kurumlarının hem de halkın afetlere karşı organizasyonel reflekslerini geliştirmektedir. Bu tatbikatlar, aynı zamanda toplumun afet öncesi ve sonrası görev dağılımına aşina olmasını da sağlar.

Uluslararası iş birlikleri ve projeler

AFAD, Birleşmiş Milletler'in Afet Risklerini Azaltma Çerçevesi (UNDRR), NATO, INSARAG, Avrupa Sivil Koruma Mekanizması ve İslam İş birliği Teşkilatı gibi uluslararası yapılarla aktif ilişkiler yürütmektedir. Bu iş birlikleri, Türkiye'nin afet yönetimi alanındaki uluslararası rolünü pekiştirmekte ve küresel dayanıklılık inisiyatiflerine katkı sağlamaktadır. Türkiye, Suriye, Endonezya, Nepal ve Azerbaycan gibi afetlerden etkilenen ülkelerde hızlı arama-kurtarma operasyonları düzenlemiş, insani yardım faaliyetleriyle bölgesel dayanışmayı artırmıştır.

AFAD, Sendai Afet Risklerini Azaltma Çerçevesi ile uyumlu politika oluşturma süreçlerine aktif olarak katılmakta ve yıllık raporlama faaliyetleri ile uluslararası standartlara uyum göstermektedir. Bununla birlikte, afet risklerinin önlenmesine yönelik tecrübe paylaşımı için çeşitli uluslararası eğitim programları ve tatbikatlar düzenlemektedir. Bu tatbikatlar, diğer ülkelerin afet müdahale kapasitesini geliştirmelerine yardımcı olurken, Türkiye'nin afet sonrası operasyonlarda liderlik rolünü güçlendirmektedir.

AFAD'ın uluslararası iş birlikleri kapsamında yürüttüğü projeler, teknolojik altyapı, kapasite geliştirme ve bilimsel araştırmalar gibi çok boyutlu alanlarda küresel standartların uygulanmasını sağlamaktadır. Örneğin, INSARAG akreditasyonları, Türkiye'nin uluslararası kurtarma operasyonlarındaki etkinliğini teyit etmekte; aynı zamanda bilgi diplomasisi aracılığıyla afet yönetimi alanında yenilikçi modellerin yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır. Bu çerçevede AFAD, yalnızca bir uygulayıcı kamu kurumu değil; norm koyucu, kapasite geliştirici ve bilgi paylaşımı sağlayan bir lider aktör olarak öne çıkmaktadır.

Genel sonuç değerlendirmesi

AFAD, Türkiye'nin afet ve acil durum yönetimi alanında merkezi aktörü olarak, kurumsal bütünlüğü, yasal yetkileri, teknolojik kapasitesi ve toplum temelli yaklaşımları ile entegre bir afet yönetim sisteminin kurulmasında kritik rol oynamaktadır. Başkanlık, afet yönetimini yalnızca kriz anında müdahale temelli bir faaliyet olarak değil; planlı, önleyici ve iyileştirici mekanizmalarla desteklenen stratejik bir kamu yönetimi alanı olarak ele almaktadır.

Kuruluşundan bu yana geçen sürede, AFAD'ın afet risk azaltımı, dijitalleşme, halkla ilişkiler ve kapasite inşası gibi alanlarda önemli ilerlemeler kaydettiği

görülmektedir. Teknolojik sistemler üzerinden kurulan veri tabanlı karar destek süreçleri (ör. AYDES, CBS sistemleri, erken uyarı ağları), sadece müdahale değil, önceden planlama, tahliye ve iyileştirme politikalarını da güçlendirmiştir. Aynı şekilde, gönüllülük sistemleri, afet eğitim kampanyaları ve mahalle temelli hazırlık programları sayesinde toplumun afet bilincinde kayda değer bir artış yaşanmıştır.

Ancak AFAD'ın karşılaştığı büyük ölçekli afetler (ör. 2023 Kahramanmaraş merkezli depremler) kurumsal kapasitenin sınırlarını da ortaya koymuştur. Bu bağlamda, sistemin bilhassa teknik bazda çok daha dinamik olması gerektiği görülmektedir. Örneğin; merkezi ve yerel idareler arasında veri entegrasyonun güçlendirilmesi, lojistik planlamanın saha gerçeklikleri ile uyumlu hale getirilmesi ve dinamik-veri temelli afet risk haritalarının halkla daha açık paylaşılması gibi alanlarda ilerleme potansiyeli mevcuttur.

Ayrıca, iklim değişikliğinin tetiklediği afet türlerinin artışı (kuraklık, orman yangınları, meteorolojik afetler) AFAD'ın stratejik yönelimlerini yeniden tanımlamasını zorunlu kılmaktadır. Bu noktada, iklim uyumlu altyapı yatırımları, doğa temelli çözümler, yeşil kentsel dönüşüm stratejileri ve afet yönetiminde ekosistem hizmetlerinin dikkate alınması gibi yeni boyutlar gündeme gelmelidir.

Uluslararası düzeyde ise AFAD, sadece bir uygulayıcı kamu kurumu değil; aynı zamanda norm koyucu, bilgi aktarıcı ve kapasite geliştirici bir aktör haline gelmiştir. INSARAG akreditasyonları, uluslararası kurtarma operasyonlarındaki etkinliği ve bilgi diplomasisine dayalı girişimleriyle Türkiye'yi afet yönetimi alanında bölgesel bir güç konumuna taşımaktadır. Sonuçta, AFAD, 21. yüzyılın çok boyutlu afet riskleri karşısında, yalnızca müdahaleci değil, proaktif, toplum merkezli, bilim ve teknoloji temelli bir yönetim paradigması geliştirmiştir. Bu paradigma, Türkiye'nin afetlere karşı dayanıklılığını artırmanın ötesinde, kalkınma, iklim uyumu ve sosyal kapsayıcılık gibi diğer stratejik hedeflerle de entegre edilmeli ve gelecek planlamasında temel referans noktalarından biri olmalıdır.

2.4 Türkiye İçin Uluslararası Örnekler Üzerinden Çıkarımlar

Afet risklerinin artan çeşitliliği, karmaşıklığı ve çoklu ölçeklerdeki etkileri, ülkelerin afet risk azaltma stratejilerinde daha bütüncül, katılımcı ve veri temelli yaklaşımlar benimsemesini zorunlu hâle getirmiştir. Bu bağlamda, dünyadaki bazı ülke örnekleri, afet yönetiminde kurumsal kapasitenin geliştirilmesi, teknoloji destekli erken uyarı sistemlerinin kurulması, mekânsal planlamanın risk azaltma sürecine entegre edilmesi ve toplum temelli yönetişim ilkelerinin uygulanması gibi çok boyutlu stratejilerle dikkat çekmektedir.

Türkiye'de afet risk azaltma politikalarının kurumsallaştırılması sürecinde bu proje kapsamında geliştirilmeye çalışılan "**Bölgesel Afet Risk Azaltma Planları (BARAP)**", bu dönüşümün önemli bir örneğidir. BARAP'lar, risklerin tanımlanmasının ötesinde, bunların bilimsel, yönetsel ve teknolojik araçlarla nasıl azaltılacağına dair CBS destekli stratejik planlama sunar. Hazırlanma ve uygulanma

sürecinde fiziksel ve sosyo-ekonomik afet riskleri değerlendirilir; tehlike, zarar görebilirlik ve yerel kapasite temelinde analiz yapılır. Ancak BARAP'ın etkinliği, gelişmiş teknoloji altyapısı, bütüncül veri yönetimi ve çok aktörlü yönetim mekanizmalarının entegrasyonuna bağlıdır. Afet risklerinin ve karmaşıklığının artması, yerel önlemlerin ulusal stratejilerle uyumunu zorunlu kılar. ***BARAP'a** ilişkin daha kapsamlı teknik detaylar raporun ileri bölümlerinde (**Bölüm 2.7**) sunulmuştur.*

Bu bölümde ele alınacak ülke örnekleri, afet yönetiminde CBS tabanlı karar destek sistemleri, entegre veri altyapıları, risk odaklı planlama ve paydaş katılımına dayalı yönetişim modelleriyle Türkiye'ye ilham verebilecek uygulamaları gözler önüne sermektedir. Seçilen bu örnekler, yalnızca teknik uygulamaların değil; aynı zamanda stratejik vizyon ve kurumsal yapıların da BARAP yaklaşımıyla nasıl bütünleştirilebileceğini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede amaç, BARAP ve MARAP modellerine katkı sağlayacak evrensel ilkeleri ve dikkat edilmesi gereken noktaları değerlendirmek, ilerideki safhalarda kullanılabilecek bilgi birikimini artırmaktır. Devamındaki bölümlerde Japonya, Almanya, Hollanda, ABD, Hindistan ve Birleşik Krallık gibi çeşitli ülkelerin afet planlama yaklaşımları ele alınacak; CBS, teknoloji ve yönetişim boyutlarında "BARAP" benzeri sistemler için stratejik öneriler ve entegrasyon yolları ayrıntılı biçimde sunulacaktır.

2.4.1 Japonya: Erken uyarı sistemlerine dayalı ve toplum temelli hazırlık stratejileri

Japonya, afetlere karşı yüksek düzeyde hazırlıklı ülkelerden biridir ve bu başarının temelinde ileri teknolojilere dayalı erken uyarı sistemleri ve toplum temelli hazırlık stratejileri yer almaktadır. Japonya Meteoroloji Ajansı (JMA) ve Ulusal Afet Yönetimi Konseyi (Cabinet Office- Disaster Management Council), afet risk planlamasında öne çıkan iki ana kurumdur.

CBS ve Uzaktan Algılama Sistemleri: Japonya'da geliştirilen Japan Seismic Hazard Information Station (J-SHIS), sismik risklerin vatandaşlar tarafından konum bazlı olarak izlenebilmesini sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı bir bilgi platformudur. Bu sistemin geliştirilme süreci, özellikle 1995 Kobe Depremi gibi büyük afetlerin ardından halkın yerel risklere dair bilinç düzeyini artırma ihtiyacından doğmuştur. Afet risklerinin mekânsal olarak görselleştirilmesi, vatandaşlar ve kamu kurumları için daha etkin bir önlem alma ve planlama imkânı sunmaktadır (Fujiwara vd., 2006).

J-SHIS sisteminin teknik altyapısı, çok katmanlı veri entegrasyonuna dayalıdır. Sismik tehlike haritaları, maksimum yer ivmesi tahminleri, fay hattı konumları, zemin büyütme indeksleri ve tsunami risk zonları gibi farklı parametreler, CBS platformu üzerinde üst üste bindirilerek entegre bir analiz ortamı oluşturulmaktadır. Bu veriler, senaryoya dayalı deprem modellemeleri ile ilişkilendirilerek olası tehlikelerin etkileri zaman ve mekâna bağlı olarak detaylı biçimde hesaplanabilmektedir.

Veri akışı, Japonya'daki çeşitli kamu kurumlarının katkısıyla sağlanmaktadır. Sistemin teknik geliştiricisi olan National Research Institute for Earth Science and

Disaster Resilience (NIED), temel bilimsel veri altyapısını sunarken, Japan Meteorological Agency (JMA) sismik aktivite ve hava koşullarına dair canlı verileri sağlar. Ayrıca Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) tarafından yapı envanteri ve altyapı verileri temin edilerek şehir ölçeğinde risk analizlerinin doğruluğu artırılmaktadır.

J-SHIS platformunu kullanan kurumlar arasında yerel belediyeler, hastaneler, eğitim kurumları ve afet müdahale birimleri yer alır. Sistem aracılığıyla kurumlar, tahliye planları, yapı güçlendirme stratejileri ve halk bilgilendirme mekanizmalarını bilimsel verilere dayalı biçimde oluşturabilmektedir. Özellikle acil durum ekipleri, sistemin sunduğu risk haritaları üzerinden müdahale alanlarını hızlı ve etkili şekilde belirleyebilmektedir. Vatandaşlara açık olan arayüz, konum bazlı sorgulama yapılmasına olanak tanır. Kişiler bulundukları bölgede yer hareketi olasılıklarını renk kodlu haritalar üzerinden görüntüleyebilir ve risk düzeyini yorumlayabilir. Platform mobil cihazlarla uyumlu olup afet anında bilgilendirme mesajları ve tahliye yönlendirmeleri gibi kritik işlevleri de desteklemektedir.

Japonya'da J-SHIS ile yürütülen çok katmanlı CBS tabanlı sismik tehlike modelleme, uzaktan algılama verileri ve konum bazlı risk bilgilendirme yaklaşımı, MARAP kapsamında Marmara Bölgesi için geliştirilen mekânsal risk yönetimi altyapısıyla doğrudan ilişkilidir. MARAP'ın CBS temelli tehlike-kırılganlık-kapasite katmanlarını aynı platformda bütünleştirerek senaryo bazlı domino etkisi analizleri ve yerel risk görselleştirmesi yapması, J-SHIS'in sağladığı dijital direnç yaklaşımının bölgesel ölçekte adaptasyonudur. Ayrıca J-SHIS'te olduğu gibi, MARAP çıktılarının ilerleyen aşamalarda yerel yönetimler, OSB'ler ve halk için konum bazlı sorgulanabilir risk panolarına dönüştürülmesi, afet bilincini artıran ve müdahaleyi hızlandıran kritik bir hedef olarak görülmektedir. *Toplum Katılımlı Risk Azaltımı*: Japonya'da afet planları yalnızca merkezi otorite tarafından değil, mahalle düzeyindeki komitelerle iş birliğiyle yerinden yönetim yaklaşımıyla hazırlanmaktadır. Okullarda, kamu kurumlarında ve özel şirketlerde düzenli tatbikatlar gerçekleştirilmektedir. Bu sayede afet bilinci ve risk yönetimi, toplumun tüm katmanlarına yayılmaktadır (Küçükyağcı, 2024).

Yerinden Yönetim ve Bölgesel Yapılar: Japonya'da afet planlaması, *Basic Act on Disaster Management (1961)* çerçevesinde merkezi ve yerel düzeyde yetki paylaşımına dayalı olarak yürütülmektedir. Bu kapsamda, her belediye kendi Bölgesel Afet Yönetim Planını hazırlamakla yükümlüdür. Bu planlar, mahalle komiteleri (chōnaikai), gönüllü afet önleme kuruluşları (Bōsai-dantai) ve yerel STK'larla birlikte hazırlanır. Özellikle Tokyo, Osaka ve Sendai gibi büyük şehirlerde, mahalle afet komiteleri afet öncesi hazırlık, tatbikat organizasyonu ve bilgi yayılımı gibi görevleri üstlenmektedir. Bu komiteler, yerel halkın afet risklerini tanımasını ve kendi bölgelerine özgü önlemler geliştirmesini sağlar. Örneğin, Tokyo Büyükşehir Belediyesi tarafından yayımlanan Tokyo Bōsai el kitabı, mahalle bazlı risk haritaları ve tahliye rotaları içerir ve bu bilgiler mahalle komiteleri tarafından güncellenerek halka dağıtılır.

Veri Toplama ve Denetleme Sistemleri: Toplum katılımlı afet yönetiminin başarısı, yalnızca planlama değil, aynı zamanda veri temelli denetim mekanizmalarıile sağlanmaktadır. Japonya'da mahalle komiteleri, her yıl düzenlenen tatbikatlar sırasında GPS destekli zaman ölçümleri, tahliye rotası analizleri ve katılım oranları gibi verileri toplar. Bu veriler, belediyelerin afet yönetim birimleri tarafından analiz edilerek bir sonraki yılın planlamasına entegre edilir. Ayrıca, Fire and Disaster Management Agency (FDMA) ve National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED) gibi ulusal kurumlar, yerel düzeyde toplanan verileri merkezi sistemlere aktararak ulusal risk haritalarının güncellenmesini sağlar. Bu sayede yerel gözlemler, ulusal stratejilere yön verir.

Kurumsal Entegrasyon ve Eğitim Sistemleri: Afet bilincinin toplumun tüm katmanlarına yayılması, kurumsal entegrasyon ile desteklenmektedir. Japonya'da okullar, kamu kurumları ve özel şirketler, yılda en az bir kez zorunlu afet tatbikatı düzenlemekle yükümlüdür. Bu tatbikatlar, mahalle komiteleriyle koordineli biçimde yürütülür ve sonuçları belediye afet yönetim birimlerine raporlanır. Örneğin, ilkokullarda yapılan tahliye tatbikatlarında GPS ile ölçülen tahliye süresi, bir sonraki yılın rota optimizasyonuna katkı sağlar. Özel şirketler ise çalışanlarına yönelik afet çantası hazırlama, bina tahliyesi ve acil durum iletişimi gibi konularda eğitim vermek zorundadır. Bu uygulamalar, afet anında bireysel ve kurumsal reflekslerin güçlendirilmesini sağlar.

Erken Uyarı ve Entegre İletişim Sistemleri: Deprem uyarı sistemleri, demiryolu sistemlerine, doğalgaz hatlarına ve kamu yayın organlarına entegre edilmiştir. Böylece birkaç saniyelik erken uyarı bile hayati önem taşıyan önlemlerin otomatik devreye girmesini sağlamaktadır.

Japonya'da deprem erken uyarı sistemlerinin entegrasyonu, yalnızca teknolojik bir altyapı değil, aynı zamanda çok katmanlı bir yönetişim ve denetim mekanizmasıyla desteklenen bir afet yönetim modelidir. Bu sistem, saniyelerle ölçülen zaman dilimlerinde kritik altyapıların otomatik olarak tepki vermesini sağlayarak ikincil afetlerin önlenmesinde hayati rol oynar (Yenilmez, 2011).

Japonya Meteoroloji Ajansı (JMA) tarafından işletilen "Deprem Erken Uyarı Sistemi (EEWS)", ülke genelinde yaklaşık 1000 sismik istasyondan gelen verileri gerçek zamanlı olarak analiz eder. Bu veriler, P dalgası algılandıktan sonra S dalgası ulaşmadan önce işlenerek uyarı mesajları oluşturulur. Bu mesajlar, NHK gibi kamu yayın organlarına, demiryolu işletmelerine (örneğin JR East), doğalgaz dağıtım şirketlerine (örneğin Tokyo Gas) ve yerel yönetimlerin J-Alert sistemlerine entegre biçimde iletilir. Bu entegrasyonun sağlanabilmesi için Japonya'da bölgesel afet koordinasyon merkezleri kurulmuştur. Her belediye, JMA'dan gelen uyarıları kendi sistemine entegre eden bir altyapıya sahiptir. Örneğin, J-Alert sistemi sayesinde 226 belediye, hoparlör sistemleriyle halka anında uyarı verebilmektedir. Bu merkezler aynı zamanda tatbikat verilerini, alarm yanıt sürelerini ve otomatik sistem tepkilerini kayıt altına alarak merkezi denetim birimlerine iletir.

Denetleme mekanizmaları ise hem teknik hem yönetsel düzeyde işler. JMA, uyarıların doğruluğunu ve zamanlamasını sürekli olarak analiz ederken, Ulusal Afet Bilimi ve Direnç Enstitüsü (NIED) tarafından kurulan Hi-net ve KiK-net ağları, sistemin performansını teknik olarak denetler. Ayrıca, Tokyo Gas'ın SIGNAL sistemi gibi özel sektör uygulamaları, sismik verileri kendi ağlarında değerlendirerek doğalgaz hatlarını otomatik olarak kapatır ve bu işlemlerin loglarını merkezi sisteme iletir. Bu bütünleşik yapı sayesinde, örneğin 2011 Tōhoku Depremi sırasında Shinkansen trenleri sarsıntı ulaşmadan önce durdurulmuş, doğalgaz hatları kesilmiş ve kamu yayınları halkı saniyeler içinde bilgilendirmiştir. Sistem, yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda kurumsal iş birliği ve veri temelli yönetişim açısından da örnek teşkil etmektedir.

Japonya örneği, BARAP gibi bölgesel planların statik belgelerden ziyade dinamik, düzenli güncellenen ve toplumla entegre yapılar olarak tasarlanması gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda, Japonya'nın CBS destekli mekânsal analiz teknikleri ve toplum temelli hazırlık süreçleri, afet yönetimi planlarının yalnızca teknik yeterliliğini değil, aynı zamanda toplumsal kabul ve katılım düzeyini de artırmayı hedeflemektedir. Örneğin, "Tehlike İstasyonu" gibi yenilikçi uygulamalar, bireylerin kendi tehlike durumlarını anlık olarak takip edebilmelerini sağlamakta ve bireysel farkındalığı artırmaktadır. Japonya'da ayrıca mahalle düzeyindeki komiteler aracılığıyla yerinden yönetim ilkesi benimsenmiş; düzenli tatbikatlar ve eğitim programlarıyla afet bilinci toplumun tüm kesimlerine yayılmıştır. Bu tür toplum odaklı yaklaşımlar, BARAP'ların da benzer şekilde yerel aktörlerin aktif katılımını ve sorumluluk paylaşımını teşvik edecek şekilde geliştirilmesi gerekliliğini işaret etmektedir. Aynı zamanda, Japonya'nın teknolojik altyapıya dayalı erken uyarı sistemleri, BARAP'ların bölgesel ölçekte hızlı müdahale kabiliyetini artıracak örnek bir model sunmaktadır.

2.4.2 ABD – FEMA: CBS Tabanlı Planlama ve Çok Senaryolu Müdahale Yaklaşımı

ABD'de afet risk yönetimi, çok düzeyli federal yapı içinde kurgulanmış olup bu yapı içinde Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (Federal Emergency Management Agency-FEMA) merkezi bir rol üstlenmektedir. FEMA'nın liderliğinde geliştirilen **tehlike azaltım planlaması** (Hazard Mitigation Planning) bölgesel düzeyde tehlikelerin haritalandırılmasını, önceliklendirilmesini ve risk azaltım hedeflerinin tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu süreçler, CBS teknolojileri, açık veri politikaları ve çoklu senaryo analizleri üzerine inşa edilmiştir.

- ***Tehlike Tanımlama ve Risk Değerlendirmesi (Hazard Identification and Risk Assessment-CBS ve HIRA):*** FEMA, afet planlamasının temelini CBS destekli HIRA modelleriyle oluşturmaktadır. Bu modeller sayesinde her bir yerel yönetim, kendi bölgesine özel deprem, sel, fırtına, yangın gibi tehlike türlerine ilişkin tehlike envanterini çıkartmakta; bu envanterler ulusal sistemlerle senkronize edilmektedir. CBS altyapısı, tüm tehlike verilerinin coğrafi bağlamda analiz

edilmesini ve karar vericilere entegre risk haritaları üzerinden müdahale planlaması yapılmasını sağlamaktadır.

- ***Çoklu-Tehlike Azaltım Planlaması (Multi-Hazard Mitigation Planning):*** FEMA'nın çoklu tehlike azaltım planlaması adı altında yürüttüğü bölgesel planlama süreci, farklı tehlike türlerini eş zamanlı olarak ele alarak sistematik bir müdahale çerçevesi sunmaktadır. Bu çerçevede, toplumsal kırılganlık, altyapı hassasiyeti, sigorta erişimi gibi faktörler de değerlendirilerek kapsamlı bir risk profili oluşturulmaktadır.
- ***Veri Tabanlı Karar Destek Platformları (Hazus, Resilience Analysis Tools*)**: FEMA tarafından geliştirilen HAZUS yazılımı, afetlerin ekonomik, yapısal ve sosyal etkilerini önceden modelleyen bir karar destek sistemidir. Bu sistem, senaryo bazlı zarar tahminleri üretmekte, politika yapıcılar için yatırım öncelikleri belirlemekte ve risk azaltımı için ekonomik analizler sunmaktadır. Ayrıca, Toplumsal Dayanıklılık Göstergeleri (Community Resilience Indicators) gibi göstergeler üzerinden yerel dayanıklılık düzeyleri karşılaştırmalı olarak izlenebilmektedir.
- ***Yönetimsel Entegrasyon ve Fonlama Mekanizmaları:*** FEMA, bölgesel ve yerel yönetimlerin hazırladığı afet planlarını fonlama koşulu hâline getirmiştir. Bu sayede, planlar sadece teorik belgeler olmaktan çıkarak uygulamaya dönüşmektedir. Planları kabul edilen yerel yönetimler, Risk Azaltım Hibe Programı (Risk Reduction Grant Program) gibi kaynaklara erişim sağlayabilmektedir.

FEMA'nın afet risk azaltımına yönelik fonlama mekanizmaları, yalnızca mali destek sağlamakla kalmaz; aynı zamanda yerel yönetimlerin stratejik planlama kapasitesini artıran, uygulamaya dönük ve denetime açık bir yönetişim modeli sunar. Bu sistem, afetlerin yalnızca müdahale gerektiren olaylar değil, önceden yönetilmesi gereken toplumsal riskler olduğunu kabul eden bir anlayışa dayanır.

Yönetimsel Entegrasyon ve Planlama Koşulu: FEMA'nın fonlama sisteminin temelinde, yerel yönetimlerin afet risk azaltım planlarını (Hazard Mitigation Plan – HMP) hazırlamış ve FEMA tarafından onaylatmış olmaları yer alır. Bu planlar, afet risklerinin tanımlanması, kırılganlık analizleri, öncelikli müdahale alanlarının belirlenmesi ve uygulanabilir proje önerilerinin geliştirilmesi gibi unsurları içermelidir. Planı onaylanan yerel yönetimler, FEMA'nın Hazard Mitigation Grant Program (HMGP), Flood Mitigation Assistance (FMA) ve Building Resilient Infrastructure and Communities (BRIC) gibi programlarına başvuru hakkı kazanır (FEMA, 2025a).

Fonlama Programları ve Teknik Yapı: FEMA'nın dört ana hibe programı, farklı afet türlerine ve toplumsal ihtiyaçlara göre yapılandırılmıştır (Tablo 2-5):

Denetim ve Uygulama Süreci: Fonlama süreci yalnızca mali destek değil, aynı zamanda denetim ve yönetişim mekanizmaları ile desteklenmektedir. Başvuru

sahipleri, FEMA'nın Benefit-Cost Analysis (BCA) kriterlerine göre projelerini teknik ve ekonomik açıdan değerlendirmek zorundadır. Kabul edilen projeler için bir İdari Plan hazırlanması zorunludur. Bu plan, fonun nasıl yönetileceğini, raporlanacağını ve denetleneceğini tanımlar (FEMA, 2023). Proje süresince ara raporlar, saha denetimleri ve performans göstergeleri ile ilerleme izlenir. Özellikle BRIC programında, doğa tabanlı çözümler ve sosyal eşitlik kriterleri gibi yeni değerlendirme parametreleri devreye alınmıştır (FEMA, 2025a; Local Infrastructure Hub, 2024).

Tablo 2-5 FEMA'nın hibe programları (FEMA (2025b); Flood Coalition (2025))

Program Adı	***Amaç***	***Fonlama Oranı***	***Öne Çıkan Uygulamalar***
HMGP (Hazard Mitigation Grant Program)	Afet sonrası yeniden yapılanma sürecinde risk azaltıcı projelere destek	%75 federal / %25 yerel	Kod güçlendirme, bina yükseltme, tahliye altyapısı
BRIC (Building Resilient Infrastructure and Communities)	Afet öncesi dirençli altyapı projeleri için rekabetçi hibe	%75 / %25 (yoksul bölgelerde %90 / %10)	Doğa tabanlı çözümler, dijital ikiz altyapılar
FMA (Flood Mitigation Assistance)	NFIP sigortalı mülkler için sel riskini azaltıcı projeler	%75 / %25 (tekrarlayan kayıplarda %90–100)	Bina yükseltme, taşkın alan restorasyonu
HMGP Post-Fire	Yangın sonrası sel ve erozyon risklerini azaltma	%75 / %25	Slope stabilization, yeşil altyapı

Doğa Tabanlı Çözümler ve BRIC Entegrasyonu: BRIC programı, geleneksel mühendislik çözümlerinin ötesine geçerek doğa tabanlı çözümler (Nature-Based Solutions – NbS) ile afet risklerini azaltmayı teşvik etmektedir. Bu kapsamda sel riski altındaki bölgelerde yeşil altyapı, sulak alan restorasyonu, floodplain genişletme gibi uygulamalar desteklenmektedir. Bu projeler, yalnızca fiziksel riskleri azaltmakla kalmaz; aynı zamanda karbon yutak alanları oluşturarak iklim değişikliğiyle mücadeleye katkı sağlar (Faivre et al., 2017; FEMA, 2025a).

ABD örneği, BARAP benzeri bölgesel modellerin yalnızca teknik risk analizleriyle sınırlı kalmaması gerektiğini, aynı zamanda uzun vadeli ekonomik sürdürülebilirlik ilkelerine, güçlü kurumsal entegrasyon mekanizmalarına ve dinamik güncellenebilir yetkinliğine sahip olacak şekilde tasarlanmasının elzem olduğunu göstermektedir. Bölgesel planların etkinliğini artırmak adına FEMA'nın yaptığı gibi planların finansal destek mekanizmalarına bağlanması, yerel yönetimlerin katılımını ve sahiplenmesini güçlendirecek stratejik bir araç olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, CBS tabanlı karar destek sistemleri (örneğin Hazus), farklı afet türleri için eşzamanlı senaryo üretimi, zarar tahminleme, kaynak optimizasyonu ve kırılganlık göstergelerine dayalı mekânsal analizlerle bölgesel planlarının bilimsel dayanaklarını güçlendirme potansiyeli taşımaktadır.

2.4.3 Almanya: Federal Sistem ve Senkronize Afet Dirençlilik Planları

Almanya, federal yönetim modeli içinde her eyalet kendi afet yönetimi yetki ve sorumluluğuna sahipken, ulusal düzeyde koordinasyon Federal Sivil Koruma ve Afet Yardım Ofisi (BBK –*Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance*) tarafından sağlanmaktadır. Bu yapı, yerel otonomi ile merkezi eşgüdümün birlikte işlediği örnek modellerdendir.

- ***Afetlere Hazırlık ve CBS Destekli Planlar:*** Almanya'da afet planları, tehlike ve müdahale senaryoları etrafında CBS destekli olarak yapılandırılmaktadır. Özellikle taşkın, endüstriyel kazalar ve pandemi gibi tematik afet türlerine özel senaryolar geliştirilmekte, her senaryo için farklı paydaşlara roller tanımlanmaktadır. Mekânsal analizler, özellikle "Lagekarten (*durum haritaları*)" adı verilen dinamik durum haritalarıyla güncellenmektedir. Almanya'da afet yönetimi, Sivil Koruma ve Afet Yardımı Federal Ofisi (BBK) tarafından koordine edilir. Bu kurumun görevleri, Sivil Koruma Yasası (Zivilschutzgesetz) ve Afet Yardımı Yasası (Katastrophenschutzgesetz) gibi düzenlemelerle belirlenmiştir. Bu yasal çerçeve, afet anında bilgi paylaşımı, durum değerlendirmesi ve müdahale koordinasyonu için CBS tabanlı sistemlerin ve Lagekarten'ların kullanılmasını teşvik eder. Özellikle BBK'nın "deNIS" (Deutsches Notfallvorsorge-Informationssystem) adlı ulusal acil durum bilgi sistemi, Lagekarten üretimi ve paylaşımı için teknik altyapı sağlar. Bu sistem, afet anında farklı kurumların veri entegrasyonunu ve mekânsal analizlerini destekler. Bu haritalar, CBS yazılımları (örneğin ArcGIS, QGIS) ile üretilir ve Eyalet Afet Yönetim Merkezleri tarafından güncellenir. Her eyaletin kendi afet planı içinde Lagekarten üretim prosedürleri tanımlanmıştır (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2022).
- ***Kritik Altyapı Dayanıklılığı:*** Almanya, kritik altyapılar (enerji, ulaştırma, haberleşme) konusunda senaryo-temelli tatbikatlar düzenleyerek hem teknik hem de yönetsel dayanıklılık testlerini gerçekleştirmektedir. Bu senaryolar, eyalet bazında değerlendirilmekte ancak sonuçlar ulusal düzeyde karşılaştırmalı olarak analiz edilmektedir.
- ***Toplum Odaklı Erken Uyarı Sistemleri (MoWaS*)**: BBK tarafından geliştirilen "MoWaS" sistemi, erken uyarıları televizyon, radyo, cep telefonu uygulamaları ve açık hava siren sistemleri ile entegre olarak iletmektedir. Bu sistem, sadece meteorolojik tehlikelerde değil, kimyasal sızıntı, ulaşım kazaları gibi çoklu senaryolar için de kullanılmaktadır.

Almanya örneği, BARAP hazırlanırken merkezi stratejilerle bütünleşik, eşgüdümlü bir yapı benimsenmesi gerektiğini açık biçimde göstermektedir. Almanya'da federal yapının sunduğu esneklik sayesinde her eyalet kendi özgün risk profiline uygun planlar geliştirirken, BBK çatısı altında ulusal düzeyde tutarlılık, bilgi paylaşımı ve teknik standartlar sağlanmaktadır. Bu durum, çok katmanlı yönetişim modeli çerçevesinde BARAP'ların hem yerel özgünlüğünü hem de ulusal stratejik

hedeflerle entegrasyonunu mümkün kılmaktadır. Ayrıca, Almanya'nın afet planlamasında sadece doğal afetlere değil, endüstriyel kazalar, biyolojik tehditler, dijital sistem arızaları gibi teknolojik ve sistemik afet türlerine de yer vermesi, BARAP kapsamında geliştirilecek risk senaryolarının çok boyutlu düşünülmesi gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, özellikle kentleşme, altyapı bağımlılığı ve dijitalleşme ile artan yeni nesil kırılganlıkların da risk yönetimi planlamasına entegre edilmesi açısından dikkate değerdir. Dolayısıyla Almanya, BARAP'ların kapsamının genişletilmesi, içerik çeşitliliğinin artırılması ve sistemsel risklerin çok aktörlü senaryolarla ele alınması konusunda güçlü bir örnek sunmaktadır.

2.4.4 Hollanda: Taşkınlar ve Kıyı Erozyonu Odaklı Yaklaşım

Hollanda, topraklarının önemli bölümü deniz seviyesinin altında olduğundan, afet yönetiminde en özgün ve ileri stratejilere sahip ülkelerden biridir. Ülkenin risk profili özellikle taşkınlar, kıyı erozyonu ve deniz seviyesi yükselmesine odaklıdır. Bu nedenle afet risk azaltımı politikaları yalnızca mühendislik önlemleriyle sınırlı kalmayıp, alan kullanımı planlaması, ekosistem hizmetleri ve mekânsal dirençlilik gibi çok boyutlu bir çerçevede ele alınmaktadır.

- ***Delta Programı ve CBS Tabanlı Su Yönetimi:*** Hollanda'nın afet yönetimi çerçevesindeki en kapsamlı girişimlerinden biri "Delta Programı"dır. Bu program, 2100 yılına kadar ülkenin su güvenliğini ve tatlı su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamayı hedefleyen bir strateji belgesidir. Delta Komiserliği tarafından yürütülen bu program, CBS tabanlı karar destek sistemleri, hidrodinamik modellemeler ve taşkın riski haritaları üzerinden şekillendirilmektedir. Bu sistemde kullanılan modeller, çok yıllı veri kümeleri ve iklim projeksiyonları ile senaryolaştırılmış afet risklerini analiz ederek her yıl yeniden değerlendirme yapılmasına olanak tanımaktadır.
- ***Çok Katmanlı Güvenlik Yaklaşımı (MLA – Multi-Layer Safety):*** Hollanda afet risk yönetiminde üç aşamalı bir strateji izlemektedir: (1) önleyici altyapı önlemleri (barajlar, bentler), (2) mekânsal planlamaya dayalı zarar azaltımı (yapı yoğunluğunu düşürme, suya dayanıklı kentsel tasarım), (3) acil durum müdahale kapasitesinin artırılması (tatbikatlar, halk eğitimi, tahliye planları). Bu yaklaşım, BARAP için hem fiziksel koruma hem de mekânsal adaptasyon stratejilerinin entegre edilmesini öneren çok ölçekli bir model olarak örnek teşkil etmektedir.
- ***Afetlerle Mücadelede Doğa Tabanlı Çözümler:*** Hollanda, klasik altyapının ötesine geçerek "doğa tabanlı çözümler" konseptini afet risk azaltımında yaygın biçimde kullanmaktadır. Örneğin, gelgit alanlarının restorasyonu, kum adalarıyla kıyı koruma ve sulak alanların genişletilmesi gibi uygulamalar ile hem ekolojik sistemler korunmakta hem de taşkın etkileri doğal süreçlerle minimize edilmektedir. Bu yönüyle Hollanda, BARAP'ların çevresel sürdürülebilirlikle entegre edilmesi açısından önemli bir perspektif sunmaktadır.
- ***Veri Paylaşımı ve Katılımcı Planlama:*** Hollanda'da CBS tabanlı afet yönetimi yalnızca teknik uzmanların değil, yerel yönetimlerin, vatandaşların ve özel

sektörün de sürece aktif katılımı ile yürütülmektedir. Açık veri politikaları kapsamında, taşkın haritaları, arazi kullanımı kararları ve afet senaryoları kamuya açık olarak paylaşılmakta ve bu şeffaflık toplumsal sahiplenmeyi artırmaktadır. Hollanda'nın açık veri politikaları ve katılımcı planlama süreçleri, afet yönetimi alanında veri bilimi ve sosyal bilimler perspektiflerinin bir arada nasıl kullanılabileceğine dair önemli bulgular sağlamaktadır. Bu tür çok disiplinli yaklaşımlar, gelecekteki afet risk yönetimi çalışmalarının kapsamını hem teorik hem de uygulamalı anlamda genişletmek adına kritik bir rol oynamaktadır.

Hollanda örneği, BARAP uygulamaları için alan bazlı mekânsal analizlerin, doğa tabanlı risk azaltımının ve katılımcı veri politikalarının nasıl stratejik bir bütünlük içinde çalıştırılabileceğini göstermektedir. Özellikle iklim değişikliğinin etkilerinin büyüdüğü bir dönemde, risk azaltımı stratejilerinin yalnızca mühendislik çözümleri değil, sosyal, çevresel ve yönetsel entegrasyonlarla da güçlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, Hollanda'nın Delta Programı gibi uzun vadeli ve CBS tabanlı stratejik yaklaşımlarının bilimsel dayanakları dikkat çekicidir. Hidrodinamik modellemeler ve iklim projeksiyonları kullanılarak hazırlanan yıllık değerlendirme raporları, sürdürülebilir su yönetimi ve afet risk analizi alanında örnek teşkil etmektedir. Çok Katmanlı Güvenlik Yaklaşımı ise, yalnızca fiziksel altyapıyı değil, kentleşme ve nüfus yoğunluğuyla bağlantılı sosyoekonomik parametreleri de dikkate alan, entegre bir risk yönetimi modeli sunmaktadır. Doğa tabanlı çözümler bağlamında gelgit alanlarının restorasyonu ve sulak alanların genişletilmesi gibi uygulamalar, ekosistem hizmetleri ve biyolojik çeşitlilik açısından önem taşırken, taşkın azaltımında doğal süreçlerin etkinliğini bilimsel olarak doğrulamaktadır (Delta Programme Commissioner, 2025).

2.4.5 Hindistan: Altyapı Odaklı Dirençlilik ve Kurumsal İş birliği Modeli

Hindistan, afet riskleri açısından yüksek maruziyete sahip bir ülkedir. Geniş coğrafyası boyunca deprem, sel, toprak kayması, siklon, kuraklık ve orman yangını gibi farklı afet türleriyle karşı karşıya kalmakta; bu nedenle risk azaltımı politikalarında hem çeşitlilik hem de ölçek açısından çok boyutlu stratejiler geliştirilmektedir. Hindistan'ın afet yönetimi çerçevesi, merkezi ve eyalet düzeyinde kurumların iş birliği ile şekillenmekte; son yıllarda ise altyapı odaklı risk azaltımı ve iklim dayanıklılığı konularına artan bir vurgu yapılmaktadır.

- ***Ulusal Afet Yönetim Otoritesi (NDMA) ve Politika Çerçevesi:*** 2005 yılında kurulan NDMA (National Disaster Management Authority), afet yönetim politikalarının belirlenmesi, strateji geliştirme ve koordinasyon görevlerini yürütmektedir. NDMA'nın hazırladığı Ulusal Afet Yönetim Planı (NDMP), tüm eyalet planları için yönlendirici bir şemsiye belge niteliğindedir. NDMP, afet türlerine göre özel stratejiler geliştirmekte; iklim değişikliğinin etkileri ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu risk azaltım mekanizmaları önermektedir.

- ***Afetlere Dayanıklı Altyapı Koalisyonu (CDRI – Coalition for Disaster Resilient Infrastructure):*** Hindistan'ın 2019 yılında küresel ölçekte başlattığı bu inisiyatif, altyapı sistemlerinin afetlere dayanıklı şekilde tasarlanması ve yönetilmesini teşvik eden bir platformdur. CDRI, 30'dan fazla ülkenin ve birçok uluslararası kuruluşun katılımıyla faaliyet göstermekte; teknik rehberlik, bilgi paylaşımı ve finansal model önerileri geliştirmektedir. Bu model, BARAP'lar için altyapı sistemlerinin risk altında olduğu bölgelerde özel mekânsal analizler ve dayanıklılık senaryoları geliştirmenin önemine işaret etmektedir.
- ***CBS Tabanlı Afet Bilgi Sistemleri:*** Hindistan Meteoroloji Dairesi, Hint Uzay Araştırma Örgütü (ISRO) ve NDMA iş birliği ile geliştirilen sistemler; uzaktan algılama, uydu görüntüleri, afet uyarı radarları ve coğrafi karar destek platformlarını entegre etmektedir. Özellikle sel ve siklon gibi hızlı gelişen afetlerde erken uyarı sistemlerinin bölgesel düzeyde karar almayı kolaylaştırdığı görülmektedir.
- ***Toplum Temelli Yaklaşımlar ve Afet Hazırlık Programları:*** Hindistan'da afet yönetimi, yalnızca teknik sistemlerle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda toplum temelli uygulamalarla desteklenmektedir. Köy Afet Yönetim Planı (Village Disaster Management Plan) gibi uygulamalar köy düzeyinde risk belirleme, tahliye planları oluşturma ve gönüllü eğitimi gibi unsurları içermektedir. Bu durum, BARAP uygulamalarında toplumun karar süreçlerine katılımının ne derece kritik olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak Hindistan örneği, BARAP modeline çok boyutlu ve bütüncül katkılar sunan bir örnek teşkil etmektedir. Özellikle CDRI gibi yenilikçi inisiyatifler sayesinde altyapı sistemlerinin dayanıklılığını artırmak yalnızca fiziksel güvenlikle sınırlı kalmayıp, tasarım, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğine uyum perspektiflerini de kapsayacak biçimde yeniden tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım, BARAP planlamasında altyapı odaklı risk modellemelerinin, mekânsal planlama araçları ile entegre edilmesini gerektiren disiplinler arası bir çerçeve önermektedir.

Aynı şekilde, köy düzeyinden başlayarak uygulanan toplum temelli afet hazırlık programları, yalnızca yerel bilgi sistemlerinin ve sosyal dayanıklılığın önemini vurgulamakla kalmamakta; aynı zamanda BARAP süreçlerinde halkın karar mekanizmalarına aktif katılımını sağlayacak yönetimsel modellere duyulan ihtiyacı da açıkça ortaya koymaktadır. Hindistan örneği, teknik sistemler ile sosyal adaptasyon yaklaşımlarının birlikte ele alındığı bir afet risk yönetimi vizyonunun nasıl geliştirilebileceğine dair çok katmanlı ve uygulanabilir bir model sunmaktadır.

2.4.6 Birleşik Krallık: Yerel Yönetişim, Toplumsal Dayanıklılık ve Standart Tabanlı Planlama

Birleşik Krallık, afet risk yönetimi açısından merkezî otorite ile yerel idareler arasında kurulan denge ve kamu-özel sektör iş birliğine dayalı model ile dikkat çeken bir ülkedir. Birleşik Krallık'ın afet politikaları, "Civil Contingencies Act 2004" çerçevesinde şekillenmiş olup, bu yasal düzenleme tüm kamu kurumlarını ve kritik

altyapı sağlayıcılarını risk temelli hazırlık ve müdahale planı geliştirmeye mecbur kılmaktadır. Bu bağlamda Birleşik Krallık, BARAP modeline yerel düzeyde özelleşmiş, çok paydaşlı ve sürekli güncellenen risk azaltma planlarının nasıl uygulanabileceğine dair örnek teşkil etmektedir.

- ***Sivil Acil Durumlar Sekreterliği (Civil Contingencies Secretariat-CCS) ve Çok Katmanlı Planlama:*** Birleşik Krallık'taki afet yönetiminin merkezinde, Hükümetin Kabine Ofisi'ne bağlı Sivil Acil Durumlar Sekreterliği yer almaktadır. Bu yapı, risk analizleri, acil durum planlaması, stratejik yönlendirme ve ulusal tatbikatların koordinasyonunu yürütmektedir. Yerel Düzeyde Acil Durum Planlama Grupları (Local Resilience Forums - LRFs), polis, sağlık kurumları, belediyeler ve özel sektör dahil olmak üzere çok sayıda aktörü bir araya getirerek bölgesel senaryolara dayalı planlama yapmaktadır.
- ***Risk Kayıt Sistemi (Risk Register) ve Önceliklendirme:*** Birleşik Krallık'ta ulusal ve bölgesel düzeyde hazırlanan risk kayıt belgeleri, tüm olası tehdit ve tehlikelerin analiz edilerek önceliklendirilmesini sağlar. Bu sistematik yaklaşım, BARAP için tehditlerin ağırlıklı risk katsayılarıyla değerlendirilmesine ve buna göre kaynakların önceliklendirilmesine katkı sağlayacak güçlü bir yöntem sunmaktadır.
- ***CBS Destekli Kent Risk Profilleri ve Kritik Altyapı Haritaları:*** Birleşik Krallık'ta yerel yönetimler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı risk analizlerini kent planlama süreçlerine derinlemesine entegre etmektedir. Bu uygulamalarda, öncelikle kent ölçeğinde kapsamlı bir risk profili oluşturmak amacıyla afet türlerine özgü mekânsal veri katmanları (ör. sel riski, deprem tehlikesi, su taşkını zonları, fırtına ve sıcak hava dalgaları gibi) hazırlanır. Bu katmanlar, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, uzaktan algılama verileri ve saha gözlemleriyle sürekli güncellenir.
- ***Kritik altyapı analizlerinde ise***, ulaşım (karayolu, demiryolu, metro hatları), enerji (elektrik iletim hatları, trafo merkezleri), su ve kanalizasyon sistemleri, haberleşme altyapısı ve sağlık hizmetleri tesislerinin coğrafi konumları hassas olarak işaretlenir. Bu noktaların her biri için CBS ortamında kırılganlık endeksleri hesaplanır; örneğin bir enerji hattının sel ya da heyelan riskine ne ölçüde maruz olduğu mekânsal çakıştırma analiziyle belirlenir. Ayrıca, toplu risk haritaları üzerinde bu altyapıların bağımlılıklar zinciri (örneğin bir sağlık tesisinin hem ulaşım hem enerji altyapısına erişim gereksinimi) görselleştirilerek, sistemler arası etkileşimler modellenir.
- ***Kent temelli risk profillemesinde*** kullanılacak parametrik modeller, geçmiş afet verileriyle kalibre edilir ve senaryo tabanlı analizler yürütülür. Örneğin, olası bir büyük sel senaryosunda hangi mahallelerin, hangi kritik altyapıların ve kaç kişinin etkilenebileceği, CBS üzerinde nüfus dağılımı, topografya, drenaj hatları ve mevcut yapı stoğu ile birlikte değerlendirilir. Bu analizler ışığında, risklerin azaltılması için öncelikli bölgeler belirlenir ve mekânsal planlama araçlarıyla

(imar kısıtlamaları, afet toplanma alanlarının planlanması, altyapı güçlendirme projeleri gibi) entegre çözümler geliştirilir.

Ek olarak, Birleşik Krallık'ta bu süreçler şeffaf veri paylaşımı ve çok paydaşlı iş birliğiyle desteklenmektedir. Yerel yönetimler, merkezi otoriteler ve özel sektör aktörleri, CBS tabanlı ortak platformlar üzerinden risk analizlerine katkı sunmakta, senaryoları test etmekte ve afet yönetimi için gerçek zamanlı izleme araçlarıyla veri akışı sağlamaktadır. Böylece, yalnızca mevcut kırılganlıkların değil, gelecekteki iklim değişikliği projeksiyonları ve kentleşme eğilimlerinin de hesaba katıldığı dinamik ve sürdürülebilir bir afet risk yönetimi altyapısı oluşturulmaktadır.

- ***İzleme, Değerlendirme ve Standartlar:*** Birleşik Krallık'ta afet planları düzenli olarak test edilmektedir. Hazırlık Yeterlilik Gözden Geçirmeleri (Preparedness Capability Reviews) ile değerlendirilen performans raporları hazırlanmakta ve Acil Durum Planlama Koleji (Emergency Planning College) standardizasyon ile kapasite geliştirme konusunda merkezî rol oynamaktadır.
- ***Toplum Temelli Hazırlık ve Dayanıklılık Stratejileri:*** Birleşik Krallık'ta bireylerin ve toplumun afetlere karşı kendi kapasitelerini geliştirmeleri teşvik edilir. Toplumsal Dayanıklılık Araç Seti (Community Resilience Toolkit) gibi araçlarla mahalle düzeyinde risk algısı artırılmakta; vatandaşların bireysel hazırlık düzeylerini artırmalarına yönelik çevrim içi platformlar, el kitapları ve yerel eğitimler sunulmaktadır.

Sonuç olarak Birleşik Krallık örneği, BARAP için yalnızca kurumsal şeffaflık ve çok düzeyli yönetişim açısından değil, aynı zamanda afet yönetiminde bilimsel temellere dayalı, normatif çerçevelerle uyumlu ve yerel kapasiteyi etkinleştiren stratejik bir yapı sunması bakımından da dikkat çekicidir. Bu model, afet yönetiminin yalnızca kamu otoritelerine ait bir görev değil, çok paydaşlı bir sorumluluk alanı olduğunu açık biçimde ortaya koyar. Birleşik Krallık'ın Sivil Acil Durumlar Yasası 2004 (Civil Contingencies Act 2004) ile tanımlanan yasal altyapısı, yalnızca yükümlülük getirmekle kalmaz; aynı zamanda yerel aktörlerin bilgiye erişimini, karar alma süreçlerine katılımını ve kaynaklara ulaşımını da kurumsal güvence altına alır.

Bu bütünleşik yaklaşım, BARAP uygulamaları için hem yatay (birimler arası ve sektörler arası koordinasyon) hem de dikey (ulusal-yerel entegrasyon) düzeyde güçlü bir model oluşturur. Aynı zamanda, "risk kaydı" gibi sistematik tehdit önceliklendirme araçları ve CBS tabanlı kırılganlık analizleri, BARAP planlarının hem dinamik hem de güncellenebilir olmasını mümkün kılar. Toplum temelli hazırlık programlarının kurumsal stratejilerle uyumlu şekilde yürütülmesi ise, sosyal dayanıklılığın yalnızca afet anında değil, öncesinde de sistematik biçimde inşa edilmesini sağlayarak BARAP'ın uzun vadeli başarısını destekleyen önemli bir yapı taşıdır.

Bu doğrultuda, Birleşik Krallık'ta uygulanan stratejilerin BARAP bağlamında Türkiye'ye aktarılabilirliğine dair üç temel çıkarım yapılabilir:

a) *Birincisi*, afet planlamasında "önceliklendirilmiş risk matrisi" kullanımının yaygınlaştırılmasıdır. Bu yöntem, tüm tehdit türlerini yalnızca olasılık-temelli değil, aynı zamanda potansiyel etkileri ve sistemsel bağımlılıkları dikkate alarak ağırlıklı katsayılarla analiz etmeye olanak tanır. Böylece BARAP belgelerinde kaynak tahsisi, müdahale sırası ve plan revizyonları daha rasyonel temellere oturtulabilir.

b) *İkincisi*, CBS destekli risk modelleme yaklaşımlarının sadece mekânsal analiz araçları olarak değil, aynı zamanda senaryo üretimi, müdahale kapasitesi planlaması ve kritik altyapı dayanıklılığı testlerinin merkezi bir parçası olarak kullanılması gerektiğidir. Birleşik Krallık'ın bu konuda sunduğu en önemli katkı, CBS'nin dinamik bir karar destek sistemine dönüştürülmesidir.

c) *Üçüncüsü* ise, afet hazırlık düzeyinin sadece kurumsal yeterlilikle değil, bireylerin ve toplumların risk algısı ve müdahale bilgisiyle de doğrudan ilişkili olduğunun kabul edilmesidir. Birleşik Krallık'ta uygulanan Toplumsal Dayanıklılık Araç Seti ve yerel farkındalık kampanyaları, BARAP kapsamında geliştirilecek yerel eğitim stratejileri için güçlü bir temel teşkil edebilir.

2.4.7 CBS, Teknoloji ve Yönetimsel Boyutlar Üzerinden Karşılaştırmalı Analiz

Uluslararası düzeyde incelenen altı ülke örneği (Japonya, ABD, Almanya, Hollanda, Hindistan ve Birleşik Krallık), Bölgesel Afet Risk Azaltma Planları (BARAP) için farklı boyutlarda zenginleştirici katkılar sunmaktadır. Bu katkılar tematik olarak üç başlık altında karşılaştırmalı biçimde analiz edilmiştir: (1) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve mekânsal analiz kullanımı, (2) teknolojik altyapı ve karar destek sistemleri, (3) yönetsel çerçeve, çok düzeyli iş birliği ve toplumsal katılım.

2.4.7.1 CBS/GIS ve mekânsal planlama

Japonya, afet risk haritalamasını gerçek zamanlı uzaktan algılama ile birleştiren gelişmiş CBS modellerine sahiptir. Bu modeller, yalnızca mekânsal dağılımı değil, aynı zamanda afetlere ilişkin dinamik parametrelerin zaman içerisindeki değişimini analiz ederek tahmin edici bir yaklaşım sunmaktadır. BARAP için bu durum, tehlike-zarar görebilirlik-kapasite üçgeninin karmaşık ilişkilerini modellemek ve mekânsal katmanların entegrasyonunu sağlamak açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir.

ABD, CBS tabanlı Hazus platformu ile senaryo bazlı ekonomik ve fiziksel etki modellemesi yapmaktadır. Bu sistem, afetlerin potansiyel etkilerini tahmin etmek için nüfus yoğunluğu, altyapı kırılganlığı ve ekonomik bağımlılıklar gibi çeşitli parametreleri bir araya getirir. BARAP kapsamında bu yaklaşımın uyarlanması, çok senaryolu planlama, müdahale optimizasyonu ve kaynak tahsisi süreçlerini daha akılcı ve veri temelli hâle getirebilir.

Almanya ve Hollanda, afet türlerine göre özelleşmiş mekânsal senaryo sistemleri geliştirmiştir. Örneğin, Almanya'nın "Lagekarten" sistemi, olay bazlı mekânsal durum tabloları sunarken, Hollanda taşkın modellemede doğa tabanlı çözümlerle CBS entegrasyonunu sağlamaktadır. Her iki örnek, BARAP için afet türüne özgü mekânsal planlama araçlarının geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Birleşik Krallık ise kentsel risk profillemesi ve kritik altyapı kırılganlık analizlerini CBS ile entegre etmiştir. Bu entegrasyon, altyapıların fiziksel dayanıklılık seviyelerini analiz etmenin ötesine geçerek, sosyal ve ekonomik etkilerle birleşmiş kapsamlı bir risk değerlendirme sistemi sunmaktadır. BARAP kapsamında İngiltere'nin bu yaklaşımı, kent temelli risk planlarının daha ileri düzey veri analizine dayandırılmasını ve buna göre özelleştirilmiş müdahale stratejilerinin geliştirilmesini mümkün kılabilir.

2.4.7.2 Teknolojik altyapı ve erken uyarı sistemleri

Japonya, saniyelik erken uyarı sistemlerini ulusal ulaşım ve enerji altyapısına entegre ederek yalnızca afet anı reflekslerini artırmakla kalmamış, aynı zamanda bu sistemleri sürekli veri akışı ve analiz yetenekleriyle güçlendirmiştir. Bu sistemler, deprem riskleri gibi dinamik afet senaryolarında gerçek zamanlı müdahaleyi mümkün kılmakta ve kritik altyapıların dayanıklılığını artırmaktadır. Ayrıca, çok aşamalı uyarı mekanizmaları sayesinde toplumsal farkındalık ve hazırlık süreçlerini desteklemektedir.

Hindistan, CBS ve uydu görüntüleri temelli afet karar destek sistemlerini geliştirerek, ani gelişen afetler için risk tahminine dayalı müdahale stratejileri oluşturmuştur. Bu sistemler, sel, siklon ve kuraklık gibi farklı tehlike türlerini modellemek için coğrafi ve meteorolojik verileri bir araya getirir. Hindistan aynı zamanda bu teknolojik altyapıyı kırsal bölgelerde toplumsal eğitim programlarıyla birleştirerek, yerel toplulukların risk algısını ve müdahale kapasitesini artıran sürdürülebilir modeller oluşturmuştur.

Hollanda, doğa tabanlı çözümlerle erken uyarı sistemlerini birleştiren hibrit modeller geliştirmiştir. Bu modeller, taşkın risklerini azaltmak için CBS'nin mekânsal analiz gücünü ekolojik süreçler ile entegre eder. Örneğin, su taşkınlarında doğal bariyerler olarak kullanılabilecek yeşil altyapılar, teknolojik veri analizi ile optimize edilmiştir. Hollanda ayrıca bu yaklaşımı sosyal ve ekonomik etkilerle birleştirerek, afetlerin uzun vadeli sonuçlarını minimize edecek çok katmanlı planlama araçları sunmaktadır.

2.4.7.3 Yönetimsel çerçeve ve katılımcı planlama

Almanya ve Birleşik Krallık, çok düzeyli yönetim sistemleri içinde yerel özgünlüğe dayalı, ancak ulusal stratejiyle uyumlu afet planlama modelleri geliştirmiştir. Almanya'nın afet senaryolarına özel olarak tasarlanmış "Lagekarten" sistemi, mekânsal durum bilgilerinin sürekli güncellenmesini sağlayarak kriz yönetiminde gerçek zamanlı karar destek mekanizmaları sunmaktadır. İngiltere ise

kentsel bölgelerde kritik altyapı risklerinin analizine odaklanarak, altyapının dayanıklılığını artırmayı ve ekonomik etkileri minimize etmeyi hedefleyen bütünleşik bir model benimsemiştir. BARAP için bu iki ülkenin yaklaşımı, yerel hassasiyetlerin dikkate alındığı ve ulusal politikalarla eşgüdümlü çalışan bir yönetim çerçevesi sunabilir.

Hindistan ve Japonya, toplum merkezli risk azaltma yaklaşımlarıyla afet planlamasında tabanı güçlendiren modeller ortaya koymuştur. Hindistan, kırsal bölgelerde toplumsal farkındalığı artıran eğitim programları ve uydu görüntüleri ile desteklenen karar destek sistemleri aracılığıyla, sel ve siklon gibi ani gelişen afetlerde hızlı müdahaleyi mümkün kılmaktadır. Japonya ise, yerleşim birimlerinde çok aşamalı erken uyarı mekanizmaları kurarak, bireylerin afet bilincini geliştirmeyi ve toplumsal dayanıklılığı artırmayı başarmıştır. BARAP kapsamında bu yaklaşımların benimsenmesi, yerel düzeyde risk azaltma süreçlerinin daha etkin hâle getirilmesine katkı sağlayabilir.

Birleşik Krallık ayrıca Toplumsal Dayanıklılık Araç Seti (Community Resilience Toolkit) gibi uygulamalarla bireylerin afetlere yönelik hazırlık seviyelerini artıran ve toplumu afetlerin sosyal etkileri konusunda eğiten bir model geliştirmiştir. Bu tür araçlar BARAP'ın toplumsal kapsayıcılık hedeflerini güçlendirebilir ve müdahale süreçlerini daha geniş bir katılım zeminine oturtabilir.

2.4.7.4 Ülkelerin karşılaştırmalı değerlendirilmesi

Karşılaştırmalı analiz, BARAP modelinin yalnızca bir planlama aracı değil; aynı zamanda veri temelli, yönetimsel olarak çok aktörlü, sosyal olarak kapsayıcı ve teknolojik olarak yenilikçi bir sistem mimarisi olarak tasarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Her ülke örneği, BARAP'a entegre edilebilecek özel tasarım ilkeleri ve uygulama araçları sunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) özellikle kriz yönetimi bağlamında mekânsal verilerin analizini dinamik bir karar destek mekanizması olarak kullanmaktadır. Bunun yanı sıra, CBS'nin afet senaryolarının simülasyonu ile kaynak tahsisi planlamasındaki rolü, afet müdahale sürelerini optimize ederek hayat kurtarma oranlarını artırmaktadır.

Afet risk azaltımına yönelik planlama süreçlerinde CBS'nin rolü, mekânsal analizlerin yalnızca statik haritalar üretmekle sınırlı kalmadığını; aynı zamanda gerçek zamanlı verilerle sürekli güncellenen, senaryo bazlı müdahale ve hazırlık modellerini desteklediğini göstermektedir. Özellikle uzaktan algılama teknolojileriyle entegre edilen CBS sistemleri, afet sırasında hızlı durum değerlendirmesi ve müdahale koordinasyonu sağlayarak, afet sonrası iyileştirme süreçlerini optimize etme potansiyeline sahiptir. Bu tür sistemlerin tasarımında, algoritmaların doğruluğu ve veri kaynaklarının çeşitliliği gibi teknik detaylar büyük önem taşımaktadır.

Yönetişim düzeyinde, yerel ve ulusal aktörler arasındaki koordinasyonunun artırılması büyük önem taşımaktadır. Multi-level governance adı verilen bu yönetişim modeli, afet sonrası toparlanma süreçlerinde dayanıklılığı ve kaynakların etkin kullanımını büyük ölçüde etkileyebilir. Almanya'nın "Lagekarten" sistemi, mekânsal

verilerin sürekli güncellenmesini sağlayarak kriz yönetiminin dinamik bir biçimde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu sistem, haritalama teknolojileri ve veri analitiği ile entegre bir biçimde çalışarak, gerçek zamanlı karar destek mekanizmaları oluşturmaktadır. İngiltere ise kentsel bölgelerde kritik altyapı risklerinin analizine odaklanarak hem ekonomik etkileri minimize etmeyi hem de altyapı dayanıklılığını artırmayı hedefleyen bütünleşik yaklaşımlar geliştirmiştir.

Beraberinde yönetimsel boyutun güçlendirilmesi, BARAP'ın etkinliğini artırabilir. Çok düzeyli yönetim çerçeveleri, yerel özgünlükleri ulusal politika hedefleriyle uyumlu hale getiren modeller sunar. Bu tür bir yaklaşım, farklı paydaşlar arasında koordinasyonu sağlamanın yanı sıra, kriz anında karar alma süreçlerini hızlandıran bir yapı oluşturabilir. Yönetişimin teknolojik ve sosyolojik boyutları birleştirilerek, afet müdahalesine yönelik daha kapsayıcı ve sürdürülebilir bir çerçeve benimsenebilir.

Teknolojik altyapı açısından bakıldığında, gerçek zamanlı veri akışına dayalı erken uyarı mekanizmalarının hem anlık müdahale kapasitesini hem de uzun vadeli planlama etkinliğini güçlendireceği öngörülmektedir. Japonya, saniyelik hassasiyete sahip erken uyarı sistemlerini yalnızca ulusal ulaşım ve enerji altyapısına entegre etmekle kalmamış, aynı zamanda bu sistemleri sürekli veri akışı ve analiz yetenekleriyle güçlendirmiştir. Sismik aktivitelerin gerçek zamanlı olarak modellenmesi, kritik altyapıların korunması ve bireylerin tahliye süreçlerinin optimize edilmesi açısından büyük avantaj sağlamaktadır.

Hindistan ise coğrafi ve meteorolojik verileri entegre ederek ani gelişen afetlere yönelik müdahale stratejileri geliştirmiştir. Uydu görüntüleri ile desteklenen karar destek sistemleri, sel, siklon ve kuraklık gibi farklı afet türlerinin modellenmesine olanak tanımaktadır. Bu teknolojik altyapı, kırsal bölgelerde sürdürülebilir eğitim programlarıyla birleştirilerek, yerel toplulukların risk algısını artıran ve afetlere karşı hareket kabiliyetini güçlendiren modeller oluşturmuştur.

Hollanda'nın doğa tabanlı çözümlerle erken uyarı sistemlerini hibrit modellerde birleştirmesi, sel ve taşkın risklerini azaltmakta önemli bir yenilik sunmaktadır. Mekânsal analiz gücü ile optimize edilen yeşil altyapılar, ekolojik süreçlerin teknolojik veri analiziyle entegre edilmesini mümkün kılmıştır. Ayrıca, bu yaklaşım sosyal ve ekonomik etkilerle birleştirilerek, afetlerin uzun vadeli sonuçlarını minimize eden çok katmanlı planlama araçları geliştirilmiştir.

BARAP modelinin daha etkin bir şekilde hayata geçirilmesi için toplum merkezli afet yönetim yaklaşımlarının benimsenmesi büyük önem taşımaktadır. Afetlere yönelik farkındalık ve hazırlık süreçlerini destekleyen eğitim programları, erken uyarı sistemleriyle entegre edildiğinde, bireylerin ve toplulukların risk algısını artıran güçlü bir yapı sağlanabilir. Bu tür programların hem kırsal hem de kentsel bölgelerdeki farklılıkları göz önünde bulundurarak uyarlanması, yerel düzeyde müdahale kapasitesini güçlendiren sürdürülebilir çözümler sunar.

Ayrıca, BARAP modelinin uzun vadeli başarısını güvence altına almak ve afetlerin sosyo-ekonomik etkilerini en aza indirmek adına CBS, teknolojik altyapılar ve çok aktörlü yönetişim mekanizmalarının entegre edilmesi kritik bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bilimsel temelli yaklaşım, yalnızca afet risklerini azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda müdahale süreçlerini hızlandırarak toplumsal dayanıklılığı artıracak ve BARAP'ı küresel ölçekte örnek oluşturan bir model haline getirecektir .

Yukarıda detaylandırılan ülke uygulamalarının BARAP modeline entegrasyonunu ve her ülkenin afet yönetiminde öne çıkan yaklaşımlarını özetleyen aşağıdaki karşılaştırmalı tablo ise (Tablo 2-6), farklı uygulama örneklerinin BARAP'ın gelişimine sağlayacağı katkıları somut biçimde ortaya koymaktadır.

Tablo 2-6 BARAP İçin Tematik Karşılaştırma Tablosu

Ülke	CBS ve Mekânsal Planlama	Teknolojik Altyapı	Yönetişim ve Toplum Katılımı
Japonya	Gerçek zamanlı uzaktan algılama ile entegre CBS modelleri	Saniyelik erken uyarı sistemleri, ulusal sistem entegrasyonu	Toplum tabanlı afet yönetimi, mahalle komiteleri
ABD	Hazus ile senaryo bazlı ekonomik ve fiziksel etki modellemesi	Karar destek sistemleri (Hazus) ve senaryo üretimi	Çok düzeyli planlama, yerel yönetimler için fon mekanizmaları
Almanya	Afet türlerine göre özelleşmiş senaryo sistemleri (Lagekarten vb.)	CBS-temelli dinamik durum haritaları ve kritik altyapı testleri	Federal yapı ile senkronize yerel planlar ve tatbikatlar
Hollanda	Taşkın modelleme ve mekânsal planlamaya entegre CBS kullanımı	Doğa tabanlı çözümlerle birleşik erken uyarı sistemleri	Açık veri, yerel yönetimlerle entegre planlama
Hindistan	CBS destekli afet bilgi sistemleri, uzaktan algılama verisi	Uydu görüntüleri ile entegre CBS sistemleri	Village Disaster Plan gibi köy düzeyinde uygulamalar
Birleşik Krallık	Kent risk profilleri ve kritik altyapı CBS analizleri	Standart tabanlı test ve değerlendirme mekanizmaları	Toplumsal Dayanıklılık Araç Seti ile bireysel dayanıklılık artırımı

2.5 Risk Azaltma Konusunda Ulusal Politika ve Stratejiler

2.5.1 On ikinci Kalkınma Planı

On İkinci Kalkınma Planı (2024–2028), Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda afet risklerinin azaltılmasını stratejik bir öncelik olarak ele almaktadır. Plan, afet yönetimini sadece müdahale odaklı bir süreç olarak değil, risk temelli, önleyici ve bütüncül bir yaklaşım çerçevesinde değerlendirmektedir. Bu bağlamda, afetlere karşı dirençli yaşam alanlarının oluşturulması, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasıyla birlikte ele alınmakta ve risk azaltma politikalarıyla entegre bir yapıda sunulmaktadır.

Planda, özellikle yerleşim alanlarının afet risklerine karşı dayanıklılığının artırılması, mekânsal planlama süreçlerinde risk analizlerinin dikkate alınması ve yapılaşmada güvenli yer seçimi gibi hususlar ön plana çıkmaktadır. Afet yönetim sisteminin güçlendirilmesi amacıyla, kurumsal kapasitenin artırılması, yerel yönetimlerin sorumluluklarının netleştirilmesi ve kamu kurumları arasındaki eşgüdümün geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, afet risklerinin azaltılmasında toplumsal farkındalığın artırılması, katılımcı ve kapsayıcı yaklaşımlarla toplumun tüm kesimlerinin sürece dahil edilmesi önemsenmektedir.

Plan, afetlere hazırlıklı bir toplum ve dirençli şehirler inşa edilmesini, kentsel dönüşüm politikalarının risk odaklı ve sürdürülebilir bir zeminde yürütülmesini esas almaktadır. Bu çerçevede, fiziksel dönüşümün ötesinde, sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla birlikte ele alınan kapsamlı bir afet riski azaltma yaklaşımı benimsenmiştir. Böylece, afet yönetiminde müdahaleden çok, riskleri önlemeye ve azaltmaya yönelik proaktif bir planlama anlayışı teşvik edilmektedir.

2.5.2 İDEP : İklim Değişikliği Eylem Planı

İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024–2030), Türkiye'nin iklim değişikliği kaynaklı risklere karşı hazırlıklı, dirençli ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşturulmasını hedeflemektedir. Plan, iklim değişikliğiyle birlikte artan afet risklerine uyum sağlamak amacıyla sektörel temelli stratejik hedefler ve eylemler ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, özellikle sel, taşkın, kuraklık ve aşırı hava olayları gibi doğa kaynaklı afetlerin sıklığında ve etkilerinde gözlenen artışa karşı, risk temelli bir yaklaşım benimsenmektedir.

Afet risk azaltımı, planın ana bileşenlerinden biri olarak ele alınmakta; bu kapsamda yerleşim alanlarının iklim risklerine karşı daha dirençli hale getirilmesi, kentsel altyapıların güçlendirilmesi ve afet tehlikesine açık yapıların dönüştürülmesi gibi hedefler öne çıkmaktadır. Ayrıca, afet risklerinin etkili biçimde analiz edilmesi, mekânsal planlamada bu risklerin dikkate alınması ve sektörel uyum önlemlerinin entegre bir yaklaşımla geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Endüstriyel kazaların önlenmesi ve kritik altyapıların korunmasına yönelik eylemler, İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı'nda detaylı olarak ele alınmıştır. Sanayi sektöründe, iklim değişikliğine bağlı afetlerden tetiklenen

teknolojik riskler ve büyük endüstriyel kaza riski altındaki tesislerin belirlenmesi için kapsamlı değerlendirmeler yapılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, SNY1 eylemi ile söz konusu tesislerin iklim projeksiyonları doğrultusunda yeniden risk analizine tabi tutulması, SNY2 eylemiyle ise her tesisin acil durum planlarının güncellenmesi ve öncelikli uyum eylemlerinin hayata geçirilmesi öngörülmektedir (Stratejik Hedef 1). Ayrıca, yatırım projelerinde iklim değişikliği etkilerinin gözetilmesi için mevzuatın uyumlaştırılması da eylem planına dâhil edilmiştir (Stratejik Hedef 2).

Kritik altyapılar özelinde ise ulaşım ve iletişim sistemlerinin iklim değişikliği kaynaklı afetlere karşı dayanıklılığının artırılması temel hedef olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda, en yoğun kullanılan ve stratejik öneme sahip karayolu, demiryolu, liman ve havalimanları gibi altyapıların; sel, taşkın, yangın, fırtına gibi tehlikelere karşı dirençli hale getirilmesi planlanmaktadır. İlgili eylemler, öncelikle yüksek risk taşıyan bölgelerde uygulanacak olup, iklim projeksiyonları temel alınarak altyapıların mevcut durum değerlendirmesi yapılacaktır (Stratejik Hedef 1). Bu çalışmalar, ülkemizin ekonomik, sosyal ve ekolojik sürdürülebilirliğine katkı sağlayacak kritik adımlardır.

Endüstriyel kazalara ilişkin eylemler, ağırlıklı olarak “Tema 4: Teknolojik ve İnsan Kaynaklı Tehlikelerin Yönetimi” başlığı altında ele alınmaktadır. Bu kapsamda, Seveso Direktifi kapsamındaki üst seviyeli kuruluşlara yönelik risk değerlendirme çalışmalarının yapılması, güvenlik raporlarının güncellenmesi ve bu tesislerin denetim sıklıklarının artırılması öngörülmektedir. Ayrıca, tehlikeli madde envanterinin çıkarılması, bu tesislerin yer seçiminde afet risklerinin dikkate alınması ve bu tesislere yönelik acil durum planlarının hazırlanması gibi uygulamalar da eylem planında yer almaktadır. Kapsam dahilinde, kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer (KBRN) tehlikeler için ulusal risk azaltma ve müdahale planlarının geliştirilmesi, tatbikatlarla desteklenmesi ve ulusal KBRN stratejisinin hayata geçirilmesi planlanmaktadır (*İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı, 2024–2030: s. 152–153; EDEP, 2023)*).

Plan, 2030 yılına kadar uygulanmak üzere 40 stratejik hedef ve 132 eylem içermekte olup bu eylemlerin ilgili kurumlar tarafından yürütülmesi beklenmektedir. Afetlere karşı uyumun sağlanması amacıyla, yerel düzeyde hazırlanacak iklim eylem planları, sektörel risk analizleri ve yatırım öncelikleri planın uygulanmasında temel araçlar olarak tanımlanmıştır. Böylece, iklim değişikliği kaynaklı afetlerin etkilerini en aza indirmek üzere toplumun, altyapının ve çevrenin bütüncül bir şekilde dirençli hale getirilmesi hedeflenmektedir. (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024)

2.5.3 KENTGES: Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı

KENTGES, Türkiye’de yerleşme ve kentleşme politikalarının mekânsal planlama çerçevesinde sürdürülebilirlik ilkesiyle bütünleştirilmesini amaçlayan ulusal ölçekteki temel strateji belgelerinden biridir. Belge, sağlıklı, güvenli ve yaşanabilir kentsel çevrelerin oluşturulması hedefiyle; yerleşim sisteminin mekânsal

kalitesini artırmak, kentlerin sosyo-ekonomik yapısını güçlendirmek ve mekânsal planlama sistemini yeniden yapılandırmak üzere stratejiler geliştirmiştir.

Afet riski azaltımı, KENTGES içerisinde doğrudan ele alınan başlıklardan biri olarak, özellikle "Afetlere Hazırlık ve Kentsel Risk Yönetimi" teması altında vurgulanmaktadır. Plan, afetlere karşı dirençli kentleşme yaklaşımının, risk azaltma temelli mekânsal planlama politikalarıyla entegre bir şekilde ele alınması gerektiğini ifade etmektedir. Bu bağlamda, afet öncesi risklerin belirlenmesi ve giderilmesine yönelik önleyici planlama yaklaşımları öncelikli hale getirilmiş; kentsel alanların afet tehlikelerine karşı dayanıklı biçimde tasarlanması, yapılaşma süreçlerinde afet riski odaklı kriterlerin gözetilmesi gerektiği belirtilmiştir. (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2010).

KENTGES, 1999 Marmara Depremi sonrasında ortaya çıkan kurumsal ve yapısal eksikliklerin giderilmesine yönelik olarak afet sonrası müdahale yerine, afet öncesi hazırlık ve risk azaltımı yaklaşımının benimsenmesini önermektedir. Belge, kentlerin hızlı, plansız ve denetimsiz gelişmesinin oluşturduğu “risk havuzlarını” azaltmak için planlama mevzuatının güncellenmesi, yerel yönetimlerin kapasitesinin artırılması ve mekânsal verilerin etkin kullanımı gibi kritik adımları içermektedir. Ayrıca, doğal ve teknolojik afetlere karşı bütüncül bir risk yönetimi anlayışıyla, ilgili kurumlar arasında eşgüdüm sağlanması ve izleme-denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

KENTGES, sadece teknik düzeyde değil, aynı zamanda toplumsal düzeyde de dirençli kentleşmenin inşa edilmesini öngörmektedir. Bu doğrultuda afetlere karşı hazırlıklı olmanın bir kültür haline gelmesi, kamuoyunun bilinçlendirilmesi ve katılımcı planlama süreçlerinin teşvik edilmesi gerekliliği ön plana çıkarılmaktadır. Tüm bu yönleriyle KENTGES, Marmara Bölgesi Afet Riski Azaltma Planı’nın şekillenmesinde temel başvuru belgelerinden biri niteliğindedir.

2.5.4 Afet Risk Azaltma Platformu

Türkiye Afet Risklerinin Azaltılması Platformu, uluslararası gelişmeler doğrultusunda, özellikle Hyogo ve Sendai Çerçeve Eylem Planları'nda vurgulanan "ulusal platform" ihtiyacına yönelik olarak 17 Ocak 2011 tarihli ve 2011/1320 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile kurulmuştur. Platformun kuruluşuna dair yönerge ise 2018 yılında İçişleri Bakanlığı tarafından onaylanmıştır. Platformun temel amacı, afet risklerinin azaltılması çalışmalarını ulusal düzeyde koordine etmek ve bu konudaki politika ve stratejilere yön vermektir. Bu genel amaç doğrultusunda belirlenen hedefler şunlardır;

- Duyarlılığı Artırmak: Toplumun afetlere karşı duyarlılığını ve farkındalığını yükseltmek.
- Sürekliliği Sağlamak: Risk azaltma çalışmalarının ülke genelinde sürekli ve sistematik bir biçimde yürütülmesini sağlamak.

- Entegrasyonu Güçlendirmek: Afet risklerinin azaltılması yaklaşımını, her düzeydeki plan, politika ve programlara entegre etmek.
- İhtiyaçları Belirlemek ve İzlemek: Ülke düzeyinde tehlikelerin önlenmesi amacıyla ihtiyaçların belirlenmesine, mevcut uygulamaların izlenip değerlendirilmesine katkıda bulunmak ve öneriler sunmak.
- Kalkınmayı Desteklemek: Doğa veya insan kaynaklı afetlerin sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerini en aza indirerek sürdürülebilir kalkınmanın kesintiye uğramasını önlemek.

Afet risklerinin azaltılmasına yönelik olarak afet yönetim politikalarını daha da geliştirmek için önemli bir karar alıcı mekanizma olan platform, ancak çok paydaşlı bir koordinasyon ve iş birliği ile başarılı olabilir. Afet risklerinin azaltılması, esasen kamu idaresine ait bir sorumluluk olmakla birlikte STK'lar, akademik camia ve medyaya mensup ilgili paydaşlar da bu sorumluluğa ortaktır. Söz konusu paydaşların taahhüdü, iyi niyeti, bilgisi, deneyimi ve kaynakları Ulusal Platform eliyle kolaylıkla harekete geçebilmektedir. Böylelikle platform, afet risklerinin azaltılması için politika, plan ve programlarının yaygınlaştırılmasını ulusal ölçekte en üst düzeyde sağlamaktadır (Kurada, B. vd. 2023).

2.5.5 TAMP: Türkiye Afet Müdahale Planı

Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP, 2014), ülke genelinde afet ve acil durumlara karşı hazırlıklı olmayı sağlamak ve bu durumlarda müdahale süreçlerini etkin bir biçimde koordine etmek amacıyla geliştirilmiş ulusal düzeyde bir üst plan niteliğindedir. TAMP, afet yönetim sisteminde "kriz yönetimi" anlayışından "risk yönetimi" temelli bütünleşik afet yönetimi sistemine geçişin önemli bir adımıdır. Bu çerçevede, afet öncesi hazırlık, afet anında müdahale ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinin tümünü kapsayan kapsamlı bir müdahale sistemi ortaya konmuştur.

MARAP açısından TAMP' ın önemi, afet öncesi, sırası ve sonrasına yönelik kurumsal rollerin, müdahale kapasitesinin ve koordinasyon yapı taşlarının açık şekilde tanımlanmış olmasından kaynaklanmaktadır. MARAP gibi bölgesel risk azaltma planları için TAMP, sadece müdahale sürecine dair değil, aynı zamanda risk azaltma ve hazırlık aşamalarında dikkate alınması gereken organizasyonel yapı ve yetki paylaşımı açısından da temel bir referans dokümandır.

TAMP kapsamında tanımlanan hizmet grupları, müdahale planlaması için olduğu kadar yerel düzeyde yürütülecek risk azaltma faaliyetlerinin hangi kurumlarla entegre biçimde yürütülmesi gerektiği konusunda da MARAP' a yön göstermektedir. Örneğin, il düzeyindeki afet ve acil durum merkezleri ile koordinasyon mekanizmalarının tanımı, MARAP' ın yerel uygulama kapasitesini planlarken dikkate alması gereken yapılar arasındadır. Ayrıca, TAMP' ta tanımlanan afet yönetim döngüsündeki aşamalar (hazırlık, müdahale, iyileştirme), MARAP' ın yalnızca risk tespiti ve azaltımı değil, aynı zamanda etkin senaryo temelli hazırlık ve uygulama planları geliştirmesi açısından da temel bir altyapı sunmaktadır. TAMP' ın

sektörel hizmet grubu yapısı, MARAP' ta ele alınan sektörlerin (ulaşım, enerji, sağlık, çevre vb.) afet karşısındaki kırılganlıklarını değerlendirirken kullanılabilecek kurumsal sorumlulukları ve kapasite ağını netleştirmektedir. (AFAD, 2014)

TAMP' ın ulusal düzeyde bütünleşik afet yönetimi vizyonu, MARAP' ın bölgesel düzeyde bu yapıya nasıl entegre olabileceğine dair stratejik bir üst çerçeve sunmakta, risk azaltma ile müdahale arasındaki ilişkiyi sistematikleştirmektedir. Böylece MARAP, sadece bölgesel risklerin azaltılmasını değil, aynı zamanda afet olduktan sonraki kurumsal müdahale refleksinin de güçlendirilmesini sağlayacak şekilde geliştirilebilir.

Plan Entegrasyonu: TAMP'nın operasyon planlarında; haberleşme sistemi ve bilgileri, toplanma yerleri, intikal planlaması, rapor ve form örnekleri, müdahale çalışmalarında ekipler ve alt ekiplere görevlendirilecek personel, alet, ekipman, araç, gereç vb. kaynak envanterleri, iş akışları, vardiya planlaması ve standart operasyon prosedürleri yer almaktadır. Bu planlar il afet müdahale planına eklenir (Şekil 2-17).

Şekil 2-17 Türkiye'deki Afet planlama süreçleri ve entegrasyon (TAMP, 2014)

2.5.6 TARAP: Türkiye Afet ve Risk Azaltma Planı

Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP), ülke genelinde afet risklerini azaltmaya yönelik stratejik hedef ve eylemleri bütüncül bir yaklaşımla ortaya koyan, ulusal düzeyde yol gösterici temel politika belgesidir. Afetlerin artan sıklığı ve şiddeti, yalnızca afet sonrası müdahaleye dayalı sistemlerin yetersizliğini ortaya koymuş; bu durum afet öncesinde yapılacak olan risk azaltma çalışmalarının gerekliliğini ön plana çıkarmıştır. TARAP, bu anlayışla geliştirilmiş, afet yönetiminde "kriz yönetimi" nden "risk yönetimi" ne geçişin kurumsal bir adımı olarak konumlandırılmıştır.

TARAP'ın temel amacı, afetlerin yol açabileceği can kaybı, mal kaybı, çevresel bozulma ve sosyal tahribat gibi etkileri en aza indirmek, toplumun afetlere karşı direncini artırmak ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen güvenli yaşam alanları oluşturmak olarak tanımlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, afet olmadan önce yapılması gereken çalışmalar; stratejik öncelikler, amaçlar ve eylemler çerçevesinde yapılandırılmıştır. Belge, Sendai Afet Risklerini Azaltma Çerçevesi (2015–2030) ile tam uyum içinde hazırlanmış ve dört ana stratejik öncelik etrafında şekillendirilmiştir: risklerin anlaşılması, afet yönetişiminin güçlendirilmesi, risk azaltma yatırımlarının artırılması ve etkili müdahale kapasitesinin geliştirilmesi.

Plan, afet risklerine karşı dirençli toplumlar oluşturulabilmesi için yalnızca merkezi idarelerin değil, yerel yönetimlerin, özel sektörün, akademinin ve sivil toplumun aktif katılımını öngörmektedir. Bu doğrultuda 81 ilde hazırlanan İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP), TARAP'ın yerel ölçekteki uygulama aracı olarak değerlendirilmiş; İRAP'larda belirlenen eylemler, TARAP'ın ulusal ölçekli stratejilerine doğrudan katkı sunacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece plan, yukarıdan aşağıya olduğu kadar, yerelden ulusala akan bir politika senkronizasyonu sağlamaktadır.

TARAP kapsamında belirlenen stratejik hedefler, afet türlerine özgü olarak deprem, sel-taşkın, heyelan, iklim değişikliği, orman yangınları, kitlesel göç, bulaşıcı hastalıklar, büyük endüstriyel kazalar, KBRN tehditleri ve teknolojik afetlere yönelik olarak ayrı ayrı tanımlanmıştır. Bu kapsamda, her afet türü için risk azaltma önlemleri, sorumlu kuruluşlar ve eylemlerin zamanlamaları (kısa, orta, uzun vadeli) açıkça belirtilmiştir. Planın özgün yönlerinden biri de mekânsal planlama, afet verisi yönetimi, erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılması, toplumsal farkındalık artırımı ve yapılaşma standartlarının güçlendirilmesi gibi konuları birbiriyle entegre biçimde ele almasıdır.

TARAP'ın başarısı; kamu kurumlarının planı sahiplenmesine, çok aktörlü yönetişim anlayışının etkinliğine, kaynakların doğru yönetilmesine ve tüm süreçlerin izleme ve değerlendirme mekanizmalarıyla desteklenmesine bağlıdır. Plan ayrıca üniversiteleri bilgi üretimi ve destekleyici faaliyetlerde görevli kurumlar olarak görerek, bilimsel temelli ve veriye dayalı risk azaltma uygulamalarının yaygınlaşmasını hedeflemektedir.

Marmara Bölgesi özelinde değerlendirildiğinde, TARAP, bölgenin yüksek deprem riski ve kentsel yoğunluk gibi özgün kırılganlıklarını dikkate alarak risk azaltma politikalarının önceliklendirilmesini öngörmektedir. Bu kapsamda, başta İstanbul olmak üzere Marmara'daki illerde IRAP'ların hazırlanması, uygulanması ve izlenmesi, TARAP'ın stratejik hedefleriyle doğrudan ilişkilidir. Bölgeye özel hazırlanan eylemler; yapı stokunun dönüştürülmesi, kritik altyapıların güçlendirilmesi, toplum temelli risk azaltma yaklaşımlarının hayata geçirilmesi ve afet kültürünün yerleşmesi gibi alanlarda somutlaşmaktadır.

TARAP, Marmara Bölgesi Afet Riski Azaltma Planı'nın hem yasal dayanaklarından biri hem de içeriksel omurgasını oluşturan, stratejik planlama ve uygulama süreçleri için başat belge niteliğindedir. (AFAD, 2019)

2.5.7 AFAD 2024-2028 Stratejik Planı

AFAD 2024–2028 Stratejik Planı, afet risklerinin azaltılması, koordineli müdahale ve iyileştirme faaliyetlerinin güçlendirilmesi açısından stratejik bir yön haritası sunmaktadır. Plan, özellikle 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremler gibi büyük felaketlerin ardından edinilen tecrübeler ve çıkarılan dersler ışığında şekillendirilmiş, afet yönetimine dair yeni bir vizyon ortaya koymuştur. Türkiye'nin karşı karşıya olduğu jeolojik, meteorolojik ve teknolojik afet risklerine bütüncül bir bakış sunan bu strateji belgesi, Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi, Paris İklim Anlaşması, 12. Kalkınma Planı gibi ulusal ve uluslararası politika belgeleriyle uyum içinde hazırlanmıştır.

Planda tanımlanan 6 ana amaç ve 23 hedef, afet risk azaltma, hazırlık, müdahale, iyileştirme, uluslararası iş birliği ve kurumsal kapasite artırımı başlıkları altında bütünleşik şekilde ele alınmıştır. Risk azaltma özelinde erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılması, afet tehlike ve risk haritalarının güncellenmesi, kritik yapıların yapı sağlığı izleme sistemleriyle donatılması gibi somut hedefler belirlenmiş ve bu hedefler için performans göstergeleri tanımlanmıştır. Örneğin, 2028 yılına kadar 50.000 km² alanın uzaktan algılama sistemleriyle haritalanması, 100 yapısal önlem projesinin hayata geçirilmesi ve afete dirençli toplum oluşturulması amacıyla 112 milyon kişiye eğitim verilmesi hedeflenmektedir.

Stratejik plan, sadece hedefler ve göstergelerle sınırlı kalmayıp, kurumsal kapasite analizleri, mevzuat değerlendirmeleri, paydaş analizleri ve risk kontrol faaliyetleri gibi yönetimsel arka planı da detaylandırarak, afet yönetimini sistematik bir zemine oturtmaktadır. Özellikle mevzuat analizinde tespit edilen eksiklikler, risk azaltma çabalarının önündeki kurumsal engelleri ortaya koymuş; bu yönüyle plan, sadece bir eylem listesi değil, aynı zamanda bir reform belgesi işlevi görmektedir.

Planın hazırlanış süreci, merkez ve taşra teşkilatlarının, akademik paydaşların ve sivil toplumun aktif katılımıyla yürütülmüş; 1-3 Kasım 2023 tarihlerinde düzenlenen Stratejik Plan Çalıştayı ile kurum içi sahiplenme ve bütüncül bakış açısı sağlanmıştır. Ayrıca plan, İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP), Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ve Türkiye Afet Sonrası İyileştirme Planı (TASİP) gibi alt ölçekli planlarla da doğrudan ilişkilendirilmiştir.

2.5.8 UDSEP: Ulusal Deprem Strateji ve Eylem Planı

Türkiye'nin deprem riskiyle mücadele kapasitesini artırmak ve afet öncesi, sırası ve sonrasındaki tüm süreçleri bütüncül bir yaklaşımla planlamak amacıyla hazırlanmıştır. UDSEP, yalnızca teknik eylemleri değil, aynı zamanda kurumsal yapılanma, mevzuat geliştirme ve halkın bilinçlendirilmesi gibi başlıklarda da yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır. Plan, üç ana eksen (Depremleri öğrenmek,

Deprem güvenli yerleşim ve yapılaşma, Depremin etkileriyle baş edebilmek) altında toplam 87 eylem ve 29 strateji ile yapılandırılmıştır.

Risk azaltma çalışmalarının başarıya ulaşabilmesi için, bu stratejik belgelerde tanımlanan hedeflerin ve eylemlerin ilgili kurumlar tarafından etkin biçimde uygulanması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bu belgeler, afetlere karşı dirençli bir toplum inşa etmek, afet öncesinde zarar azaltıcı önlemleri yaygınlaştırmak ve kurumsal koordinasyonu güçlendirmek açısından da temel referans niteliğindedir.

2.5.9 URAP: Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı

URAP, Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ile tam uyumlu olacak şekilde geliştirilmiş ve hem ulusal hem de il düzeyinde koordinasyon esaslarını tanımlayan kapsamlı bir yapıya sahiptir. Planın temel amacı; yurt içinde veya sınır ötesinde meydana gelebilecek radyasyon acil durumlarına karşı müdahale organizasyonunu, görev dağılımını, sorumlulukları ve iletişim mekanizmalarını önceden belirleyerek hızlı ve etkili müdahaleyi mümkün kılmaktır. Böylelikle, can kaybı, çevresel zarar ve sosyal panik gibi olumsuz etkiler en aza indirgenmeyi hedeflemektedir.

URAP, yalnızca bir müdahale planı değil; aynı zamanda hazırlık, eğitim, tatbikat, izleme ve iyileştirme faaliyetlerine ilişkin sistematik bir çerçeve sunmaktadır. Kategori bazlı risk analizleri, görevli kurumların teknik kapasiteleri, erken uyarı sistemleri (RESA gibi), halkın bilgilendirilmesi ve özel toplum gruplarının korunması gibi detaylar, bu planın bütüncül risk azaltma yaklaşımına hizmet ettiğini göstermektedir.

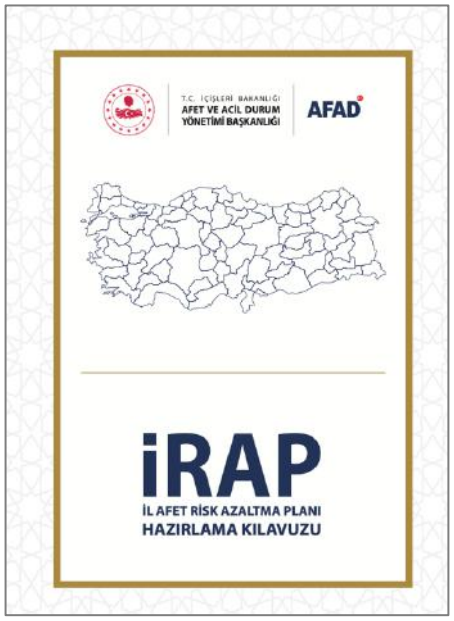
Ayrıca planın, hukuki dayanakları da oldukça güçlüdür. İlgili yönetmelikler, Cumhurbaşkanlığı kararnameleri ve uluslararası sözleşmelerle uyumlu olarak hazırlanmış olan URAP, aynı zamanda uluslararası iş birliğini de kapsamaktadır (örneğin UAEA ile bilgi paylaşımı prosedürleri).

Afetlerle ilgili ulusal strateji ve mevzuat belgeleri, yalnızca birer hukuki metin olmanın ötesinde, risk azaltma politikalarının temellerini atan ve bu politikaların uygulanabilirliğini sağlayan yol haritalarıdır. URAP örneği, bu bağlamda, özellikle Marmara Bölgesi gibi yüksek riskli alanlarda geliştirilecek risk azaltma planlarının hem teknik hem yönetsel boyutlarını şekillendirmede kilit bir referans doküman niteliğindedir.

2.5.10 İRAP: İl Risk Azaltma Planları

İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP), Türkiye genelinde afet öncesi risk azaltma çalışmalarına sistematik ve yerel düzeyde yön vermek amacıyla geliştirilmiş, stratejik ve katılımcı planlama araçlarıdır. Bu planlar, AFAD'ın "İRAP Hazırlama Kılavuzu" doğrultusunda hazırlanmakta olup, her ilin kendine özgü afet tehlikelerini, risklerini ve bu risklerin azaltılmasına yönelik müdahale gerektiren öncelikleri tanımlamaktadır. İRAP'lar, afetlerin meydana gelmeden önceki süreçte yapılması gereken önleyici ve zarar azaltıcı çalışmaların bilimsel bir temele dayandırılmasını sağlar. Planların hazırlanmasında temel yaklaşım, afetlerin sadece müdahale

gerektiren olağanüstü olaylar değil, aynı zamanda önceden öngörülebilen, yönetilebilen ve etkileri azaltılabilir risk durumları olduğudur. Bu bağlamda IRAP, müdahale odaklı geleneksel afet yönetimi yaklaşımından, bütünleşik ve risk temelli bir afet yönetimi modeline geçişin somut bir uygulamasıdır.



İRAP dokümanları genel olarak beş temel modülden oluşur. İlk modülde, ilin genel durumu detaylı biçimde ele alınır; coğrafi konum, jeolojik yapı, iklimsel özellikler, hidroloji, nüfus dağılımı, ekonomik faaliyetler, ulaşım ve altyapı gibi faktörler analiz edilerek ilin afete duyarlılık potansiyeli ortaya konur. Bu bölümde aynı zamanda yapı stoku, yerleşim biçimleri ve sosyal altyapı gibi unsurlar da değerlendirilerek kentsel kırılganlık profili oluşturulur. İkinci modülde, ilin karşı karşıya olduğu başlıca afet tehlikeleri – deprem, heyelan, sel, orman yangını, endüstriyel kazalar gibi – sistematik olarak belirlenir, bu tehlikelerin geçmişteki etkileri ile birlikte mevcut risk seviyeleri analiz edilir. Bu analizler, sahadan elde edilen veriler, geçmiş afet kayıtları, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı haritalamalar ve senaryo modellemeleri gibi teknik yöntemlerle desteklenir. Risklerin sadece fiziksel değil, aynı zamanda sosyoekonomik etkileri de ele alınarak bütüncül bir değerlendirme yapılır.

Üçüncü modülde, mevcut afet yönetimi kapasitesi ve hazırlık düzeyi analiz edilir. Bu bölümde, ilgili kamu kurumlarının görev ve yetkileri, yerel yönetimlerin afet planları, acil durum senaryoları, mevcut yapısal ve yapısal olmayan önlemler, afet eğitimleri, erken uyarı sistemleri gibi unsurlar değerlendirilir. Ayrıca Güçlü-Zayıf Yönler, Fırsatlar-Tehditler (GZFT) analizi ile planın etkinliğini etkileyebilecek içsel ve dışsal faktörler ortaya konur. Dördüncü modül, planın stratejik omurgasını oluşturan amaç, hedef ve eylemleri içerir. Burada, belirlenen her risk için spesifik hedefler tanımlanmakta ve bu hedeflere ulaşmak için uygulanacak eylemler detaylandırılmaktadır. Eylemler kısa, orta ve uzun vadeli olacak şekilde zamanlanmakta; sorumlu ve ilgili kurumlar, iş birliği yapılacak paydaşlar ve performans göstergeleri belirlenerek uygulama planı yapılandırılmaktadır.

Beşinci ve son modülde ise planın uygulanabilirliğini sağlamak ve sürdürülebilirliğini teminat altına almak amacıyla izleme ve değerlendirme mekanizmaları tanımlanmaktadır. Bu kapsamda, belirli aralıklarla gerçekleştirilecek izleme toplantıları, performans değerlendirme yöntemleri, geri bildirim döngüleri ve gerektiğinde planın güncellenmesine yönelik süreçler açıklanmaktadır. Böylece IRAP, sadece statik bir doküman olmanın ötesinde, dinamik ve sürekli gelişen bir afet yönetimi aracına dönüşmektedir.

İRAP'ların en önemli özelliklerinden biri, hazırlık sürecinde çok paydaşlı ve katılımcı bir yaklaşımın benimsenmesidir. Planlar; kamu kurumları, yerel yönetimler, üniversiteler, organize sanayi bölgeleri, sivil toplum kuruluşları, meslek odaları ve hatta halkın katılımıyla düzenlenen çalıştaylar, anketler ve toplantılar yoluyla şekillendirilmektedir. Bu sayede, planların sahaya uygunluğu ve uygulama kabiliyeti artırılmakta; aynı zamanda toplumda afet risk azaltma bilinci ve sahiplenme duygusu geliştirilmektedir. Ayrıca, IRAP'lar uluslararası afet risk azaltma politikaları ile de uyum içerisindedir. Özellikle Birleşmiş Milletler'in SENDAI Çerçevesi'nde yer alan risk azaltma hedefleri ve "Afete Dirençli Kentler" yaklaşımı, planların genel yapısına entegre edilmektedir. Afet Risk Azaltma Planları, yerel düzeyde afet risklerinin azaltılmasına yönelik bilimsel, katılımcı ve sürdürülebilir bir yol haritası sunmakta; afet öncesi hazırlıkların sistematik hale gelmesini sağlayarak Türkiye'nin afetlere dirençli bir toplum olma hedefine somut katkı sağlamaktadır.

2.5.11 Kıyı Tesisi, Bölgesel ve Ulusal Acil Müdahale Planları

Kıyı Tesisi Risk Değerlendirmesi ve Acil Müdahale Planı: Kanun kapsamındaki kıyı tesisleri, faaliyetlerinden kaynaklanabilecek olası bir kirlilik olayına karşı hazırlıklı olmak ve müdahale etmek üzere kendi acil müdahale planlarını hazırlamakla yükümlüdür.

Planın İçeriği: Bu planlar, tesisin ve konumunun tanımını, etki alanının çevresel özelliklerini, modelleme çalışmalarını, müdahale için gerekli ekipman ve personelin belirlenmesini, müdahale organizasyonunu, lojistik ve iletişim altyapısını, atık yönetimi prosedürlerini, işçi sağlığı ve güvenliği önlemlerini ve eğitim ile tatbikat programlarını içerir.

Müdahale Seviyeleri ve Yükümlülük: Tesisler, kendi imkanlarıyla müdahale edecekleri Seviye 1 olaylar için gerekli ekipmanı (bariyer, sorbent vb.) tesislerinde her an kullanıma hazır bulundurmalıdır. Daha büyük çaptaki Seviye 2 ve Seviye 3 olaylar için ise yetkilendirilmiş acil müdahale şirketlerinden hizmet alımı yoluyla yetki devri yapabilirler. Yetkilendirilmiş şirketlerin Seviye 1 olaylara 1 saat, Seviye 2-3 olaylara ise 3 saat içinde etkin müdahalede bulunması gerekmektedir.

Denetim ve Güncelleme: Kıyı tesisleri, Bakanlık tarafından yılda en az bir kez haberli veya habersiz olarak denetlenir. Tesisler, değişen koşullara göre planlarını güncellemekten sorumludur.

Bölgesel Acil Müdahale Planı: Birden fazla ili etkileyebilecek veya kıyı tesisinin kapasitesini aşan olaylara müdahale için bölgesel planlar hazırlanmıştır. Marmara Bölgesi Kapsamı: Marmara Bölgesi için hazırlanan plan; Kırklareli, Edirne, Tekirdağ, İstanbul, Kocaeli, Yalova, Sakarya, Bursa, Balıkesir ve Çanakkale illerini kapsar.

Organizasyon Yapısı

Genel Koordinatör: Bölgesel müdahale operasyonlarının genel koordinatörü "Sorumlu Vali"dir.

Koordinasyon Ünitesi: Vali veya Vali Yardımcısı başkanlığında; Liman Başkanı, Çevre ve Şehircilik İl Müdürü ve Sahil Güvenlik Bölge Komutanı'ndan oluşan "Bölgesel Koordinasyon Komitesi (İl Kriz Merkezi)" kurulur. Bu üniteye bağlı olarak Zarar Tespit Komisyonu ve Basın ve Halkla İlişkiler Komitesi gibi birimler de görev yapar.

Operasyon Ünitesi: Operasyon Koordinatörü ve Olay Yeri Koordinatörü yönetiminde, sahada fiili müdahaleyi gerçekleştiren "Kıyı Ekibi" ve "Deniz Ekibi"nden oluşur.

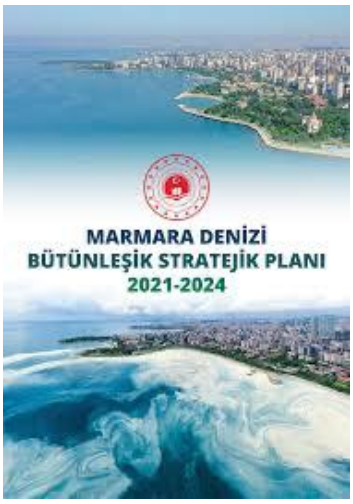
Ulusal Acil Müdahale Planı: Bir bölgenin imkan ve kabiliyetlerini aşan, ulusal düzeyde koordinasyon gerektiren büyük çaplı olaylar için Ulusal Acil Müdahale Planı devreye girer.

Organizasyon Yapısı

Genel Koordinatör: Ulusal düzeydeki müdahalenin genel koordinatörü "Çevre ve Şehircilik Bakanlığı"dır.

Ulusal Koordinasyon Kurulu: Genel Koordinatör'ün başkanlığında, ilgili bakanlık ve kurumlardan oluşan bir üst kurul görev yapar. Bu kurulda; Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Genel Kurmay Başkanlığı, Dışişleri Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı (Sahil Güvenlik Komutanlığı) ve Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü gibi kurumlar yer alır.

2.5.12 Marmara Denizi Bütünleşik Stratejik Planı



Marmara Denizi Bütünleşik Stratejik Planı 2021-2024, doğrudan bir afet risk azaltma planı olmamakla birlikte, Marmara Denizi'nin çevresel sağlığını iyileştirme ve kirlilikle mücadele ederek çevresel afet risklerini azaltmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, Amaç 7 altında belirtilen "Marmara Denizi Havzası'nın Korunmasına Yönelik Risk Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi", ve "Risk Yönetim Sistemi Kurulması" hedefiyle, Marmara Denizi'nde ortaya çıkabilecek çevresel risklerin yönetimi için bir sistemin kurulmasını öngörür. Bu sistem, kirlilik kaynaklı potansiyel afetlerin önlenmesi ve bunlara karşı hazırlıklı olunması açısından kritik öneme sahiptir. Müsilaj gibi çevresel felaketlere yol açan kirlilik kaynaklarının tespiti, azaltılması ve kontrol altına alınması öngörülmektedir. Plan ayrıca, iklim değişikliğine uyum, sürekli izleme, değerlendirme ve raporlama sistemlerinin geliştirilmesi, sıfır atık yönetim sisteminin yaygınlaştırılması ile kurumsal kapasitenin ve mevzuat altyapısının güçlendirilmesi gibi stratejilerle çevresel risklere karşı direnci artırmayı ve potansiyel afetlerin önlenmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır

https://marmarahepimizin.csb.gov.tr/marmara-denizi-butunlesik-stratejik-plani-degerlendirme-toplantilari-yapildi-haber-281215 .

2.6 Risk Azaltma Konusunda Ulusal Temel Mevzuat Altyapısı

2.6.1 Temel Kanunlar

Afet risklerinin azaltılması ve afet yönetiminin etkin biçimde yürütülmesi, ilgili kurum ve kuruluşların görev, yetki ve sorumluluklarını açık biçimde tanımlayan güncel bir mevzuat altyapısı ile mümkündür. AFAD ve İl AFAD Müdürlüklerinin görev ve sorumlulukları 1 ve 4 No'lu Cumhurbaşkanlığı Kararnameleri ile yeniden düzenlenmiştir. Bu düzenlemeler doğrultusunda afet risklerinin belirlenmesi, risk azaltma planlarının koordinasyonu ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi gibi görevler, Cumhurbaşkanlığı Kararnameleri çerçevesinde kurumsal bir yapı içinde tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra, 7269 sayılı Kanun, 6306 sayılı Kanun, 6305 sayılı Kanun, 6200, 6001 ve 6831 sayılı Kanunlar ile 5393 ve 5216 sayılı Kanunlar, MARAP gibi bölgesel afet risk azaltma planlarının yasal temelini oluşturan başlıca düzenlemeler arasında yer almakta; yapılaşmadan altyapıya, sigorta sistemlerinden yerel yönetimlerin rollerine kadar geniş bir yelpazede afet risk yönetiminin hukuki zeminini sağlamaktadır.

6306 Sayılı Kanun – Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun

Bu kanun, afet riski taşıyan alanlardaki yapıların bilimsel ve teknik esaslara göre dönüştürülmesini ve riskli yapıların tespit edilerek güvenli yaşam alanlarının oluşturulmasını amaçlar. Riskli alan ve yapıların tanımı yapılır, dönüşüm süreçlerinin idari ve hukuki esasları belirlenir. MARAP açısından bu kanun, yapı stokunun risk azaltma temelli dönüşümünde esas alınması gereken yasal dayanağı oluşturur (İlgili maddeler: Madde 1, Madde 2, Madde 3).

7552 Sayılı İklim Kanunu

İklim değişikliğiyle mücadele süreçlerini düzenler. Sera gazı emisyonlarının azaltımı, iklim adaleti, karbon piyasaları ve yerel eylem planları gibi konulara açıklık getirir. MARAP'ın iklim kaynaklı afet risklerini azaltma ve dirençli şehirler oluşturma hedeflerine yönelik hukuki altyapıyı güçlendirir. Ayrıca, net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda ulusal ve yerel düzeyde strateji ve eylem planlarının hazırlanmasını zorunlu kılar. (İlgili maddeler: Genel hükümler, Madde 1–4; İl koordinasyon kurulları, Madde 10; Emisyon Ticaret Sistemi, Madde 12 ve devamı).

6305 Sayılı Kanun – Afet Sigortaları Kanunu

Zorunlu deprem sigortasının esaslarını düzenleyen bu kanun, afet sonrası ekonomik kayıpların azaltılması ve toplumsal dayanıklılığın artırılması yönünden önemlidir. MARAP kapsamında yapısal risklerin finansal etkilerini en aza indirmeyi hedefleyen politikalar açısından bu kanun bir dayanak sağlar (İlgili maddeler: Madde 1, Madde 2, Madde 3).

7269 Sayılı Kanun – Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun

Afet sonrası müdahale ve iyileştirme çalışmalarını düzenler. Tahliye, yerleşim, inşa, yapı denetimi, yardım ve fon kullanımı gibi konulara açıklık getirir. MARAP'ın afet sonrası toparlanma kapasitesinin hukuki altyapısını oluşturur (İlgili maddeler: Genel hükümler, 5. madde ve devamı).

6001 Sayılı Kanun – Karayolları Genel Müdürlüğünün Hizmetleri Hakkında Kanun

Karayolu altyapısının afetlere dayanıklılığı bu kanun kapsamında düzenlenir. Yollar, tüneller ve köprüler gibi ulaşım altyapısının afetlerde stratejik rolü olduğundan, MARAP kapsamında kritik altyapıların risk azaltımı için bu kanunun hükümleri dikkate alınmalıdır (İlgili maddeler: Madde 2, Madde 12).

6831 Sayılı Kanun – Orman Kanunu

Ormanların korunması, yangınlara karşı alınacak tedbirler ve orman içi yerleşim yerleri ile ilgili düzenlemeler içerir. Orman yangını riski barındıran Marmara bölgesi için ekosistem temelli afet risk azaltımı bağlamında MARAP ile doğrudan ilişkilidir (İlgili maddeler: Madde 69 ve devamı – Yangınla mücadele hükümleri).

6200 Sayılı Kanun – Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun

Sel ve taşkın gibi afet türlerinin yönetimi açısından önemli olan su yapıları, barajlar ve taşkın koruma sistemlerinin yapım, bakım ve işletme görevleri bu kanun ile DSİ'ye verilmiştir. MARAP'ın su kaynaklı afetlere karşı önlemleri bu kapsamda desteklenir (İlgili maddeler: Kuruluş ve görev tanımları).

5393 Sayılı Belediye Kanunu

Belediyelere afet risk azaltma, acil durum planlaması, imar uygulamaları ve halkın bilgilendirilmesi konularında sorumluluklar yükler. Yerel düzeyde MARAP uygulamaları için çerçeve sunar (İlgili maddeler: Madde 14, Madde 15, Madde 53).

5216 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu

Büyükşehir belediyelerine afet risklerinin azaltılması, afet anında müdahale koordinasyonu ve altyapıların dayanıklılığının sağlanması gibi görevler yükler. MARAP uygulamasının metropol ölçeğinde yönetişimi için önemlidir (İlgili maddeler: Madde 7, Madde 9, Madde 21).

2.6.2 Kararnameler

1 Nolu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesine Göre Görev ve Sorumluluklar

İçişleri Bakanlığı, afet ve acil durum hizmetlerinin planlanması ve yürütülmesinden sorumlu kurum olan AFAD'ın koordinasyonunu sağlayarak, ulusal düzeyde afet yönetimi politikalarının geliştirilmesi ve uygulanmasını destekler (Madde 17).

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, şehirlerin afetlere karşı dirençli hâle getirilmesi amacıyla kentsel dönüşüm uygulamaları yürütmekte; riskli alan ve yapıların tespiti ile mekânsal planlamada afet risklerinin entegre edilmesini sağlamaktadır. Bu görevler MARAP kapsamındaki kentsel risk azaltma stratejileri için kritik öneme sahiptir (Madde 97).

Tarım ve Orman Bakanlığı, taşkın, sel, kuraklık ve orman yangınları gibi doğa kaynaklı afetlere yönelik önleyici politikalar geliştirerek, kırsal ve tarımsal alanlarda risk azaltma uygulamalarını hayata geçirmektedir. Bu kapsamda ekosistem temelli çözümler MARAP için kırsal uyum araçları arasında yer almaktadır (Madde 107).

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, karayolu ve demiryolu altyapılarının afetlere dayanıklı hâle getirilmesi ve afet sonrası ulaşım sürekliliğinin sağlanması konusunda görev yapmaktadır. Bu da MARAP'ta kritik altyapı güvenliği açısından hayati bir alandır (Madde 161).

Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu, afet ve acil durumlara yönelik ulusal stratejileri belirleyerek kurumlar arası koordinasyonu sağlayan üst politika organı olarak, MARAP uygulamalarının üst düzey karar alma ve yönlendirme sürecinde etkili bir aktördür (Madde 107).

4 Nolu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesine Göre Görev ve Sorumluluklar

AFAD, afet risklerinin azaltılması, müdahale planlarının hazırlanması ve eğitim çalışmalarının koordinasyonu ile görevli olup; MARAP'ın tüm aşamalarında (önleme, hazırlık, müdahale, iyileştirme) merkezî rol üstlenmektedir (Madde 6, 7, 8). İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri, illerde afet planlarının hazırlanması ve uygulanması, yerel risk analizlerinin yapılması ve eğitim faaliyetlerinin yürütülmesinden sorumludur. MARAP'ın yerel düzeyde uygulanabilirliğini sağlayan temel yapılardır (Madde 19). Devlet Su İşleri (DSİ), baraj, gölet, taşkın koruma ve kuraklık yönetimi gibi konularda altyapı yatırımlarını yürütür. Özellikle taşkın risk yönetimi MARAP'ta sıkça başvurulan stratejik hedeflerdendir (Madde 545). Karayolları Genel Müdürlüğü, afet sırasında ve sonrasında ulaşımın kesintisiz devamını sağlamak üzere karayolu altyapısını güçlendirme ve iyileştirme çalışmaları yürütmektedir (Madde 533). Orman Genel Müdürlüğü (OGM), orman yangınlarının önlenmesi, izlenmesi ve müdahalesi konularında görev alırken; aynı zamanda ormanlık alanların afet direncine katkısı nedeniyle MARAP içinde yer almaktadır (Madde 528). Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), iklimsel verilerin toplanması, afet erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve tahmin hizmetleri sunarak

MARAP'ın bilgi altyapısına katkı sağlar (Madde 530). Kentsel Dönüşüm Başkanlığı, riskli yapıların tespiti ve dönüşümünün gerçekleştirilmesiyle doğrudan afet risklerini azaltmaya yönelik faaliyet yürütmektedir. Bu çalışmalar MARAP'ın yapı stoku iyileştirme hedefiyle örtüşmektedir (Madde 553).

2.6.3 Temel yönetmelikler ve diğerler mevzuatlar

Temel kanunların yanı sıra, afet risk azaltma çalışmalarını yönlendiren çeşitli yönetmelikler, genelgeler ve uygulama rehberleri de bulunmaktadır; bu düzenlemeler uygulamada birlik sağlamak ve yerel düzeydeki uygulamaları yönlendirmek açısından büyük önem taşır.

Afet ve acil durum yönetimi başkanlığı tarafından desteklenen projelerin izlenmesi, değerlendirilmesi, sonuçlandırılması ve yapılan destekleme ödemelerinin geri alınmasına dair yönetmelik

Bu yönetmelik, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (Başkanlık) tarafından desteklenen projelerin izlenmesi, değerlendirilmesi, sonuçlandırılması ve yapılan destekleme ödemelerinin geri alınmasına dair usul ve esasları düzenlemektedir.

Yönetmeliğin 8. maddesi, desteklenen projelerin yürütme sürecinde nasıl izleneceği ve denetleneceği hususlarını açıklamaktadır. Yönetmeliğin 13. maddesinin 3. fıkrası, proje yürütücüsünün ve sorumlu ilgili kişilerin sözleşmede belirtilen çalışmalarını yerine getirmediğinin belirlenmesi halinde, yapılan destekleme ödemelerinin geri alınabileceğini belirtmektedir. Yönetmeliğin 14. maddesi, yönetmeliğin yayımı tarihinde yürürlüğe girdiğini belirtirken, 15. maddesi ise yönetmelik hükümlerini Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının bağlı olduğu Bakanın yürüteceğini ifade etmektedir. Ayrıca, yönetmeliğin 6. bölümünde yer alan hükümlere göre, çağrılı ve güdümlü proje yaptırılması işleri de Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Araştırma, Etüt ve Proje Yaptırma Usul ve Esaslarına Dair Yönetmeliğin ilgili maddelerine göre yürütülmektedir.

Türkiye bina deprem yönetmeliği

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, yeni yapılacak binaların deprem etkisi altında tasarımı ile mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı için uygulanır. Esasen, bu yönetmeliğin kendisi binalardaki deprem riskini azaltmaya yönelik kurallar ve esaslar içermektedir.

Yönetmelikte doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri, zaman tanım alanında mod toplama yöntemi ile deprem hesabı, yapı-zemin etkileşimi gibi analizler, bir risk azaltma raporunun temelini oluşturabilir. Bu analizler sonucunda elde edilen veriler, risklerin belirlenmesi ve azaltılması için kullanılacak stratejilerin geliştirilmesinde kritik rol oynar. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi süreçlerinde hazırlanacak bir risk azaltma raporu, binanın mevcut deprem performansını analiz edip, güçlendirme yöntemleri önererek risk seviyesini düşürmeyi hedefleyebilir.

BEKRA yönetmeliği ve bağlı mevzuatlar

Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik (BEKRA Yönetmeliği), tehlikeli maddeler bulunduran tesislerde büyük ölçekli endüstriyel kazaların önlenmesi, meydana gelebilecek kazaların insan sağlığı, çevre ve mülkiyet üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla çıkarılmıştır (Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı vd., 2019). Yönetmelik, afet ve acil durum yönetimi kapsamında risk azaltma çalışmalarının önemli bir parçasıdır.

BEKRA Yönetmeliği, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) başta olmak üzere ilgili kurumların koordinasyonu ve iş birliği içerisinde uygulanmaktadır. Bu yönetmeliğe bağlı olarak çıkarılmış diğer uygulama mevzuatları ve rehberler de tesislerde afet ve acil durumlara karşı alınacak önlemlerin standartlaştırılmasına yönelik hükümler içermektedir.

Yönetmelik 2 Mart 2019 tarihinde yürürlüğe girmiş olup, uygulama sorumluluğu Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. BEKRA Yönetmeliği ve bağlı mevzuatların uygulanması, afet ve acil durumlara karşı proaktif tedbirlerin alınmasını sağlayarak, afet risk azaltma stratejilerinin güçlendirilmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Yönetmeliğin 6. maddesinde, tesis işletmecilerine yönelik genel yükümlülükler sıralanmakta olup; büyük endüstriyel kazaları önlemek için gerekli tüm tedbirlerin alınması, acil durum planlarının hazırlanması ve bunların ilgili kurumlara sunulması zorunlu kılınmıştır. Ayrıca, yönetmeliğin 7. ve 8. maddeleri, üst ve alt seviyeli kuruluşların sınıflandırılması ve yükümlülüklerinin belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Yönetmeliğin 11. maddesi, işletmelerin güvenlik raporu hazırlamasını zorunlu tutarak, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi için kapsamlı risk analizlerinin yapılmasını ve bu analizlere dayalı olarak gerekli güvenlik önlemlerinin tanımlanmasını talep eder. Bu madde, tesislerdeki potansiyel tehlikelerin detaylı bir şekilde incelenmesini ve kazaların etkilerini en aza indirmek için somut önlemler geliştirilmesini hedefler. Güvenlik raporları, tehlikeli madde envanteri, olası olay senaryoları, önleme stratejileri ve müdahale yöntemleri gibi kritik unsurları içerir. Bu belgelerin hazırlanması, sadece tesis içi risklerin azaltılmasını sağlamakla kalmaz, çevrenin ve toplumun güvenliğini de artırır.

Yönetmeliğin 12. maddesi ise tesislerde dahili acil durum planlarının oluşturulmasını, bu planların düzenli olarak gözden geçirilmesini ve güncellenmesini zorunlu kılar. Dahili acil durum planları, olası acil durumlara karşı hızlı ve etkili bir müdahale sağlamak için kapsamlı bir çerçeve sunar. Bu planlar, çalışanların tahliye prosedürlerini, kriz anında iletişim protokollerini, kullanılacak ekipman talimatlarını ve sorumlulukların açıkça tanımlanmasını içerir. Ayrıca, düzenli tatbikatlar ve

eğitimler, çalışanların olası bir acil durum karşısında hazırlıklı olmasını sağlamaktadır.

Yönetmeliğin 13. maddesi ise harici acil durum planlarının hazırlanmasını ve bu planların ilgili yerel otoriteler tarafından düzenli olarak güncellenmesini hükme bağlamaktadır. Harici acil durum planları, tesis dışında yaşayan nüfusun olası endüstriyel kazalardan korunması için kritik bir araçtır. Bu planlar, bölgesel koordinasyonu güçlendirmekle birlikte, acil durumlarda etkili bir müdahale için gerekli kaynakların ve prosedürlerin belirlenmesini sağlar.

BEKRA Yönetmeliği kapsamında yer alan Güvenlik Raporu (Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2019a) ve Dahili Acil Durum Planı Tebliğleri (Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2019b), endüstriyel tesislerde güvenliğin artırılması ve afet risklerinin azaltılması için düzenlenmiş kapsamlı dokümanlardır. Güvenlik raporları, tesis içindeki tehlikelerin detaylı bir şekilde analiz edilmesini ve bu analizlere dayalı olarak önleyici stratejiler geliştirilmesini sağlar. Bu raporların hazırlanma süreci, tehlikeli maddelerin envanterinin çıkarılması, olası senaryoların belirlenmesi, risk değerlendirmesi ve alınacak önlemlerin tanımlanmasını içerir. Böylece, işletmenin maruz kalabileceği olası kazalar ve bunların etkileri en aza indirilmeye çalışılır.

Dahili Acil Durum Planları ise, tesis içinde meydana gelebilecek yangın, patlama, kimyasal sızıntı gibi acil durumlar karşısında hızlı ve etkili müdahale yöntemlerini ortaya koyar. Bu planlar, çalışanların tahliye prosedürlerinden kriz anında kullanılacak iletişim protokollerine kadar geniş bir yelpazeyi kapsar. Ayrıca, müdahale ekipmanlarının kullanımına yönelik talimatlar ve çalışanların görev dağılımları açık bir şekilde tanımlanır. Düzenli tatbikatlar ve eğitimler ile çalışanların acil durumlara hazırlıklı olması sağlanır.

Her iki belge, sadece tesis içi güvenlik önlemleri açısından değil, aynı zamanda çevre ve toplum güvenliği için proaktif adımların atılmasına olanak tanır. Bu dokümanlar, endüstriyel tesisler ile çevresindeki topluluklar arasındaki risk yönetimi bağını güçlendirerek, olası afetlerin etkilerini minimize etmek için kritik bir rol oynar.

Sonuç olarak, BEKRA Yönetmeliği ve bağlı mevzuatlar, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılmasına yönelik kapsamlı bir çerçeve sunmakta olup hem tesis içi hem de dışındaki güvenliği artıran kritik önlemler içerir. Bu yönetmelik, endüstriyel tesislerden kaynaklanabilecek risklerin etkin bir şekilde yönetilmesi ve toplumsal güvenliğin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

Çevresel etki değerlendirme (ÇED) yönetmeliği

Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Yönetmeliği, Türkiye'de çevre üzerinde önemli etkiler yaratabilecek projelerin planlama ve karar alma aşamalarında potansiyel olumsuz etkilerinin önceden belirlenmesini, azaltılmasını veya önlenmesini sağlamak amacıyla 25 Kasım 2014 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Yönetmeliğin uygulanması, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülmekte olup, afet risk azaltma çalışmaları açısından çevresel risklerin değerlendirilmesi ve bu risklere yönelik tedbirlerin alınması açısından hayati bir rol oynamaktadır.

Yönetmelik, projelerin çevresel etkilerini detaylı bir şekilde analiz etmeye yönelik bir süreç sunar. 6. madde, hangi projelerin ÇED sürecine tabi olduğunu açıklarken, 7. madde ise seçme eleme kriterlerini tanımlayarak, çevresel hassasiyetlerin belirlenmesini amaçlamaktadır. Proje sahiplerinin hazırlaması gereken ÇED başvuru dosyası, yönetmeliğin 8. maddesi kapsamında düzenlenmiştir. Bu dosya, projenin çevre üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini ortaya koyar.

ÇED Raporu'nun içeriği ve hazırlanma süreci yönetmeliğin 9. maddesinde detaylandırılmıştır. Bu raporda, olası afet riskleri, iklim değişikliği etkileri, jeolojik hassasiyetler ve çevresel koruma alanları gibi konular analiz edilerek, önleyici veya azaltıcı tedbirler önerilir. 14. madde, ÇED olumlu veya ÇED gerekli değildir kararlarının verilme süreçlerini düzenler ve bu süreçte çevre üzerindeki risklerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini zorunlu kılar.

Yönetmeliğin 15. maddesi, ÇED olumlu kararı verilen projelerde izleme ve kontrol faaliyetlerini zorunlu hale getirir. Bu izleme süreci, belirlenen önlemlerin etkinliğini değerlendirir ve gerektiğinde düzeltici tedbirlerin uygulanmasını sağlar. Çevresel afet risklerini azaltmaya yönelik bu önlemler, projenin sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu bir şekilde yürütülmesini garanti eder.

ÇED Yönetmeliği, çevresel risklerin erken aşamada tanımlanması, yönetilmesi ve azaltılmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir araç olup, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda afetlere dirençli toplumsal yapıların oluşturulmasına önemli ölçüde katkıda bulunur. Ayrıca, ilgili diğer mevzuatlarla koordineli bir şekilde uygulanan bu yönetmelik, çevre koruma ve afet risk azaltma stratejilerinin bütüncül bir şekilde ele alınmasını teşvik eder.

2.6.4 Diğer mevzuat hükümleri: Genelge tebliğ ve benzeri hükümler

İdari süreçlerde birlik ve standardizasyonu sağlamak amacıyla yayımlanan genelgeler ve belirli konulara ilişkin usul ve esasları düzenleyen tebliğler, risk azaltma raporlarının hazırlanması ve uygulanması süreçlerinde dikkate alınması gereken düzenleyici metinlerdir. Örneğin, 2004/12 sayılı Başbakanlık Personel ve Prensipler Genel Müdürlüğü Genelgesi, idare-birey ilişkilerinde eşitlik, tarafsızlık ve açıklık ilkelerini vurgulamakta, bireylerin dilekçe ve bilgi edinme hakkının etkin kullanımını temin etmek amacıyla kamu kurum ve kuruluşlarının uyması gereken kuralları detaylı bir biçimde açıklamaktadır. Bu genelge doğrultusunda, afet risk azaltma raporlarına ilişkin bilgi taleplerinin, 4982 sayılı Bilgi Edinme Hakkı Kanunu çerçevesinde şeffaf bir şekilde karşılanması büyük önem taşımaktadır.

Benzer şekilde, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından yayımlanan "Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezleri Yönergelerinin Hazırlanmasına Dair Tebliği", afet ve acil durum yönetim merkezlerinin yönergelerinin hazırlanmasına dair usul ve esasları, haberleşme ve raporlama standartlarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Örneğin, bu tebliğ kapsamında İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP) hazırlık süreçlerinde kurumlar arası bilgi paylaşımı ve koordinasyonu sağlamak için gönderilen yazılı bilgilendirme dokümanları, İRAP'ın önemi, gerekliliği ve hazırlanma sürecine dair somut bilgiler içermektedir. Bu yazılar, tüm kurumlar arasında bir iletişim ve iş birliği zemini oluşturmanın yanı sıra, afet yönetim süreçlerinde işlerin hızlanmasına da katkıda bulunmaktadır.

Ek olarak, afet sonrası hasar tespit süreçlerinde kullanılan tutanaklar da dikkate değerdir. Örneğin, depremler sonrasında ilgili bölgelerde oluşturulan hasar tespit ekipleri tarafından düzenlenen raporlar, olayın kayıt altına alınması ve vatandaşların beyanlarının doğrulanması açısından büyük bir önem taşır. Bu raporlar, yapısal hasarların boyutlarının ve acil müdahale gereksinimlerinin belirlenmesine yönelik somut veriler sunmaktadır. Aynı şekilde, doğal afetler sırasında kullanılacak standart formlar ve belgeler, olay anında ve sonrasında süreçlerin daha organize bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır. Örneğin, sel felaketi sonrası yapılan tahliye işlemleri için kullanılan evraklar, tahliye sürecinin nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğine dair açık ve net bir yol haritası sunmaktadır. Bu tür düzenleyici metinler ve somut uygulama örnekleri, afet yönetim süreçlerinde standartlaştırılmış ve etkin bir yaklaşım benimsenmesini sağlayarak, müdahale kapasitesinin artırılmasına ve risklerin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

** Bu rapor kapsamında tüm yukarıda açıklanan ulusal mevzuatlar, rapor ekinde **"EK-1: MARAP İlişkili Mevzuat Listesi"** olarak verilmiştir.*

2.7 Bölgesel Bazlı Yeni Nesil Risk Azaltma Planlama Modeli

Bu bölümde, yukarıda açıklanan afet türlerine bağlı olarak dünyadaki başarılı afet risk yönetimi örneklerinden elde edilen çıktılarla, Türkiye için çok katmanlı uygulamaya yönelik yeni bir risk azaltma planlama modeli için temel öneri geliştirilmektedir. Model, çoklu risk yönetimi, risk tabanlı mekânsal planlama, toplum temelli hazırlık programları, kritik altyapı dirençliliği ve veri tabanlı karar alma sistemlerini entegre bir yapıda birleştirerek afetlere karşı dayanıklı ve sürdürülebilir toplumlar inşa edilme hedefini taşımaktadır.

Türkiye, jeolojik, iklimsel ve sosyoekonomik dinamikleri nedeniyle çoklu afet risklerine açık bir ülke olarak değerlendirilmektedir. Özellikle Anadolu fay hattı, Akdeniz iklim kuşağı ve yoğun kentleşme eğilimleri, ülkeyi deprem, taşkın, kuraklık, sıcak dalgası, tsunami gibi doğal afetlerin yanı sıra endüstriyel kazalar ve çevresel felaketler gibi teknolojik ve iklim kaynaklı risklere de açık hale getirmektedir. Bu afetler, sadece anlık yıkımlara neden olmalarının yanında, aynı zamanda sosyal,

ekonomik ve çevresel sistemler üzerinde uzun vadeli olumsuz etkiler oluşturarak kalkınma hedeflerini de tehdit etmektedir.

Özellikle Marmara Bölgesi gibi yüksek yoğunluklu ve kritik altyapıya sahip bölgelerde, çoklu tehlike etkilerinin birbirini tetiklediği sistemik risk senaryoları giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Deprem sonrası oluşabilecek yangınlar, taşkınların tetiklediği salgın hastalıklar veya sıcak dalgalarının elektrik altyapısında kesintilere yol açması gibi zincirleme krizler, afet risk yönetiminin daha entegre ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle afet risklerinin azaltılması, yalnızca afet sonrası müdahaleyi değil, afet öncesi planlama, risk analizi, önleyici altyapı geliştirme ve toplum tabanlı hazırlık süreçlerini kapsayan stratejik bir kalkınma alanı olarak ele alınmalıdır. Bu yaklaşım hem insan güvenliğini artıracak hem de ekonomik ve sosyal sistemlerin afetlere karşı dirençliliğini güçlendirecektir.

Bu bölüm, dünyadaki başarılı afet risk azaltma uygulamalarından yararlanarak, Türkiye'nin kendi sosyoekonomik ve mekânsal özelliklerine uygun, sistemik, önleyici, kapsayıcı ve uyarlanabilir bir risk azaltma planlama modelinin ana hatlarını çizmeyi amaçlamaktadır. Bu model, afet risklerini sadece azaltmayı değil, aynı zamanda afetlerin toplum üzerindeki sosyoekonomik etkilerini en aza indirecek sürekli gelişen bir afet yönetimi sisteminin temelini atmayı hedeflemektedir.

2.7.1 Türkiye İçin Bölgesel Risk Azaltma Planı Önerisi: BARAP

Bölgesel Afet Risk Azaltma Planı (BARAP) risk azaltma planlama çalışmalarında bölgesel ölçekli yeni bir yaklaşım olup, risk azaltma planlaması içinde kapsam, içerik ve rolünün doğru tanımlanması gerekmektedir. BARAP ulusal ile yerel planlar arasında konumlandırılan bölgesel ölçekli bir afet risk azaltma planlama yaklaşımıdır. Resmî olarak uygulanmakta olan bir BARAP bulunmamakla birlikte, bu türden bir plan, Türkiye'de afet risk yönetimini güçlendirecek önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

2.7.1.1 Kavramsal Çerçeve ve Ölçek

BARAP, bölgesel ölçekte (il üstü, ülke altı- mezo ölçek; TARAP makro ölçek, İRAP mikro ölçek) bir planlama düzeyini temsil etmektedir. Bu plan, TARAP'ın stratejik çerçevesini bölgesel düzeyde somutlaştırırken, bölgedeki her bir ilin (İRAP'ların) ötesine geçen, iller arası etkileşim ve ortak riskleri içeren bir perspektif sunmalıdır. BARAP, mevcut idari yapılanmada doğrudan bir karşılığı olmayan "bölge" ölçeğini afet risk yönetimi için kullanmakta; ancak Türkiye'deki Bölgesel Kalkınma Ajansları ve bölgesel planlar benzeri yapılar düşünüldüğünde, uygulanabilir bir koordinasyon modeli AFAD öncülüğünde yürütülebilir.

BARAP, yalnızca coğrafi olarak birden fazla ili kapsayan bir plan olmanın ötesinde, afetlerin bölgesel ölçekteki etkilerini ve iller arası bağımlılıkları esas alan çok katmanlı bir risk azaltma aracı olarak kurgulanmalıdır. Bu bağlamda, BARAP için önerilen çözünürlük düzeyi, klasik idari sınır temelli planlama anlayışından farklı

olarak, afetin türü, yayılma biçimi, etkilediği sistemler ve etkileşim alanlarının kapsamına göre değişen "dinamik ölçekleme" ilkesine dayanmalıdır. Bu bağlamda BARAP:

a) Ortak riskleri tanımlar.
b) Tekil bir ilde bulunan ancak tüm bölgeyi etkileyebilecek tesisleri (İller arası koordinasyon ve kaynak paylaşımının zorunlu kılan tesisleri) kapsar (örneğin bir ildeki bölgesel haberleşme merkezi, harekât komuta merkezi, büyük enerji dağıtım tesisi).
c) Bölgeyi besleyen ve iller (ve sistemler) arası bağlantısallığı olan ulaştırma ve altyapı sistemlerini ele alır.
d) Fonksiyonel ilişkilere dayalı bölgelerarası bağımlılıkları (lojistik, sağlık, güvenlik sistemleri) analiz eder.

2.7.1.2 Kapsam ve Mekânsal Çözünürlük

BARAP'ın kapsamı, bir bölgeyi etkileyebilecek tüm tehlikeleri ve bu tehlikelerin doğuracağı riskleri içermelidir. Özellikle birden çok ili aynı anda etkileyebilecek veya zincirleme etkileri bölge geneline yayılabilecek afet türleri BARAP için öncelikli olmalıdır. Örneğin, büyük Marmara depremi senaryosu, yalnızca İstanbul'u değil çevresindeki Kocaeli, Tekirdağ, Bursa, Yalova gibi illeri de etkileyeceğinden, BARAP (proje kapsamındaki adıyla MARAP) kapsamında bölgesel bir deprem risk azaltma stratejisi geliştirilmelidir. Benzer şekilde, iklim değişikliği kaynaklı meteorolojik afetler (örneğin bölgesel kuraklık veya fırtınalar), endüstriyel kazalar (örneğin bir ildeki kimya tesisindeki kazanın komşu ile etkisi), tsunami/deniz seviye değişimi (Marmara Denizi'ni çevreleyen iller için ortak risk) gibi konular da BARAP'ın kapsamına girmelidir.

Mekânsal çözünürlük olarak BARAP, il detayından daha geniş bir ölçekte (bölge haritası düzeyinde) risk değerlendirmesi yapmalıdır. Bu, bölge genelinde risk dağılışını gösteren ve kritik risk alanlarını vurgulayan haritalar üretmeyi gerektirmektedir. Örneğin, Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca Marmara'da yüksek sismik risk kuşağı haritalanacak; bu kuşak üzerindeki tüm yerleşimler ve altyapı BARAP'ta topluca ele alınacaktır. BARAP, her ilin tek tek risk haritalarını üst üste koymanın ötesinde, risklerin bölgesel bileşimini ve etkileşimini gösteren bütünleşik bölge risk haritaları oluşturacaktır. Bu sayede, bölge ölçeğinde "risk yoğunlaşma bölgeleri" (örneğin hem sanayi tesisleri hem nüfus yoğunluğu hem de deprem tehlikesi yüksek olan bölgeler) tespit edilebilir.

2.7.1.3 Risk Analiz Düzeyi

BARAP kapsamında yapılacak risk analizi, hem yatay (her bir tehlikenin bölge geneli için analizi) hem de dikey (iller arası etkileşimlerin analizi) boyutlara sahip olmalıdır. **Yatay analizde,** bir bölgeyi etkileyebilecek büyük deprem, sel, fırtına gibi tehlikelerin olasılık ve etki analizleri bölge ölçeğinde gerçekleştirilmelidir. **Dikey analizde ise,** bir afetten etkilenen bir ildeki durumun diğer illere yansıması değerlendirilmelidir. Örneğin, İstanbul'da büyük bir deprem olması durumunda Trakya ve Anadolu yönünde göç hareketleri olabilecektir; bu da Tekirdağ, Edirne, Kırklareli veya Sakarya, Kocaeli gibi komşu illerde barınma ve sosyal hizmet ihtiyacını artıracaktır.

BARAP, bu tür iller arası bağımlılıkları ve domino etkilerini analiz ederek, bölgesel risk azaltma stratejilerini buna göre kurgulamalıdır. Ayrıca, kritik altyapıların (otomasyon şebekeleri, enerji hatları, ulaşım koridorları, köprüler vb.) bölgesel önemi dikkate alınarak riskleri değerlendirmelidir. Örneğin, Marmara Bölgesi'nde elektrik şebekesi veya doğal gaz dağıtım ağları iller arası entegre olduğundan, bir ildeki kesinti tüm bölgeyi etkileyebilir; BARAP, bu altyapı risklerine bölgesel çözümler (örneğin yedeklilik, alternatif güzergahlar) planlamalıdır.

2.7.1.4 Kullanım Amacı

BARAP'ın temel kullanım amacı, bölgesel düzeyde iş birliği ve eşgüdümü sağlamak, böylece afet risklerini tekil il sınırlarının ötesinde, havza veya bölge bazında azaltmaktır. Bu plan, bir bölgede yer alan illerin risk azaltma çabalarını ortak bir vizyon altında birleştirerek şu amaçlara hizmet edebilir:

- **Ortak Risklerin ve Önceliklerin Belirlenmesi:** Bir bölge için en kritik risklerin neler olduğu ortak akılla belirlenebilir ve bölgedeki tüm paydaşlar tarafından paylaşılan öncelikler haline getirilebilir.
- **Kaynakların Verimli Kullanımı:** Bölgesel ölçekte düşünüldüğünde, risk azaltma için ayrılan kaynakların (bütçe, ekipman, insan gücü) en optimal şekilde kullanılması sağlanabilir. Bir ilde tek başına yapılması maliyetli veya zor olan bir proje, bölge çapında planlandığında daha gerçekleştirilebilir olabilir.

- **İller Arası Destek Mekanizmaları:** Afet anında iller arası yardımlaşma zaten müdahale planlarında (TAMP) öngörülmektedir; ancak afet öncesi risk azaltmada da iller arası destek ve öğrenme mekanizmaları da değerlidir. BARAP, başarılı risk azaltma uygulamalarının (en iyi uygulamalar) bölge içinde yaygınlaştırılmasını sağlayabilir.
- **Politika ve Mevzuat Uyumu:** BARAP sayesinde, afet risk azaltma konusunda bölgesel yaklaşımlar veya yönergeler geliştirilerek, her ilde benzer düzeyde önlemler alınması teşvik edilebilir.
- **Ulusal Plan ile Yerel Planlar Arasında Köprü:** BARAP, TARAP'ta belirlenen ulusal stratejilerin bölgesel ölçekte somutlaştırıldığı, ardından da il planlarına yansıtıldığı bir ara katman görevi görmesi beklenmektedir. Bu sayede, ulusal vizyon ile yerel eylemler arasında daha güçlü bir bağ kurulabilecektir.

2.7.1.5 İzleme ve Değerlendirme

BARAP önerilen bir model olduğu için, izleme ve değerlendirme yapısının da özgün bir tasarımı gereklidir. Muhtemel izleme mekanizmaları şöyle öngörülebilir:

- **Bölgesel Koordinasyon Kurulu:** Marmara Bölgesi'ndeki AFAD bölge başkanlığı, ilgili bakanlıkların bölge temsilcileri, büyükşehir belediyeleri ve valiliklerin temsilcilerinden oluşan bir kurul, BARAP eylemlerinin takibinden sorumlu olabilir. Bu kurul, belirli aralıklarla (örneğin yılda bir veya iki kez) toplanarak planın uygulama durumunu gözden geçirir.
- **İlerleme Göstergeleri:** BARAP için, TARAP ve İRAP'larda olduğu gibi ölçülebilir göstergeler tanımlanır. Örneğin, "Güçlendirilen kritik altyapı sayısı (bölge genelinde)", "Ortak gerçekleştirilen tatbikat sayısı" veya "Bölgesel erken uyarı sistem kapsama oranı" gibi göstergeler izlenerek planın performansı değerlendirilebilir.
- **Raporlama ve Geri Bildirim:** Her bir il, kendi İRAP'ında BARAP ile ilişkili olan eylemler hakkında bölgesel kurula raporlama yapabilir. Bölgesel kurul da ulusal düzeyde AFAD ve ilgili bakanlıklara durum raporu sunabilir. Böylece BARAP, TARAP'ın izleme sistemine entegre bir alt bileşen haline gelir. Aynı zamanda, BARAP'taki ilerleme ya da sorunlar, gerekli görülürse TARAP'ın revizyonuna veya illerdeki IRAP'ların güncellenmesine girdi sağlayabilir – yani çift yönlü bir geri besleme mekanizması oluşur.
- **Esneklik ve Güncelleme:** Afet riskleri dinamik olduğundan, BARAP da belirli dönemlerde güncellenecektir. Bölgesel plan olduğundan, örneğin her 5 yılda bir bölge risk değerlendirmesi yenilenip plana entegre edilebilir.

Bilimsel olarak bakıldığında, BARAP yaklaşımı çok düzeyli yönetişim ilkesine uygun bir modeldir. BARAP, afet yönetim sistemine yeni bir boyut ekleyerek Türkiye'nin bölgesel risk azaltma kapasitesini artırma potansiyeline sahiptir.

2.7.2 Modelin Temel Bileşenleri

Öngörülen model, afet risklerinin karmaşık doğasını ve birbirini tetikleyebilen etkilerini sistemik bir bakış açısıyla ele almakta ve dört temel ilke üzerine inşa edilmektedir. Modelin bilimsel temelleri, afet risk yönetimi literatüründe öne çıkan çoklu risk analizleri, mekânsal planlama yaklaşımları, toplum temelli dayanıklılık modelleri ve veri-temelli yönetim prensiplerinden beslenmektedir.

a) **Çoklu Tehlike ve Sistemik Risk Yaklaşımı:** Afet riskleri genellikle birden fazla tehlikenin örtüşmesi, bir tehlikenin diğerini tetiklemesi veya sosyal ve altyapı sistemlerindeki zayıflıklar nedeniyle zincirleme krizlere dönüşmektedir. Deprem-sonrası yangınlar, taşkınların yarattığı salgın hastalıklar veya sıcak dalgalarının enerji kesintilerine yol açması gibi örnekler bu durumu göstermektedir. Bu nedenle yeni model, afet risklerini birbirinden bağımsız değil, birbirine bağlı ve etkileyen sistemler olarak ele almakta; bu sistemik etkileşimleri risk azaltım stratejilerine entegre etmektedir.

b) **Risk Tabanlı Mekânsal Planlama ve Gelişim Yönetimi:** Geleneksel gelişim planları yerine, afet risklerini önceliklendiren mekânsal planlama yaklaşımı benimsenmelidir. Tehlike zonları (deprem, taşkın, tsunami riskli alanlar) doğrudan imar planlarına entegre edilerek, riskli bölgelerde yeni yapılaşma sınırlandırılmalı ve mevcut yerleşim alanlarında risk azaltımına yönelik dönüşüm stratejileri uygulanmalıdır. Mekânsal planlamada doğa-temelli çözümler (yeşil altyapılar, taşkın tampon alanları) öncelikli hale getirilmelidir.

c) **Toplum Temelli Risk Azaltımı ve Kapsayıcı Hazırlık:** Afetlere karşı gerçek dayanıklılık, toplumun aktif katılımı ve özellikle kırılgan grupların korunması ile sağlanabilir. Bu nedenle yeni model, mahalle bazlı afet risk analizlerini, toplum temelli hazırlık planlarını ve afet eğitim programlarını esas alarak, bireylerin ve toplulukların afet öncesi, sırası ve sonrasındaki kapasitesini artırmayı hedeflemektedir. Kapsayıcılık ilkesine özel vurgu yapılarak, yaşlılar, çocuklar, engelliler ve sosyoekonomik açıdan dezavantajlı gruplar için özel stratejiler geliştirilmelidir.

d) **Bilim-Tabanlı ve Veri-Temelli Karar Alma:** Afet risk azaltımı süreçlerinde kararlar, bilimsel analizlere, mekânsal veri modellerine ve dinamik güncelleme mekanizmalarına dayanmalıdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), uzaktan algılama teknolojileri, yapay zekâ destekli afet tahmin modelleri gibi ileri teknolojiler, afet risk analizi ve planlama süreçlerinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Ayrıca izleme ve değerlendirme mekanizmaları ile risk azaltım faaliyetlerinin etkinliği bilimsel olarak ölçülmeli ve dinamik şekilde iyileştirilmelidir.

Bu çerçeve, Türkiye'de afet risk azaltımının sadece fiziksel önlemlerle değil, sistemik, sosyal ve bilimsel temelli çok boyutlu bir yaklaşımla yönetilmesini sağlayacak; dirençli toplumlar ve sürekli öğrenen afet yönetimi sistemleri oluşturulmasına zemin hazırlayacaktır.

2.7.3 Uygulama Stratejileri

Bu bölümde, önerilen modelin uygulanabilirliğini sağlamak için gerekli stratejiler bilimsel temelli bir yaklaşımla ve detaylandırılarak sunulmuştur.

2.7.3.1 Çoklu Risk Tabanlı Ulusal Risk Yönetimi Reformu

Afet yönetimi, yalnızca tekil afet türlerine odaklanarak değil, birbirini tetikleyen ve etkileyen çoklu tehlikelerin sistemik yapısını anlayarak yeniden kurgulanmalıdır. Türkiye'nin farklı bölgelerinde depremler, taşkınlar, kuraklıklar, sıcak hava dalgaları ve endüstriyel kazalar gibi çoklu afetlerin bir arada meydana gelme olasılığı, ulusal düzeyde risk yönetim sistemlerinin entegre ve kapsayıcı bir yapıya kavuşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda:

- **Ulusal Çoklu Risk Platformu** kurulmalıdır. Bu platform; jeoloji, meteoroloji, hidrometeoroloji, çevre mühendisliği, şehir planlama, sağlık, enerji ve ulaşım gibi farklı disiplinlerden uzmanların katkısıyla çalışmalıdır. Platform, afet risklerini dinamik bir şekilde modelleyebilecek, veri entegrasyonu ve analizi yapabilecek teknolojik alt yapıya sahip olmalıdır. Platform, aynı zamanda afet risk azaltımı politikalarının oluşturulmasında bilimsel kanıta dayalı karar destek mekanizması olarak hizmet vermelidir.
- **Tüm iller için Çoklu Tehlike Risk Atlasları** hazırlanmalıdır. Bu atlaslar; deprem, taşkın, tsunami, kuraklık, sıcak hava dalgası ve teknolojik afet risklerini birlikte değerlendiren mekânsal ve sektörel analizleri içermelidir. Risk atlasları, mekânsal planlama, altyapı yatırımları, kentsel dönüşüm projeleri ve acil durum hazırlık planlarında temel referans doküman olarak kullanılmalıdır. Bu atlaslar yılda en az bir kez güncellenmeli ve değişen iklim koşulları, kentleşme dinamikleri ve altyapı gelişmeleri dikkate alınarak sürekli güncel tutulmalıdır.
- **Senaryo Bazlı Ulusal Erken Uyarı Sistemleri ve Tatbikat Planları** geliştirilmelidir. Erken uyarı sistemleri yalnızca sismik aktiviteleri değil, aşırı hava olaylarını, taşkınları ve teknolojik afetleri de kapsamalıdır. Bu sistemler, çoklu kanal üzerinden (mobil bildirimler, siren sistemleri, radyo/TV yayınları, internet platformları) çalışacak şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca ulusal düzeyde hazırlanacak "çoklu afet senaryoları" temelinde, yılda en az iki kez ulusal ve yerel ölçekte tatbikatlar düzenlenmeli, bu tatbikatlara kamu kurumları, özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve halkın aktif katılımı sağlanmalıdır. Tatbikat sonuçları bilimsel göstergelerle değerlendirilerek eksiklikler hızlıca giderilmelidir.

Bu reform adımları sayesinde Türkiye, afet risk yönetiminde bütüncül, esnek, veri destekli ve proaktif bir sisteme geçiş yapabilecek hem afet öncesi risk azaltımı hem de afet anında etkili müdahale kapasitesini güçlendirebilecektir.

2.7.3.2 Risk Tabanlı Mekânsal Planlama Reformu

Afet risk azaltımında mekânsal planlama, yalnızca kentsel büyüme ve altyapı gelişimi için bir araç değil, aynı zamanda riskleri minimize etmenin en kritik stratejik

mekanizması olmalıdır. Türkiye'nin coğrafi ve jeolojik koşulları göz önüne alındığında, risk tabanlı mekânsal planlama, mevcut ve gelecekteki yerleşim kararlarının afet dirençli bir perspektifle yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda:

- **Afet Risk Zonlarının İmar Planlarına Entegrasyonu**: Deprem, taşkın, heyelan, tsunami ve diğer afet tehlike alanları, ilgili kurumlarca bilimsel analizlerle belirlenmeli ve bu alanlar doğrudan imar planlarına entegre edilmelidir. Bu bölgelerde yapılaşma tamamen yasaklanmalı veya sadece afet riskine dayanıklı, düşük yoğunluklu ve tahliye imkânı yüksek yerleşimlere izin verilmelidir.
- **Kentsel Dönüşüm Süreçlerinde Risk Öncelikli Yaklaşım**: Kentsel dönüşüm projeleri, sadece fiziksel yenileme veya ekonomik değer artışı odaklı olmamalıdır. Öncelik, riskli alanlardaki yapı stokunun sismik direnç ve afet güvenliği açısından güçlendirilmesi ve toplumların daha güvenli bölgelere taşınması olmalıdır. Bu amaçla, dönüşüm projelerinde afet risk azaltımı performans kriterleri geliştirilmelidir.
- **Doğa-Temelli Çözümlerin Planlamaya Entegrasyonu**: Taşkın ve sel risklerine karşı nehir yataklarının eski haline döndürülmesi, taşkın tampon alanlarının oluşturulması, geçirgen yüzeylerin artırılması gibi doğa-temelli çözümler mekânsal planlamada önceliklendirilmelidir. Bu yaklaşımlar hem ekosistem hizmetlerini koruyacak hem de afet risklerini azaltacaktır.
- **Kıyı Alanlarının Risk Yönetimi Perspektifiyle Düzenlenmesi**: Tsunami ve deniz seviyesi yükselmesi riskleri göz önünde bulundurularak, kıyı alanlarındaki yapılaşma baskısı azaltılmalı, tahliye koridorları oluşturulmalı ve kıyı şeritlerinde doğal bariyerler güçlendirilmelidir.
- **Afet Odaklı Mekânsal Planlama Eğitim ve Sertifikasyon Programları**: Planlama uzmanlarının afet risklerini doğru analiz edebilmesi ve mekânsal kararları bu doğrultuda verebilmesi için afet risk analizi, afet odaklı mekânsal planlama ve iklim değişikliğine uyum konularında eğitim programları ve mesleki sertifikasyon süreçleri oluşturulmalıdır.

Bu reformlar sayesinde, mekânsal planlama süreçleri yalnızca büyüme ve gelişim odaklı değil; aynı zamanda toplumsal güvenlik, dirençlilik ve sürdürülebilirlik hedefleriyle entegre şekilde yürütülecektir. Böylece, afetlere karşı daha hazırlıklı, güvenli ve yaşanabilir şehirler inşa edilebilecektir.

2.7.3.3 Yerel Risk Azaltım Programları

Afet risklerinin azaltılmasında yerel düzeyde gerçekleştirilen çalışmalar, ulusal düzeydeki politika ve stratejilerin başarısı için kritik bir role sahiptir. Toplumların afetlere karşı dirençli hale gelmesi, doğrudan yerel kapasitelerin güçlendirilmesine, yerel dinamiklerin doğru analiz edilmesine ve halkın aktif katılımının sağlanmasına bağlıdır. Bu bağlamda, yerel düzeyde risk azaltım programlarının sistematik ve bilim temelli yöntemlerle geliştirilmesi elzemdir.

Mahalle Bazlı Afet Risk Planlarının Hazırlanması

- Her belediye, sınırları içindeki tüm mahalleler için tehlike tanımlaması, maruz kalma analizi, sosyal ve fiziksel kırılganlık değerlendirmesi gibi kapsamlı risk analizleri gerçekleştirmelidir.
- Planlar, afet öncesi risk azaltımı (yapı stoğu güçlendirme, tahliye planları), afet sırasında müdahale (toplanma alanları, acil hizmet noktaları) ve afet sonrası iyileştirme stratejilerini (geçici barınma ve güvenli geri dönüş planları) kapsamalıdır.
- Hazırlanan planlar, mahalle sakinlerinin katılımı ile geliştirilmeli ve yılda bir kez saha tatbikatları ile test edilmelidir.

Toplum Tabanlı Afet Destek Gruplarının Oluşturulması

- Gönüllülerden oluşan, afet süreçlerinde kritik ilk müdahaleyi organize edecek Toplum Tabanlı Afet Destek Grupları kurulmalıdır.
- Bu gruplar ilk yardım, hafif arama kurtarma teknikleri, afet anı iletişimi ve psikososyal destek alanlarında eğitilmeli, eğitim sonrası sertifikalandırılmalıdır.
- Yerel afet planlarında bu gruplara roller tanımlanmalı ve resmi afet yönetim mekanizmalarıyla eşgüdüm içinde çalışacak yapılar kurulmalıdır.

Mahalle Afet Merkezlerinin Kurulması

- Mahalle düzeyinde afet eğitimi, bilgilendirme, koordinasyon ve tahliye planlaması için Mahalle Afet Merkezleri kurulmalıdır.
- Bu merkezlerde acil durum için temel ilk yardım malzemeleri, haberleşme cihazları, tahliye planları, yerel kaynak envanterleri ve geçici barınma ekipmanları bulundurulmalıdır.
- Afet anında mahalle sakinlerinin toplanma, bilgi alma ve koordinasyon merkezi işlevi görecek şekilde tasarlanmalıdır.

Sosyal Kapsayıcılık Esaslı Programlar

- Yaşlılar, çocuklar, engelliler, köyden kente göç edenler ve diğer dezavantajlı gruplar için afet risk azaltım programlarında özel eylem planları hazırlanmalıdır.
- Tahliye ve barınma planlarında bu gruplara öncelikli müdahale ve destek mekanizmaları geliştirilmelidir.
- Toplum temelli eğitim programlarında kapsayıcılık ilkesi vurgulanmalı ve farkındalık çalışmaları dezavantajlı gruplara özel uyarlanmalıdır.

Bu uygulamalar sayesinde afet risk azaltımı sadece teknik altyapı üzerinden değil, toplumun dayanıklılığını ve öz-yeterliliğini artıracak şekilde yönetilecek, mahalle düzeyinden başlayarak ulusal dirençlilik yapısı güçlendirilecektir. Afet risklerinin azaltılmasında yerel düzeyde gerçekleştirilen çalışmalar, ulusal düzeydeki politika ve stratejilerin başarısı için kritik bir role sahiptir.

2.7.3.4 Kritik Altyapı Direncinin Artırılması

Afetlerin doğrudan ve dolaylı etkileri, yalnızca yapı stoğu üzerinde değil, aynı zamanda elektrik, su, doğal gaz, ulaşım ve iletişim gibi kritik altyapı sistemleri üzerinde de yıkıcı sonuçlar doğurmaktadır. Kritik altyapılarda oluşan kesintiler, afet anında arama-kurtarma, tahliye, iletişim ve temel hizmetlerin sunumu gibi hayati faaliyetleri aksatmakta, toplumun afet sonrası toparlanma sürecini ciddi şekilde zora sokmaktadır. Bu nedenle kritik altyapı dirençliliği, afet yönetim sistemlerinin merkezine yerleştirilmelidir.

Kritik Altyapı Direnci Standartlarının Oluşturulması

- Elektrik santralleri, su arıtma tesisleri, doğal gaz boru hatları, hastaneler, veri merkezleri ve ulaşım güzergâhları gibi kritik tesisler için, ulusal ve uluslararası afet dayanıklılık standartları esas alınarak teknik düzenlemeler yapılmalıdır.
- Kritik altyapı yatırımlarında, sismik dayanım analizi, taşkın ve sel risk analizleri, ısı dalgası ve kuraklık etkileri gibi çoklu afet risk değerlendirmeleri zorunlu tutulmalıdır.
- Mevcut altyapılarda köklü iyileştirme projeleri başlatılmalı; yapısal güçlendirme, sistem optimizasyonu ve erken uyarı destekli otomasyon sistemleri entegrasyonu sağlanmalıdır.

Yedekleme ve Alternatif Sistemlerin Geliştirilmesi

- Stratejik şehir merkezlerinde ve kritik tesislerin bulunduğu bölgelerde, afet anlarında devreye girecek yedek enerji üretim üniteleri, mobil su temin istasyonları ve uydu tabanlı iletişim sistemleri kurulmalıdır.
- Enerji iletim ve su dağıtım ağlarında çift yönlü akış sistemleri tasarlanarak herhangi bir hattan kesinti yaşandığında alternatif hatlar üretilmelidir.
- Kritik altyapı için lojistik destek üzerinden alternatif rota planlaması ve acil yedek servis hizmetleri modeli geliştirilmelidir.

İklim Değişikliği Uyumlu Altyapı Tasarımı

- Su temin sistemleri, barajlar, kanalizasyon ağları ve taşkın koruma yapıları, iklim değişikliği senaryoları (artan taşkın frekansı, aşırı yağışlar, kuraklık dönemleri) dikkate alınarak yeniden projelendirilmelidir.
- Su baskınlarına karşı kent içi gecikmeli drenaj sistemleri, yeşil altyapı temelli su tutma alanları ve selleri yönlendiren açık yeşil koridorlar oluşturulmalıdır.
- Elektrik üretiminde çeşitliliğin artırılması için, özellikle yerel ölçekte güneş, biyokütle ve rüzgar enerjisi projeleri desteklenerek afetlere dayanıklı enerji altyapıları kurulmalıdır.

Kritik Altyapı Risk İzleme ve Performans Değerlendirme

- Tüm kritik altyapı tesisleri için afet risk skorlaması yapılmalı, bu skorlar kamuoyuna açıklanarak şeffaflık sağlanmalıdır.
- Periyodik olarak saha denetimleri ve dayanıklılık tatbikatları yapılmalı; afet senaryoları altında sistem performansı test edilmelidir.
- Kritik altyapı yönetim birimleri için "afete hazırlık sertifikası" sistemi getirilerek, altyapı yönetiminin afet dayanıklılığını artırmaya yönelik eğitim ve denetimlere tabi tutulması sağlanmalıdır.

Bu stratejiler doğrultusunda, Türkiye kritik altyapılarda afet direncini önemli ölçüde artırarak afet anlarında ve sonrasında toplumsal hizmet sürekliliğini garanti altına alabilecek; ekonomik ve sosyal toparlanmayı hızlandırabilecek bir yapıya kavuşacaktır.

2.7.3.5 Bilim ve Veri Tabanlı Yönetim

Modern afet risk azaltım stratejileri, karar alma süreçlerinde bilimsel temellere dayanan, güncel ve güvenilir veri kaynakları kullanan bir yönetim anlayışını zorunlu kılmaktadır. Risklerin doğru analiz edilmesi, kaynakların etkin dağıtılması ve alınan önlemlerin etkinliğinin ölçülmesi için veri temelli karar destek mekanizmalarının oluşturulması kritik önem taşımaktadır. Türkiye'de afet risk azaltımı çalışmalarında kalıcı bir başarı sağlanabilmesi için, bilim ve veri tabanlı yönetim sistemlerinin güçlendirilmesi gerekmektedir.

Ulusal Afet Veri Platformlarının Oluşturulması

- Türkiye genelinde afetlere ilişkin tüm verilerin (deprem verileri, taşkın alanları, heyelan riski bölgeleri, kuraklık analizleri, sosyal kırılganlık indeksleri, altyapı envanterleri, kritik tesis konumları) bütünleşik bir yapıda toplanacağı Ulusal Afet Veri Platformları oluşturulmalıdır.
- Platform, gerçek zamanlı veri güncellemeleri yapabilecek altyapıya sahip olmalı, farklı kurumların verilerini entegre edecek ortak standartlara göre tasarlanmalıdır.
- Açık veri ilkesi benimsenerek, kamu kurumlarının, yerel yönetimlerin, özel sektörün, akademinin ve sivil toplum kuruluşlarının erişimine sunulmalı; veri gizliliği ve güvenliği ilkeleri doğrultusunda kullanıcı yönetim protokolleri belirlenmelidir.
- Veriler, afet risk analizleri, müdahale planlaması, altyapı yatırımları ve toplumsal farkındalık çalışmaları için kullanılabilecek şekilde kategorize edilmelidir.
- Veri platformu aynı zamanda karar vericilere yönelik dinamik raporlama ve görselleştirme araçlarıyla desteklenerek, afet risk azaltım stratejilerinin bilimsel veriler ışığında güncellenmesini mümkün kılmalıdır.

- Afetlerle ilgili tüm verilerin (deprem verileri, taşkın haritaları, sosyal kırılganlık analizleri, altyapı envanterleri) entegre edileceği Ulusal Afet Veri Platformları kurulmalıdır.
- Bu platformlar açık veri ilkesiyle çalışmalı, kamu kurumları, yerel yönetimler, özel sektör ve akademi için erişilebilir olmalıdır.
- Verilerin güncelliği, doğruluğu ve standardizasyonu sağlanmalı; veri paylaşım protokolleri net şekilde tanımlanmalıdır.

CBS/GIS, Uzaktan Algılama ve Yapay Zeka Destekli Risk Analizi Sistemlerinin Geliştirilmesi

- Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (RS) teknolojileri kullanılarak afet risk haritaları, kentsel kırılganlık analizleri, altyapı risk modellemeleri ve senaryo bazlı tehlike tahminleri geliştirilmelidir.
- CBS tabanlı analizlerde yüzey deformasyonu, arazi kullanım değişiklikleri, su taşkını yataklarının izlenmesi gibi özel tematik analizler yapılmalı, afet risk zonları detaylı olarak haritalanmalıdır.
- Uzaktan algılama verileri (uydu görüntüleri, LiDAR verileri, insansız hava aracı (drone) verileri) ile arazi özellikleri, bina yükseklikleri, su seviyeleri gibi kritik parametreler düzenli olarak izlenmelidir.
- Yapay zeka ve makine öğrenmesi algoritmaları ile afet risk tahmin modelleri geliştirilmeli; özellikle çoklu afet senaryoları için erken uyarı sistemleri, afet etki tahmin sistemleri ve kaynak önceliklendirme analizleri desteklenmelidir.
- Yerel yönetimler ve ilgili kurumlar, CBS ve yapay zeka destekli sistemlerin kullanımı konusunda kapasite geliştirme programlarına dahil edilerek teknik uzmanlıkları artırılmalıdır.

Performans Odaklı İzleme-Değerlendirme Sistemlerinin Kurulması

- Tüm afet risk azaltım projeleri için kapsamlı ve ölçülebilir performans göstergeleri tanımlanmalıdır. Bu göstergeler; risk azalım yüzdesi, afet anında müdahale sürelerinin kısaltılması, hizmet kesinti sürelerinin azaltılması, tahliye planlarının uygulanabilirlik oranı ve toplum bazlı hazırlık seviyesinin artışı gibi nicel ve nitel parametreleri kapsamalıdır.
- İzleme-değerlendirme sistemleri, afet risk azaltım stratejilerinin etkinliğini yıllık ve orta vadeli periyotlarla analiz etmeli, performans verilerine dayalı şeffaf raporlar oluşturmalıdır. Bu raporlar, kamuoyuna açık hale getirilerek toplumsal hesap verebilirlik sağlanmalıdır.
- İzleme sonuçları, risk azaltım planlarının dinamik bir yapıya kavuşmasını desteklemeli; gelişen riskler, iklim değişiklik senaryoları ve yeni sosyoekonomik şartlar doğrultusunda planların periyodik olarak revize edilmesini zorunlu kılmalıdır.

Bilim-Politika İşbirliğinin Güçlendirilmesi

- Akademik araştırmaların, saha gözlemlerinin, teknik raporların ve afetlere ilişkin bilimsel veri setlerinin politika yapım süreçlerine sistematik ve sürekli bir şekilde entegre edilmesi sağlanmalıdır.
- Bilim insanları, şehir plancıları, mühendisler, sosyal bilimciler ve politika yapıcılar arasında disiplinler arası bilgi paylaşımını ve ortak çalışma platformlarını teşvik edecek resmi mekanizmalar kurulmalıdır.
- Ulusal ve yerel afet yönetimi stratejileri, bilimsel kanıtlara dayalı analizlerle şekillendirilmeli; geliştirilen her risk azaltım politikasının arkasında güncel araştırma bulguları ve veri temelli çıkarsamalar bulunmalıdır.
- Bilim-politika diyaloğunu sürekli kılmak için yıllık afet risk azaltım konferansları, çalıştaylar ve bilimsel danışma kurulları organize edilmelidir.
- Toplumun afet risk azaltım çalışmalarına olan güvenini artırmak için, bilime dayalı karar alma süreçleri şeffaf bir biçimde kamuoyuyla paylaşılmalı ve bilim insanlarının rolü kamuoyu bilgilendirme çalışmalarıyla vurgulanmalıdır.

Bu adımlar sayesinde Türkiye, afet yönetimi süreçlerinde bilimsel bilgiye dayalı, veri destekli ve uyarlanabilir bir sistem inşa ederek riskleri daha etkili şekilde azaltacak ve afetlere karşı daha dayanıklı bir toplum yapısı oluşturabilecektir.

2.7.4 Türkiye İçin Bölgesel Bazlı Teknolojik Risk Azaltma Model Önerisi: BARAP 1.0

Uluslararası afet yönetimi modelleri ile Sendai Çerçevesi ve 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda şekillendirilen Bölgesel Afet Risk Azaltma Planları (BARAP) için Türkiye özelinde geliştirilecek olan "BARAP 1.0" yaklaşımı, afet risklerini yalnızca doğal olaylarla sınırlı bir şekilde ele almak yerine, kapsamlı bir risk yönetimi paradigmasını benimsemelidir. Bu yaklaşım, tehlike, maruz kalma ve kırılganlık unsurlarını dikkate alan çok boyutlu bir analiz çerçevesi sunmalıdır. Örneğin, meteorolojik olaylardan kaynaklanan riskler, iklim değişikliği projeksiyonları ile ilişkilendirilerek uzun vadeli etkiler incelenmeli; sosyal, ekonomik ve çevresel kırılganlıklar bu analizlerin temel bileşenleri olarak entegre edilmelidir.

BARAP 1.0, mekânsal analiz ve ileri teknolojilerle desteklenmiş bir karar destek sistemi olarak, afet öncesi, sırası ve sonrasını kapsayan bütüncül bir yönetim modeli sunmalıdır. Sistem, mekânsal karar destek araçlarının yanı sıra yapay zekâ algoritmaları ve makine öğrenimi modelleri ile desteklenerek, geçmiş afet verilerinden öğrenen ve gelecekteki olası senaryoları tahmin edebilen dinamik bir yapı oluşturmalıdır. Ayrıca, bu çerçeve, yapı stoku analizlerinden demografik profillere, altyapı bağımlılıklarından ekosistem hizmetlerine kadar çok katmanlı veri setlerini entegre ederek çok disiplinli bir risk değerlendirme sürecine olanak sağlamalıdır.

Bu model, sadece afet sonrası müdahaleyi değil, aynı zamanda risk azaltmayı ve dirençliliği artırmayı hedefleyen önleyici politikalar geliştirilmesine de rehberlik etmelidir. Özellikle, kırılgan grupların risklere karşı savunmasızlığını azaltabilecek sosyal programlar ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine entegre edilmiş afet dirençliliği stratejileri, BARAP 1.0'ın ana unsurları arasında yer almalıdır. Ayrıca, yerel ve ulusal düzeydeki paydaşlar arasında veri paylaşımı ve iş birliğini teşvik eden açık bir platform oluşturularak afet yönetiminde şeffaflık ve etkinlik artırılmalıdır.

2.7.4.1 CBS/GIS destekli dinamik risk haritalaması

Yeni nesil BARAP modeli, mekânsal karar destek sistemlerinin (CBS) afet risk planlamasında sadece haritalama aracı olarak değil, aynı zamanda mekânsal analiz, senaryo üretimi ve karar verme süreçlerinin temel bileşeni olarak yeniden konumlandırılmasını öngörmektedir. Bu yaklaşım, afet yönetiminin her aşamasında, yani hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerinde kullanılabilecek dinamik ve entegre bir altyapı sunmayı hedeflemektedir. BARAP modeli, mekânsal analizlere dayanarak risklerin daha etkin bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanırken, aynı zamanda farklı paydaşlar arasında veri paylaşımı ve iş birliğini güçlendiren bir platform oluşturmayı amaçlamaktadır. Özellikle, risk tahminleri ve senaryo planlamaları yaparak gelecekteki olası tehlikeler karşısında önleyici tedbirlerin alınmasına yönelik stratejiler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. CBS'nin etkin kullanımı, yapı stoğu, demografik veriler ve iklim değişikliği etkileri gibi çok katmanlı veri setlerini entegre ederek, afetlere karşı daha dirençli bir toplum oluşturmayı mümkün kılmaktadır.

a) Her ilin afet risk profili, tehlike, maruz kalma ve kapasite göstergelerine dayalı olarak detaylı CBS analizleriyle oluşturulmalıdır. Yapı stoğu, demografik yapı, altyapı bağımlılıkları, sosyal kırılganlık ve iklim değişikliği senaryoları katmanlar hâlinde entegre edilmelidir.

b) Bu risk profilleri, afet türlerine özgü müdahale, tahliye ve iyileştirme senaryoları ile birlikte geliştirilmelidir. Senaryolar, her yıl güncellenen veri setleri ve sahada doğrulanmış göstergelerle sürekli iyileştirilmelidir.

c) Dinamik risk haritaları, mobil uygulamalar ve çevrim içi platformlar aracılığıyla kamuoyuna açık olarak sunulmalı ve planlama süreçlerine toplumsal katılım teşvik edilmelidir.

2.7.4.2 Entegre teknolojik altyapı ve erken uyarı sistemleri

BARAP 1.0, yalnızca statik analizlere değil, aynı zamanda gerçek zamanlı veri akışı, çoklu sensör sistemleri ve yapay zekâ destekli karar algoritmalarıyla çalışan entegre sistemler üzerine kurulmalıdır. Bu entegre sistemler, afet risklerini önceden tahmin etmek, kaynakların etkin tahsisini sağlamak ve acil durum müdahale süreçlerini optimize etmek amacıyla sürekli veri toplama ve analiz yapacak şekilde tasarlanmalıdır.

Ayrıca, bu sistemler yerel yönetimlerden ulusal düzeydeki kurumlara kadar tüm paydaşların veri paylaşımı ve iş birliğini kolaylaştıracak bir altyapıyla desteklenmelidir.

a) AYDES gibi ulusal karar destek sistemleri, afet türlerine göre özelleştirilmiş modüllerle güçlendirilmeli ve tüm kamu kurumlarının veri setlerini ortak bir platformda işleyebilecek bütünleşik yapıya kavuşturulmalıdır.

b) Erken uyarı sistemleri; meteoroloji, jeoloji, hidroloji, ormancılık, ulaştırma ve enerji verilerini birlikte değerlendiren çoklu sensör sistemleri ile desteklenmelidir. Bu sistemler, afetin türüne ve yayılma hızına göre farklı bildirim protokolleriyle çalışmalı ve yerel yönetim sistemlerine doğrudan entegre edilmelidir.

c) Yapay zekâ ve makine öğrenimi modelleri, geçmiş afet verilerini analiz ederek risk tahmin modelleri üretebilmeli; bu modeller afet öncesi hazırlık, kaynak tahsisi ve tahliye planlamasında karar destek aracı olarak kullanılmalıdır.

2.7.4.3 Yönetimsel ve kurumsal reformlar

BARAP 1.0, kurumsal yapının yatay ve dikey bütünleşmesini sağlarken; bilimsel temelleri güçlü, çok aktörlü bir yönetişim yapısını benimsemelidir. Bu yapı, afetlerin karmaşık dinamiklerini anlayarak erken uyarı ve risk değerlendirme süreçlerinde çok disiplinli bir yaklaşımı teşvik etmelidir. Özellikle CBS ve veri analitiği teknolojileri, afet risklerinin farklı mekânsal ve zamansal ölçeklerde simülasyonu için kullanılmalı, bu simülasyonlar hem yerel hem de ulusal karar vericilere gerçek zamanlı çözümler sunabilmelidir. Kurumsal entegrasyon, sadece teknik açıdan değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik bağlamda da ele alınmalıdır. Afet yönetiminde etkinlik sağlamak adına, kamu kurumları, özel sektör ve üniversiteler arasındaki iş birliği mekanizmaları bilimsel modellerle desteklenmeli; bu mekanizmalar, risk tahminleri ve kaynak tahsisindeki değişkenlikleri daha tutarlı şekilde ele alabilmek için sürekli veri akışı ve analitik süreçler üzerine inşa edilmelidir. Ayrıca yapay zekâ ve makine öğrenimi algoritmaları, gelecekteki afet senaryolarını doğrulukla modelleyerek karar destek sistemlerine entegre edilmelidir.

Bu bilimsel altyapı, bölgesel ve yerel düzeydeki aktörlerin yetkinliklerini artırarak, aynı zamanda afet yönetimi süreçlerine daha fazla katılım sağlayan bir ekosistem oluşturmayı hedeflemelidir. BARAP'ın bu yaklaşımı, toplumsal dayanıklılığın artırılmasına yönelik sistematik bir değişimi desteklerken, bilgiye dayalı karar verme süreçlerinin sürdürülebilirliğini garanti altına alacaktır.

a) İl Afet Müdahale Planları ile uyumlu, ancak bölgesel çapta eşgüdüm sağlayan "Bölgesel Afet Yönetim Konseyleri" kurulmalı ve bu konseylerde kamu, özel sektör, sivil toplum, üniversiteler ve medya temsilcilerine yer verilmelidir.

b) BARAP uygulamaları, performans göstergeleri (KPI), denetim sistematiği ve yıllık revizyon zorunluluğu ile sürekli izlenmeli ve ulusal düzeyde kurulan bir "Afet Planları Kalite Değerlendirme Kurulu" tarafından izlenebilir olmalıdır.

c) Belediyelere, BARAP uygulamalarında teknik destek sağlayacak şekilde CBS ve risk yönetimi konusunda uzmanlaşmış birimler kurulmalı ve finansal teşvik mekanizmalarıyla desteklenmelidir.

2.7.4.4 Toplum-tabanlı dayanıklılık ve eğitim stratejileri

Afetlere karşı dirençli toplumların inşası, yalnızca teknik altyapı yatırımlarıyla değil, bireylerin, toplulukların ve kurumların afetlere hazırlık, müdahale ve iyileşme süreçlerindeki bilgi ve becerilerinin artırılmasıyla mümkündür. Bu dönüşüm; eğitim, iş birliği ve ileri teknoloji kullanımının toplum geneline yayılmasını gerektirir. Eğitim programları, afet risklerini anlamaya yönelik bilimsel temelleri içermeli; topluluklar, afet yönetiminin tüm aşamalarında aktif şekilde yer almalıdır. Aynı zamanda, sosyal dayanışma ağlarının güçlendirilmesi ve afet bilincinin toplumsal bir davranış normu haline gelmesi, uzun vadeli dayanıklılık için kritik öneme sahiptir.

a) Her mahallede yerel afet gönüllüleri tarafından hazırlanacak “Mahalle Afet Eylem Planları” geliştirilmeli, bu planlar okul, cami, pazar yeri gibi sosyal merkezlerde uygulamalı tatbikatlarla test edilmelidir.

b) “Afet Okuryazarlığı” kavramı ulusal bir kampanyaya dönüştürülmeli; çocuklar için oyun temelli uygulamalar, gençler için dijital simülasyonlar, yetişkinler için uzaktan eğitim modülleri geliştirilmelidir.

c) Üniversitelerde afet yönetimi, CBS, iklim değişikliği ve risk analitiği konularında disiplinler arası lisans ve lisansüstü programlar artırılmalı; bu programlar BARAP uzmanlık alanları olarak tanımlanmalıdır.

2.7.4.5 Açık veri politikası ve katılımcı planlama

Afet yönetiminde veriye erişim hakkı, yalnızca şeffaflık ilkesinin bir gereği olarak ele alınmamalı, aynı zamanda toplumsal dirençliliği artıran kritik bir stratejik unsur olarak görülmelidir. Bu bağlamda, açık veri politikaları, afet risk yönetiminde çok paydaşlı katılımı teşvik ederek bilgi tabanlı karar alma süreçlerine olanak tanır. Verilerin akademik çevreler, özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve yerel yönetimler tarafından yeniden kullanımı, yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine ve uygulamaya yönelik iş birliklerini güçlendirebilir.

Bölgesel afet yönetiminde, mekânsal veri setlerinin (örneğin, risk haritaları, kırılganlık analizleri ve tahliye rotaları) erişilebilir hale getirilmesi, yalnızca mevcut risklerin daha iyi anlaşılmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda erken uyarı sistemlerinin etkinliğini artırır ve toplum temelli risk azaltımı faaliyetlerinin temelini oluşturur. Örneğin, mekânsal verilerin açık veri portalları üzerinden paylaşılması, yerel toplulukların kendi risklerini görselleştirmelerine ve afet öncesi bireysel ve kolektif eylem planları geliştirmelerine olanak sağlayabilir.

Dahası, bu tür açık veri stratejileri, afet riski azaltımını destekleyen disiplinler arası akademik araştırmaların önünü açarak, kentsel planlama, iklim değişikliği uyumu ve sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle ilişkili yenilikçi uygulamaların

geliştirilmesini teşvik edebilir. Veriye erişimin kolaylaştırılması, aynı zamanda teknolojik araçların ve yapay zeka destekli analizlerin afet senaryolarında daha etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanır.

Sonuç olarak, açık veri politikalarının benimsenmesi, yalnızca afet yönetim sürecini daha kapsayıcı ve şeffaf hale getirmekle kalmaz, aynı zamanda toplumların afetlere karşı daha dirençli ve hazırlıklı bir yapıya kavuşmasını sağlar. Bu yaklaşım, toplumun tüm kesimlerinde dayanıklılık kültürünün yaygınlaştırılması ve karar alma süreçlerinin daha bilimsel temellere dayandırılması için hayati bir adımdır.

a) BARAP tarafından üretilen mekânsal veri setleri (risk haritaları, kırılganlık analizleri, tahliye rotaları vb.) açık veri portallarında paylaşılmalı; bu verilerden akademik çalışmalar ve yenilikçi uygulamalar üretilecek bir ekosistem kurulmalıdır.

b) Katılımcı planlama, yalnızca görüş alma düzeyinde değil, karar alma süreçlerine yurttaşların dâhil olabileceği platformlarla (ör. yerel BARAP forumları) kurumsallaştırılmalıdır.

2.7.5 BARAP İçin Yol Haritası

BARAP 1.0 modeli, Türkiye'nin afet risk yönetimi sistemini dönüştürmeyi amaçlayan kapsamlı ve yenilikçi bir çerçeve sunmaktadır. Bu model, yalnızca AFAD'ın merkezi kapasitesine değil, aynı zamanda yerel yönetimlerin, üniversitelerin, sivil toplum kuruluşlarının ve bireylerin aktif katılımını içeren çok boyutlu bir yapıya sahiptir. Model, Sendai Çerçevesi'nin dört temel bileşeni olan afet risklerinin anlaşılması, risk yönetişiminin güçlendirilmesi, risk azaltımı için yatırımların artırılması ve afetlere hazırlık kapasitesinin geliştirilmesi ile doğrudan uyumlu bir şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca, Paris İklim Anlaşması'nın iklim dirençliliği hedefleri ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG 2030) ile bütünleşik bir biçimde ele alınmalıdır.

BARAP 1.0, mekânsal planlamadan çevresel değerlendirmelere, sosyal kalkınmadan teknoloji kullanımına kadar birçok disiplini entegre eden bir yönetim paradigması sunmaktadır. Örneğin, mekânsal analiz araçlarıyla oluşturulan detaylı risk haritaları ve kırılganlık analizleri, yüksek riskli bölgelerdeki öncelikli müdahale alanlarını netleştirirken, tahliye rotalarının ve erken uyarı sistemlerinin optimize edilmesiyle afet sırasında güvenliğin maksimum düzeye çıkarılması hedeflenebilir. Bunun yanında, modelde yer alan veri tabanlı karar verme süreçleri, yapay zeka destekli analizlerle desteklenerek daha öngörülü ve etkili bir yönetim mekanizması oluşturabilir.

Afet yönetimi perspektifinden bakıldığında, BARAP 1.0 yalnızca teknik bir planlama enstrümanı değil, aynı zamanda toplum temelli bir risk azaltım stratejisi olarak da tanımlanabilir. Bu bağlamda, sosyal bilimlerin katkısıyla toplumsal farkındalığı artıran programlar, bireylerin ve toplulukların afet öncesi, sırası ve sonrasında dayanıklılıklarını artırmayı hedeflemelidir. Örneğin, eğitim programları,

oyun tabanlı simülasyonlar ve dijital platformlar üzerinden topluma afet okuryazarlığı kazandırılabilir. Sonuçta BARAP 1.0 modeli, Türkiye'nin afetlere karşı dirençli bir toplum oluşturma hedefini mekânsal, kurumsal ve toplumsal boyutlarda somutlaştıran bir vizyon olarak öne çıkmaktadır. Bu model, bilimsel temellere dayalı karar alma süreçleri, geniş çaplı katılım mekanizmaları ve çok disiplinli yaklaşımlarla, Türkiye'nin afet direnci inşa etme kapasitesini önemli ölçüde artıracaktır.

2.7.5.1 Politika ve mevzuat uyumlaştırması

Türkiye'de afet yönetimi ile ilgili politika ve yasal düzenlemelerin güncel afet risk profilleri ile uyumlu hâle getirilmesi gereklidir. BARAP 1.0 modeli, afet risk azaltımını mekânsal planlamanın, çevresel değerlendirmelerin ve sosyal kalkınmanın ayrılmaz bir bileşeni olarak gören bütüncül bir politika çerçevesi önermektedir. Bu bağlamda:

- 7269 ve 5902 sayılı yasaların revize edilerek BARAP'ların hukuki çerçevesini belirleyen özel maddelerle güçlendirilmesi,
- Mahalli İdareler Kanunu'na afet risk planlaması konusunda yerel yönetimlere teknik sorumluluklar yükleyecek ek düzenlemelerin yapılması,
- BARAP'ların Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED), Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) ve Mekânsal Planlama İzin süreçlerine entegre edilmesi gereklidir.

2.7.5.2 Kurumsal kapasite ve koordinasyon mekanizmaları

BARAP 1.0'in başarılı bir şekilde uygulanabilmesi, çok aktörlü ve çok düzeyli bir yönetişim yapısının kurulmasına bağlıdır. Türkiye'de merkeziyetçi yapı, afet yönetiminde koordinasyon gücü sağlarken; yerel düzeydeki özgünlüklerin planlara yansıtılamaması riskini de beraberinde getirmektedir. Bu sorunun çözümü için önerilen stratejiler:

- Her ilde AFAD koordinasyonunda çalışan ve yerel yönetimlerin teknik birimlerinin aktif katılımıyla işleyen BARAP Çalışma Grupları oluşturulmalıdır.
- Üniversiteler, ilgili meslek odaları (örneğin TMMOB), Kızılay, AKUT gibi sivil yapıların aktif bilgi ve kaynak girdisi sağlayacağı il düzeyinde Danışma Kurulları kurulmalıdır.
- Bu yapılar, yılda en az bir kez bölgesel afet tatbikatlarının eşgüdümünü sağlamalı ve afet risk senaryolarına göre kapasite değerlendirmeleri yapmalıdır.

2.7.5.3 Teknolojik yatırımlar ve veri ekosistemi oluşturulması

Teknoloji, BARAP 2.0'ın en güçlü kaldıraçlarından biri olmalıdır. Veri temelli afet yönetimi, yalnızca riskin nerede olduğunu bilmekle değil, bu riske ne zaman ve nasıl müdahale edileceğini modelleyebilmekle ilgilidir:

- TÜBİTAK, BTK, üniversiteler ve özel yazılım firmalarıyla iş birliği içinde geliştirilecek "Ulusal Afet Risk Modelleme Platformu" kurulmalıdır. Bu platform, tüm BARAP belgeleri ile entegre çalışacak şekilde, her ilin dinamik risk profillerini, kırılganlık göstergelerini ve kapasite haritalarını içermelidir.
- Yapay zekâ destekli analiz sistemleri, geçmiş afet verilerinden öğrenerek erken uyarı sistemlerini otomatikleştirecek karar destek algoritmaları üretmelidir.
- Yerel düzeyde uydu görüntüleri, mobil uygulamalar, drone destekli taramalar ve IoT sensörleri ile veri güncellenebilirliği sağlanmalıdır.

2.7.5.4 Sürdürülebilirlik, izleme ve finansman stratejisi

Bir afet planının hayata geçirilebilmesi, sadece tasarımının değil; sürdürülebilirliğinin, izlenebilirliğinin ve finanse edilebilirliğinin de garanti altına alınmasıyla mümkündür:

- BARAP uygulamaları için merkezi yönetim tarafından ayrılan ödeneklerin yanı sıra, her belediyenin yıllık bütçesine risk azaltım projeleri için sabit bir pay ayırması zorunlu hâle getirilmelidir.
- Belli periyotlarda "Ulusal Afet Risk Azaltım Uygulama Raporu" hazırlanmalı; bu rapor, performans göstergeleri üzerinden tüm illeri karşılaştırmalı biçimde değerlendirmeli ve iyi örnekleri ödüllendiren teşvik mekanizmaları içermelidir.
- Ayrıca, özel sektör iş birliğine açık "Afet Dayanıklılığı Yatırım Fonu" oluşturularak, BARAP kapsamında belirlenen öncelikli projelere kamu-özel ortaklığı modeliyle finansman sağlanmalıdır.

2.7.5.5 Afet kültürü, eğitim ve toplumsal katılımın güçlendirilmesi

Toplumsal afet direncinin en zayıf halkası, çoğu zaman bilgi eksikliği değil; bilgiye ulaşmanın yollarının ve motivasyonun eksikliğidir. Bu nedenle:

- Ulusal çapta "Afet Bilinci Seferberliği" başlatılmalı, afet eğitimleri yalnızca okullarda değil, iş yerlerinde, spor kulüplerinde, ibadethanelerde ve kamu binalarında zorunlu hâle getirilmelidir.
- Yüksek riskli mahalleler için yerel afet liderlerinin yetiştirileceği "Toplum Temelli Afet Akademileri" kurulmalıdır.
- BARAP süreçleri, toplumu yalnızca bilgilendirmek değil, aynı zamanda karar alma süreçlerine dâhil etmek amacıyla tasarlanmalı; planlama süreci açık oturumlar, dijital anketler, katılımcı haritalama çalışmaları ile desteklenmelidir.

2.8 MARAP Projesinin Gerekliliğine Dair Mevzuat Temelli Gerekçelendirme

Türkiye, jeolojik, meteorolojik ve teknolojik afetlerin sıkça yaşandığı, afetlere karşı kırılgan bir yapıya sahip ülkelerden biridir. Ülkenin farklı coğrafyalarında heyelanlar, seller, kuraklık, deprem gibi doğal afetlerin yanı sıra, endüstriyel kazalar ve altyapı sistemlerinde yaşanan teknolojik felaketler önemli bir risk oluşturmaktadır. Bu afetlerin sıklığı ve şiddeti, bölgesel ve ulusal düzeyde ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan büyük kayıplara neden olmaktadır. Özellikle Marmara Bölgesi, Türkiye'nin ekonomik faaliyetlerinin yoğunlaştığı, nüfusun ve yapılaşmanın en yoğun olduğu bölgedir. Bölge, aktif fay hatları üzerinde yer alması nedeniyle yüksek deprem riskine sahiptir ve bu durum tarih boyunca gerçekleşen depremlerle dramatik biçimde kanıtlanmıştır. Marmara Bölgesi, 1999 İzmit ve Düzce depremleri gibi büyük ölçekli afetlere tanık olmuş, bu afetler sonucunda binlerce insan hayatını kaybetmiş, büyük ekonomik kayıplar meydana gelmiştir. Ayrıca, bölgede sanayi tesislerinin yoğunluğu, teknolojik afetlerin gerçekleşme olasılığını artırmaktadır. Kimyasal sızıntılar, endüstriyel patlamalar gibi olaylar, bölgenin sosyo-ekonomik ve çevresel güvenliğini tehdit etmektedir. Bölgenin risk profilini daha da karmaşık hale getiren faktörlerden biri de kritik altyapıların yoğunluğudur. Enerji üretim tesisleri, iletişim ağları, ulaşım altyapıları ve sağlık tesisleri gibi kritik altyapılar, afet durumlarında büyük zarar görerek bölgenin ve hatta ülkenin genel ekonomik faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini riske atabilmektedir. Bu durum, bölgesel planlama süreçlerinde kritik altyapıların güvenliğini artırıcı stratejilerin öncelikli hale gelmesini zorunlu kılmaktadır.

Marmara Afet Risk Azaltma Planı (MARAP), yalnızca bölgenin çok boyutlu afet risklerini tanımlamakla kalmayıp, bu riskleri önlemeye ve azaltmaya yönelik stratejiler geliştiren kapsamlı bir çerçevedir. Ancak böyle bir planın etkili ve sürdürülebilir olabilmesi için, ulusal mevzuat ile uluslararası politika belgeleriyle uyumlu olarak hazırlanması bir tercih değil, bir zorunluluktur. MARAP'ın, afet yönetimine dair uluslararası normları belirleyen Sendai Afet Risklerini Azaltma Çerçevesi, Paris İklim Anlaşması gibi küresel belgelerle; ayrıca ulusal stratejik planlar, kalkınma programları ve yönetsel mevzuatla eşgüdüm içinde geliştirilmesi hem hukuki bağlayıcılık hem de uygulama başarısı açısından kritik öneme sahiptir.

Bu uyum, afet risklerinin azaltılmasında önleyici yaklaşımın benimsenmesini sağlar; müdahale ve iyileştirme maliyetlerini azaltır, kamu kaynaklarının etkin kullanılmasına imkân tanır. Ayrıca kurumlar arası iş birliğini artırır, görev ve sorumlulukların net biçimde tanımlanmasına olanak sunar. Yerel yönetimler, merkezi kurumlar ve diğer paydaşlar açısından stratejik bütünlük sağlar ve hesap verebilirliği güçlendirir. MARAP'ın bu çerçevelerle uyum içinde kurgulanması, aynı zamanda uluslararası iş birliklerine açık bir zemin oluşturur ve finansal kaynaklara erişim potansiyelini artırır. Böylece MARAP, sadece Marmara Bölgesi için değil,

Türkiye'nin afetlere karşı direnç geliştirme hedefi doğrultusunda örnek teşkil eden, uygulanabilir ve sürdürülebilir bir model hâline gelir.

2.8.1 MARAP'ın Uluslararası Stratejik Planlar ve Politika Belgeleri ile Uyumu

MARAP, afet risk azaltma konusunda yalnızca ulusal standartlara değil, aynı zamanda uluslararası kabul görmüş normlara da tam uyum sağlamayı amaçlayan bir yaklaşım benimsemektedir. Uluslararası düzeyde afet risk yönetimine ilişkin geliştirilen belgeler ve standartlar, bilimsel ve teknik temelli bir çerçeve sunarak MARAP'ın kapsamını güçlendirmekte ve projeyi küresel iyi uygulamalarla entegre etmektedir.

Özellikle, Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi (2015-2030) MARAP'ın stratejik hedefleriyle doğrudan uyumludur. Sendai Çerçevesi, afet risklerinin kökeninde yatan unsurların anlaşılması, afet risk yönetişiminin geliştirilmesi, afet risklerinin azaltılması için dayanıklılığın artırılması ve afet sonrası "daha iyi yeniden inşa" ilkeleri gibi temel öncelikleri ortaya koymaktadır. MARAP, bu öncelikler doğrultusunda hem yapısal hem de yapısal olmayan risk azaltma önlemlerini sistematik bir biçimde planlamaktadır. Ayrıca MARAP, afet risklerini yalnızca bir müdahale konusu olarak değil, kalkınmanın sürdürülebilirliğini doğrudan etkileyen bir unsur olarak ele almakta, böylece Sendai Çerçevesi'nin "afet risklerinin azaltılması sürdürülebilir kalkınmanın ön koşuludur" ilkesini bölgesel düzeyde hayata geçirmektedir.

Bunun yanı sıra, MARAP, endüstriyel tehlike kaynaklı afet risklerinin yönetiminde Avrupa Birliği SEVESO Direktifi ile de uyumlu bir yaklaşım benimsemektedir. SEVESO Direktifi, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi, etkilerinin sınırlandırılması ve kamuoyunun bilgilendirilmesi yönünde çerçeve kurallar koymaktadır. MARAP, bu kapsamda Marmara Bölgesi'ndeki sanayi tesislerinin risk profillerini çıkaracak, kimyasal tehlikelerin mekânsal analizi yapılacak ve kritik tesisler için önleyici tedbirler geliştirecektir. Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) gibi kurumların geliştirdiği risk değerlendirme metodolojileri ve ARAMIS gibi bilimsel risk modelleme yaklaşımları, MARAP'ın metodolojik temellerine entegre edilerek analitik doğruluk ve bilimsel güvenilirlik sağlanacaktır.

Ayrıca MARAP, AFAD'ın geliştirdiği Kritik Altyapı Analiz Sistemi (AFAD-KAY) üzerinden kritik tesislerin risk analizlerini yaparak uluslararası iyi uygulamalara uygun veri tabanı ve karar destek sistemleri oluşturacaktır. Bu bütüncül yaklaşım sayesinde MARAP, afet risk azaltımında çok tehlikeli, çok kırılgan ve çok etkili bir sistem analizini temel alan modern afet risk yönetimi paradigmasına uygun biçimde şekillendirilmiştir.

Sonuç olarak, MARAP, afet risk azaltma konusunda uluslararası normlara bilimsel titizlikle uyum sağlayarak, hem Türkiye'nin Sendai Çerçevesi taahhütlerini yerine getirmesine katkıda bulunmakta, hem de bölgesel ölçekte dayanıklılığı artırarak Marmara Bölgesi'ni küresel afet risk azaltma politikalarıyla bütünleşik hale

getirmektedir. MARAP, SEVESO Direktifi ve Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi gibi uluslararası düzenlemeler ve risk azaltma ilkeleri ile uyumludur. Bu bağlamda teknolojik afet riskleri ve endüstriyel kazaların değerlendirilmesinde, Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA), ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve ARAMIS risk analizi metodolojileri temel referanslar olacaktır. Ayrıca AFAD'ın Kritik Altyapı Analiz Sistemi (AFAD-KAY) de projede kullanılacaktır.

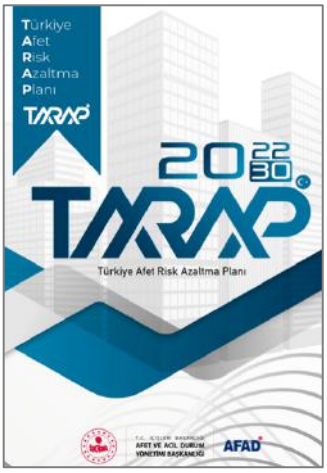
2.8.2 Politika Belgeleri ile Uyumu

MARAP, bölgesel afet risk azaltma stratejilerinin oluşturulmasında, yalnızca ulusal stratejik planlarla değil, aynı zamanda yerel düzeyde geliştirilen İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP) ile de güçlü bir uyum içinde yapılandırılmaktadır. Türkiye genelinde her il için hazırlanan İRAP'lar, bölgesel afet tehlikelerinin ve risklerinin yerel ölçekte tanımlanmasını ve bu risklerin azaltılması için önleyici stratejilerin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, MARAP hem ulusal stratejilerle dikey entegrasyonu hem de il düzeyinde hazırlanan İRAP'larla yatay koordinasyonu sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

İRAP'larda kullanılan tehlike ve risk analiz yöntemleri, paydaş katılım süreçleri ve eylem planlama yaklaşımları MARAP'ın metodolojisine doğrudan entegre edilmiştir. Özellikle, Marmara Bölgesi'nde yer alan İstanbul, Kocaeli, Bursa, Sakarya, Balıkesir, Tekirdağ ve Yalova gibi illerin İRAP'larında belirlenen öncelikli risk alanları, MARAP'ın bölgesel analizlerine temel teşkil etmektedir. Böylece MARAP, yalnızca bölgesel düzeyde genel risk analizleri yapmamakta, aynı zamanda yerel ölçekte belirlenen kritik tehlike ve kırılganlık alanlarını da dikkate alarak özgün ve hedef odaklı stratejiler geliştirmektedir.

MARAP'ın yerel ve ulusal politika belgeleriyle uyumu aşağıdaki ana başlıklar altında güçlendirilmiştir:

2.8.2.1 Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP)



TARAP, afet risk azaltma stratejilerinin ulusal düzeyde standardizasyonunu sağlayarak, afet yönetimi süreçlerinde kurumsal bir çerçeve ve ortak bir vizyon sunmaktadır. Bu plan kapsamında, afet öncesinde zarar azaltıcı önlemlerin alınması, afet anında etkili müdahale kapasitesinin artırılması ve afet sonrasında hızlı iyileşme süreçlerinin sağlanması temel hedefler olarak belirlenmiştir. MARAP, bu genel hedeflere doğrudan katkı sağlayacak şekilde tasarlanmış ve bölgesel ölçekte TARAP'a tam uyumlu bir yapı kurmuştur.

TARAP, afet risk azaltma stratejilerinin ulusal düzeyde standardizasyonunu sağlayarak, afet yönetimi süreçlerinde kurumsal bir çerçeve ve ortak bir vizyon sunmaktadır. Bu plan kapsamında, afet öncesinde zarar azaltıcı önlemlerin alınması, afet anında etkili müdahale kapasitesinin artırılması ve afet sonrasında

hızlı iyileşme süreçlerinin sağlanması temel hedefler olarak belirlenmiştir. TARAP'ın 1.2 numaralı amacı doğrultusunda, ulusal afet risk azaltma planlarının oluşturulması hedeflenmekte; bu kapsamda MARAP, bölgesel düzeyde afet risklerinin tanımlanması ve azaltılması için geliştirilen stratejik bir plan olarak bu hedefe doğrudan katkı sunmaktadır .

MARAP, mevcut yapı stokunun deprem ve diğer afet tehlikelerine karşı dayanıklı hale getirilmesi, kentsel dönüşüm projelerinin afet risk azaltma perspektifiyle yeniden ele alınması, doğal ve teknolojik afetlere karşı kritik altyapıların güvenliğinin artırılması gibi TARAP'ın 2.1 numaralı amacında tanımlanan afet risk azaltma önceliklerine karşılık gelen eylem alanlarında, bölgesel ölçekte somut ve ölçülebilir stratejiler geliştirmiştir . Ayrıca toplum temelli afet risk azaltma çalışmalarının yaygınlaştırılması için kamu bilincinin artırılması, afet eğitim programlarının geliştirilmesi, sivil toplum kuruluşları ile iş birliği mekanizmalarının kurulması gibi toplumsal dayanıklılığı güçlendirecek uygulamaları da MARAP bünyesine dahil etmiştir. Bu yaklaşım doğrultusunda MARAP, sadece afet sonrası müdahaleye odaklanan geleneksel afet yönetimi anlayışını aşarak, afet öncesi zarar azaltma ve hazırlık aşamalarına da güçlü bir vurgu yapmaktadır. Böylece, Marmara Bölgesi'nde afet risklerinin azaltılması ve toplumun afetlere karşı daha dirençli hale gelmesi sağlanacaktır. Bu stratejik bütünleşme sayesinde MARAP, ulusal politika hedefleriyle tam uyumlu, bölgesel ihtiyaçlara yanıt veren ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle örtüşen bir afet risk azaltma modeli ortaya koymaktadır.

2.8.2.2 Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)

TAMP, afet sonrası müdahalede kurumlar arası koordinasyonu sağlamayı, müdahale süreçlerini etkinleştirmeyi ve kaynak kullanımını optimize etmeyi amaçlayan ulusal düzeyde bir planlamadır. Afet sonrasında hızlı, etkili ve organize bir müdahale sürecinin yürütülmesi, can kayıplarının ve ekonomik zararların azaltılması açısından kritik öneme sahiptir.

MARAP'ın sağladığı CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve diğer teknoloji destekli veriler, TAMP'ın sahadaki uygulamalarının doğruluk, hız ve etkinlik düzeyini artıracaktır. Özellikle, afet öncesinde oluşturulacak mekânsal veri tabanları, kritik altyapıların, tahliye güzergâhlarının, geçici barınma alanlarının ve sağlık hizmetleri noktalarının önceden belirlenmesi ve afet anında hızlı erişim sağlanması açısından büyük avantaj sunacaktır.

MARAP ayrıca, afet sonrası müdahale süreçlerinde ihtiyaç duyulacak lojistik destek, malzeme depoları, kurtarma ekipmanları ve personel lojistiği gibi unsurların önceden planlanmasına katkı sağlayacaktır. Bu sayede TAMP'ın öngördüğü bölgesel ve yerel operasyon merkezlerinin etkili bir şekilde faaliyete geçmesi ve afet müdahale operasyonlarının aksaksız yürütülmesi sağlanacaktır.

Öte yandan MARAP, afet sonrası müdahale kapasitesinin artırılması için farklı senaryolar bazında tatbikat ve simülasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesini teşvik etmekte, böylece TAMP uygulamalarının sahada test edilmesine ve müdahale

planlarının dinamik bir şekilde güncellenmesine olanak tanımaktadır. Afet yönetim döngüsünün hazırlık ve müdahale aşamalarında MARAP ve TAMP entegrasyonu, Marmara Bölgesi'nin afetlere karşı daha dayanıklı ve hazırlıklı olmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

2.8.2.3 Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP)

Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP), Türkiye'nin deprem riskine karşı daha güvenli bir yapılaşma düzeni oluşturmayı, afetlere hazırlıklı olmayı ve deprem sonrasında hızlı toparlanmayı hedefleyen kapsamlı bir stratejik çerçeve sunmaktadır. UDSEP, afet zararlarının azaltılması amacıyla bilimsel veriye dayalı, planlı ve sürdürülebilir bir yaklaşımı benimsemekte ve risk temelli yönetimi esas almaktadır.

MARAP, UDSEP'in ana hedefleri ile tam bir uyum içinde çalışarak Marmara Bölgesi'nde deprem kaynaklı risklerin sistematik bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunacaktır. Bu kapsamda MARAP, mevcut yapı stokunun detaylı analiz edilmesi, yüksek riskli yapıların tespit edilmesi, güçlendirme ve dönüşüm projelerinin önceliklendirilmesi gibi çalışmalarla UDSEP'in hedeflerine doğrudan hizmet edecektir. Ayrıca, yeni yapılaşmalarda depreme dayanıklı tasarım kriterlerinin gözetilmesi, imar planlarının risk bazlı revize edilmesi ve zemin iyileştirme çalışmalarının teşvik edilmesi de MARAP'ın faaliyet alanları içerisinde olacaktır.

MARAP aynı zamanda, UDSEP'in öngördüğü kamuoyu bilinçlendirme, afet eğitimi ve kapasite artırımı hedeflerini de destekleyecektir. Afetlere hazırlık kültürünün yerleşmesi amacıyla toplumu bilgilendirme kampanyaları, afet senaryolarına dayalı tatbikatlar ve eğitim programları düzenlenecek, böylece afet öncesi hazırlık düzeyi artırılacaktır.

Bunların yanı sıra MARAP, UDSEP'in öngördüğü ulusal ve bölgesel düzeyde afet verilerinin bütünleştirilmesi ve yönetilmesi hedefi doğrultusunda mekânsal veri altyapıları, risk haritaları ve karar destek sistemleri geliştirerek bölgesel deprem yönetimi kapasitesini güçlendirecektir.

Sonuç olarak, MARAP, Marmara Bölgesi'nde UDSEP'in stratejik amaçlarına katkıda bulunacak şekilde yapı stokunun güçlendirilmesi, yeni yapılaşmalarda güvenlik standartlarının yükseltilmesi, afet farkındalığının artırılması ve müdahale kapasitesinin geliştirilmesi gibi kritik alanlarda çok boyutlu ve bilimsel temelli çözümler üretecektir.

2.8.2.4 İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP)

İRAP'lar, MARAP'ın temel veri kaynaklarından biri olarak değerlendirilmekte olup, bölgesel afet risk azaltma stratejilerinin yerel ölçekte detaylandırılması ve ihtiyaçlara özgü çözüm önerilerinin geliştirilmesi açısından kritik bir dayanak oluşturmaktadır. Marmara Bölgesi'nde yer alan İstanbul, Kocaeli, Bursa, Sakarya, Balıkesir, Tekirdağ ve Yalova gibi illerin İRAP dokümanlarında tanımlanan öncelikli tehlikeler (örneğin deprem, sel, heyelan, endüstriyel kazalar), kırılganlık alanları ve

kapasite boşluklarının, MARAP'ın eylem planlamasına temel girdilerden biri olarak entegre edilmesi planlanmaktadır.

İRAP'ların sunduğu yerel risk analizleri ve önceliklendirme çalışmaları, MARAP kapsamında yürütülmesi öngörülen bölgesel afet risk azaltma önlemlerinin daha hedef odaklı ve yerel ihtiyaçlara duyarlı şekilde kurgulanmasına katkı sağlamaktadır. Özellikle Marmara Bölgesi'nde farklı illerin kendine özgü risk profilleri ve kırılganlık noktaları olduğu düşünüldüğünde, her bir ilin İRAP dokümanlarında yer alan güncel veriler ve öncelikli tehlikeler (örneğin deprem, sel, heyelan, endüstriyel kazalar) MARAP'ın strateji geliştirme süreçlerinde temel referans kaynağı olarak öne çıkmaktadır.

Bu risk analizleri sayesinde, bölgede hangi alanların daha yüksek tehlike altında olduğu, hangi popülasyon gruplarının daha kırılgan olduğu ve hangi altyapı ya da hizmetlerin acil güçlendirme ihtiyacı bulunduğu gibi kritik sorulara yanıt bulunabilmektedir. Böylece MARAP, sadece genel bir bölgesel yaklaşım sunmakla kalmayıp, her ilin karakteristik özelliklerine, geçmiş afet deneyimlerine ve kapasite boşluklarına uygun, dinamik ve esnek eylem planları geliştirebilmektedir.

Örneğin, İstanbul İRAP'ında tanımlanan yoğun nüfuslu yerleşim alanlarının deprem riskine karşı güçlendirilmesi, Kocaeli ve Sakarya gibi sanayi yoğun illerde endüstriyel kazalara yönelik önleyici tedbirlerin artırılması, Balıkesir ve Tekirdağ'da sel ve su baskınlarına karşı erken uyarı sistemlerinin kurulması ya da Bursa ve Yalova'da heyelan riskinin azaltılmasına dönük arazi kullanımı düzenlemeleri, MARAP'ın bu yerel analizlerden hareketle şekillendirdiği örnek uygulamalardandır.

Ayrıca, İRAP'ların sunduğu öncelikli risklerin ve kapasite analizlerinin MARAP'a entegre edilmesi, bölge genelinde kaynakların daha verimli ve akılcı şekilde dağıtılmasını sağlamaktadır. Acil müdahale ekipmanlarının dağılımı, lojistik merkezlerin konumlandırılması, eğitim ve tatbikat programlarının il bazında özelleştirilmesi, yerel yönetimlerin kapasite artırıcı ihtiyaçlarının saptanması gibi konularda da İRAP'lardan elde edilen detaylı veriler, MARAP'ın bütüncül afet yönetimi vizyonunu desteklemektedir.

Bu işleyiş, Marmara Bölgesi'nin afetlere karşı direncinin artırılması için yalnızca bölgesel ölçekli değil, aynı zamanda yerelden yükselen ihtiyaç ve talepleri de dikkate alan, katılımcı ve bilimsel temelli bir yönetim modelinin hayata geçirilmesini mümkün kılmaktadır. MARAP ile İRAP'lar arasındaki bu güçlü entegrasyon, hem mevcut risklerin doğru tespit edilmesine hem de geliştirilecek önlemlerin sahada daha etkili uygulanmasına olanak tanırken, afet yönetiminde sürdürülebilirliğin ve sürekli iyileştirmenin sağlanması açısından da büyük önem taşımaktadır.

MARAP ve İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP), Marmara Bölgesi'nde afet risklerinin azaltılmasında bütüncül ve bilimsel temelli bir yaklaşımın temel taşlarını oluşturmaktadır. MARAP, UDSEP'in belirlediği hedefler doğrultusunda, bölgedeki yapı stokunun güçlendirilmesinden yeni yapılaşmalarda güvenlik standartlarının

yükseltilmesine, afet farkındalığının artırılmasından müdahale kapasitesinin geliştirilmesine kadar birçok kritik alanda çok boyutlu çözümler üretmektedir. Bu süreçte, İRAP'lar MARAP için vazgeçilmez bir veri kaynağı ve yol haritası işlevi görmektedir. İstanbul, Kocaeli, Bursa, Sakarya, Balıkesir, Tekirdağ ve Yalova gibi illerde hazırlanan İRAP dokümanlarında öne çıkan öncelikli tehlikeler (örneğin deprem, sel, heyelan, endüstriyel kazalar), kırılganlık alanları ve kapasite boşlukları titizlikle analiz edilerek MARAP'ın eylem planlamasına entegre edilmektedir. Böylece, her ilin kendine özgü risk profili ve öncelikleri dikkate alınarak, yerel ihtiyaçlara duyarlı ve hedef odaklı önlemler geliştirilebilmektedir.

MARAP'ın yerel risk analizleri ve önceliklendirme çalışmalarını dikkate alması sayesinde, afetlere karşı sadece bölgesel düzeyde değil, aynı zamanda her ilin özel koşullarına uygun, dinamik ve esnek stratejiler hayata geçirilmekte; kaynakların verimli, akılcı ve sürdürülebilir şekilde dağıtılması mümkün olmaktadır. Eğitim, tatbikat, lojistik planlaması gibi alanlarda da İRAP verilerinden yararlanılarak etkin çözümler üretilmektedir.

Sonuç olarak, MARAP ile İRAP'lar arasında kurulan bu güçlü entegrasyon, Marmara Bölgesi'nde afetlere karşı dirençli, hazırlıklı ve sürekli kendini geliştiren bir yönetim modelinin temelini oluşturmaktadır. Bölgesel ölçekli stratejiler ile yerel gerçeklerin buluştuğu bu bütünleşik yaklaşım, afet risklerinin azaltılmasında hem sürdürülebilirliği hem de etkili uygulamayı güvence altına almaktadır.

2.8.3 MARAP'ın Ulusal Yasal ve Mevzuat Dayanakları

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun (5902 sayılı Kanun)

5902 sayılı Kanun, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın (AFAD) kuruluşunu, teşkilat yapısını, görevlerini, yetkilerini ve sorumluluklarını detaylı biçimde tanımlamaktadır. Bu kanun, Türkiye'nin afet yönetimi sisteminin yasal temellerini oluşturarak afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası süreçlerin koordinasyonunu sağlamak üzere kapsamlı yetkiler vermektedir. AFAD'ın yetki alanları arasında afet ve acil durum planlamaları yapmak, koordinasyon sağlamak, eğitim programları düzenlemek, afet ve acil durum hallerinde müdahale ve iyileştirme faaliyetlerini yürütmek bulunmaktadır.

MARAP projesinin AFAD koordinasyonunda yürütülmesi, bu kanunun projeye yönelik en önemli yasal dayanağını teşkil etmektedir. Kanunun belirlediği yetkiler çerçevesinde AFAD, bölgesel afet risk azaltma planlarının hazırlanması, uygulanması ve izlenmesini sağlamakta ve proje süreçlerini yönetmektedir. Ayrıca, kanun kapsamında düzenlenen Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Araştırma, Etüt ve Proje Alımı Yönetmeliği (AADYBUE), MARAP kapsamında gerçekleştirilecek araştırma, analiz ve planlama faaliyetlerinin usul ve esaslarını ayrıntılı olarak belirlemekte, ihale süreçlerinin yürütülmesi, proje kontrol ve denetim mekanizmaları ile ilgili prosedürleri tanımlamaktadır. Bu yönetmelik, proje

süreçlerinin şeffaflığını, sürdürülebilirliğini ve mevzuata uygun yürütülmesini garanti altına almaktadır.

Kanun ayrıca uluslararası iş birliği ve koordinasyonu da teşvik etmekte, AFAD'ın uluslararası yardım faaliyetlerine yönelik düzenlemeler içermektedir. Bu bağlamda MARAP'ın uluslararası standartlar ve uygulamalar ile entegrasyonu, afet yönetiminde uluslararası iyi uygulamaların adaptasyonu açısından önemlidir. Kanunun AFAD'a sağladığı geniş yetkiler ve sorumluluklar çerçevesinde, afet risk azaltma ve müdahale kapasitelerinin güçlendirilmesi için eğitim faaliyetleri, tatbikatlar ve kamu bilincini artırmaya yönelik kampanyalar da MARAP kapsamında etkin biçimde kullanılacaktır. Bu sayede Marmara Bölgesi'nin afetlere karşı hazırlıklı ve dirençli hale gelmesi hedeflenmektedir.

5902 sayılı Kanun, AFAD'ın afet yönetimindeki yetki ve sorumluluklarını belirleyerek Türkiye'nin afet yönetimi sisteminin yasal zeminini oluşturmaktadır. Bu kanun, uluslararası yardım faaliyetleri, arama-kurtarma personel nitelikleri ve afet yönetimi süreçleri ile ilgili önemli hükümler içermektedir. MARAP, AFAD koordinasyonunda yürütülen bir proje olarak bu kanun kapsamında oluşturulmuştur. Ayrıca AFAD'ın araştırma, etüt ve proje süreçlerini düzenleyen AADYBUE Yönetmeliği, MARAP'ın uygulama süreçlerinin şeffaf, sistematik ve mevzuata uygun olmasını sağlamaktadır.

Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun (6306 sayılı Kanun)

6306 sayılı Kanun, Türkiye'nin deprem riski yüksek bölgelerinde, riskli yapıların ve alanların dönüşümünü düzenleyerek afet kaynaklı can ve mal kayıplarını azaltmayı hedeflemektedir. Bu kanun, afet risklerini önleyici stratejilerin yasal zeminini oluşturmakta ve dönüşüm projeleriyle güvenli, sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulmasını teşvik etmektedir. Riskli alanların tespiti, tapu kayıtlarına işlenmesi, tahliye ve yıkım süreçleri, maliklerin hakları, maliklerin anlaşamaması durumunda yapılacak işlemler, kamulaştırma usulleri ve mali destek mekanizmaları gibi birçok önemli düzenlemeyi içermektedir.

MARAP, 6306 sayılı Kanunun sunduğu yasal çerçeve doğrultusunda Marmara Bölgesi'ndeki riskli yapı stoğunun bilimsel yöntemlerle belirlenmesi, bu yapıların afet risklerine karşı mekânsal analizlerle haritalandırılması ve risk azaltma önlemlerinin geliştirilmesi hedeflerini taşımaktadır. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tabanlı analizler ve afet risk haritaları, bölgedeki riskli alanların mekânsal olarak doğru bir şekilde belirlenmesine, öncelikli müdahale alanlarının seçilmesine ve afet risk yönetiminde stratejik karar destek mekanizmalarının geliştirilmesine katkı sunacaktır.

Ayrıca, MARAP kapsamında geliştirilecek mekânsal veri altyapısı, kentsel dönüşüm uygulamalarının izlenmesi, süreçlerin şeffaf yönetilmesi ve afet risklerinin zamana bağlı değişimlerinin analiz edilmesi için temel bir araç olacaktır. Bu kapsamda, sadece mevcut risklerin belirlenmesi değil, aynı zamanda gelecekteki

yapılaşma eğilimlerinin risk profilleri üzerindeki etkisinin de analiz edilmesi sağlanacaktır.

Kanunun, dönüşüm projelerinde çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik ilkelerini vurgulaması MARAP'ın planlama yaklaşımında da dikkate alınacaktır. Dönüşüm süreçlerinde yalnızca fiziksel yapıların iyileştirilmesi değil, aynı zamanda toplumun afetlere karşı sosyal dayanıklılığının artırılması, kamu bilincinin geliştirilmesi ve afet kültürünün yerleşmesi de hedeflenecektir. Böylece, MARAP hem fiziksel hem de toplumsal boyutlarda afet risk azaltma amacına bütüncül bir katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, 6306 sayılı Kanun ile MARAP arasında güçlü bir yasal ve uygulama bağı bulunmaktadır. Bu kanunun hükümleri doğrultusunda gerçekleştirilecek mekânsal analizler, afet risk haritalamaları ve risk azaltıcı müdahale önerileri, Marmara Bölgesi'nde afetlere karşı daha dirençli bir kentleşme ve yaşam ortamı oluşturulmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun (7269 sayılı Kanun)

7269 sayılı Kanun, Türkiye'nin afet yönetimi sisteminin temel taşlarından biri olup, genel hayata müessir afetler öncesinde ve sonrasında alınması gereken önlemleri, yapılacak yardımları ve uygulanacak yöntemleri kapsamlı bir şekilde düzenlemektedir. Bu kanun çerçevesinde, afet bölgelerinin ilan edilmesi, afetzedelere yapılacak yardımların niteliği ve kapsamı, hasar tespit kriterleri, tahliye, yıkım, yeniden yerleşim, geçici barınma ve kalıcı konut temin süreçleri açık bir şekilde tanımlanmıştır.

MARAP projesi, afet risklerinin azaltılması ve afetlere karşı hazırlıklı olunması hedefi doğrultusunda 7269 sayılı Kanun hükümleri ile doğrudan uyum içinde planlanmaktadır. Kanunda öngörülen afet öncesi zarar azaltma, afet anı acil müdahale ve afet sonrası iyileştirme aşamaları, MARAP'ın bölgesel stratejilerinde sistematik bir biçimde entegre edilmiştir. Özellikle, afet sonrası hasar tespit çalışmalarının standartlara uygun yapılması, geçici yerleşim alanlarının hızlı ve güvenli bir şekilde kurulması, altyapı ve üstyapının yeniden inşası süreçlerinde bu kanunun hükümleri bağlayıcı bir referans olacaktır.

Kanun ayrıca, afet sonrası sosyal destek mekanizmalarının etkinleştirilmesini, psikososyal destek hizmetlerinin sunulmasını ve ekonomik kayıpların telafisi amacıyla kredi ve hibe mekanizmalarının oluşturulmasını düzenlemektedir. MARAP kapsamında da afet sonrası rehabilitasyon sürecinde toplumun yeniden toparlanmasını destekleyecek sosyal ve ekonomik müdahaleler bu çerçevede planlanacaktır.

7269 sayılı Kanun'un getirdiği bir diğer önemli boyut, kamu kurumları, yerel yönetimler ve ilgili diğer paydaşlar arasında koordinasyon ve iş birliğinin sağlanmasıdır. MARAP, bu koordinasyonu güçlendirmek amacıyla bölge ölçeğinde

kurumlar arası iş birliği protokolleri, ortak veri paylaşım sistemleri ve entegre müdahale planları geliştirmeyi öngörmektedir.

Sonuç olarak, MARAP'ın afet risk azaltma, müdahale ve iyileştirme stratejileri, 7269 sayılı Kanun'un ortaya koyduğu yasal yükümlülükler ve uygulama esasları ile bütüncül bir uyum içerisindedir. Böylece, Marmara Bölgesi'nde afet yönetimi süreçlerinin mevzuata dayalı, planlı, etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yürütülmesi hedeflenmektedir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)

Yüksek deprem riski taşıyan Marmara Bölgesi'nde yapısal güvenliğin sağlanması, MARAP'ın temel hedeflerinden biridir. Bu hedef doğrultusunda, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), hem yeni yapılacak binaların hem de mevcut yapı stokunun depreme dayanıklı hale getirilmesi için uygulanacak standartları ve teknik ilkeleri ayrıntılı şekilde tanımlamaktadır.

TBDY, zemin davranış analizlerinden başlayarak, taşıyıcı sistem tasarım esasları, yapı düzensizlikleri, dayanım ve rijitlik kriterleri gibi çok geniş bir teknik çerçeve sunmaktadır. Ayrıca farklı bina türleri ve kullanım amaçlarına göre özel yapı tasarım kuralları belirleyerek risk profiline uygun çözümler geliştirilmesine imkan tanımaktadır. TBDY'nin içerdiği performans bazlı tasarım anlayışı, sadece minimum standartları karşılamayı değil, aynı zamanda binaların deprem sonrasında kullanımını sürdürebilir kılacak dayanıklılığı hedeflemektedir.

MARAP kapsamında, TBDY esas alınarak yapılacak analizlerde mevcut binaların "mevcut durum değerlendirme yöntemleri" kullanılarak performans seviyeleri tespit edilecek ve gerekli güçlendirme stratejileri geliştirilecektir. Bu süreç, bölgesel risk azaltma planlarının daha bilimsel, tutarlı ve etkili olmasını sağlayacaktır.

Ayrıca MARAP, TBDY'deki güncel teknolojiler ve mühendislik yeniliklerine dayalı çözümleri de değerlendirecek, özellikle yüksek riskli bölgelerde yalıtım sistemleri, enerjiyi sönümleyen yapısal elemanlar ve modern güçlendirme teknikleri gibi ileri mühendislik uygulamalarının kullanımını teşvik edecektir.

Sonuç olarak, TBDY, MARAP'ın yapısal güvenlik odaklı çalışmalarının hem teknik hem de bilimsel altyapısını oluşturmaktadır. Yönetmelikte yer alan kriterler doğrultusunda yapılacak mekânsal analizler, performans değerlendirmeleri ve güçlendirme uygulamaları ile Marmara Bölgesi'nde deprem riski önemli ölçüde azaltılacak, bölgesel dayanıklılık artırılacaktır.

İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP) Hazırlama Kılavuzu

İRAP Kılavuzu, il düzeyinde afet risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesi amacıyla hazırlanmış metodolojik bir rehberdir ve MARAP için de bölgesel düzeyde önemli bir temel teşkil etmektedir. Kılavuz, veri toplama, tehlike ve risk analizleri,

paydaş analizi, hedef ve eylem planlaması gibi süreçlere sistematik bir yaklaşım getirmektedir.

İRAP metodolojisi doğrultusunda MARAP çalışmaları, tehlike türlerinin (deprem, sel, heyelan, endüstriyel kazalar vb.) belirlenmesi, bu tehlikelerin oluşma olasılığı ile etkilerinin değerlendirilmesi, mevcut kırılganlıkların ve kapasite unsurlarının analizi gibi çok aşamalı bir değerlendirme süreci izleyecektir. Bu kapsamda, CBS ve uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak mekânsal veri analizi yapılacak, tehlike ve risk haritaları oluşturulacaktır.

Kılavuz, ayrıca risk azaltma önlemlerinin belirlenmesinde önceliklendirme kriterleri sunmakta, kaynakların etkin ve verimli kullanılabilmesi için eylem planlarının belirli bir mantıksal çerçevede yapılandırılmasını önermektedir. MARAP kapsamında, afet risklerinin azaltılması için hem yapısal (bina güçlendirme, altyapı iyileştirme) hem de yapısal olmayan (eğitim programları, toplum temelli risk azaltma faaliyetleri) önlemler geliştirilecektir.

Paydaş katılımı IRAP'ın temel ilkelerinden biridir. MARAP sürecinde de, yerel yönetimler, kamu kurumları, özel sektör temsilcileri, akademik kuruluşlar ve sivil toplum örgütlerinin katılımı sağlanacak, böylece planın sahiplenilmesi ve uygulama etkinliği artırılacaktır. Ayrıca, İRAP kılavuzunun öngördüğü izleme ve değerlendirme mekanizmaları MARAP sürecine de entegre edilerek, planın uygulanma aşamalarında performansın ölçülmesi ve gerektiğinde strateji güncellemeleri yapılması sağlanacaktır.

Sonuç olarak, İRAP Kılavuzu, MARAP çalışmalarına bilimsel temelli, kapsamlı ve sistematik bir yön vermekte; afet risk azaltmada sürdürülebilir, katılımcı ve ölçülebilir bir yaklaşıma zemin hazırlamaktadır. İRAP Kılavuzu, bölgesel düzeyde afet risk azaltma stratejilerinin oluşturulmasında kullanılacak veri toplama, tehlike ve risk analizleri, paydaş katılımı, eylem planları oluşturma gibi metodolojileri içermektedir. MARAP, bu kılavuzun sunduğu çerçeveyi temel alarak kapsamlı ve bilimsel bir metodoloji ile hazırlanacaktır.

2.8.4 Şeffaflık ve Kamuoyunun Bilgilendirilmesi

MARAP kapsamında kamuoyunun bilgilendirilmesi, şeffaflık ilkesi çerçevesinde öncelikli bir hedef olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda, Bilgi Edinme Hakkı Kanunu (4982 sayılı Kanun) ve ilgili mevzuat çerçevesinde bilgiye erişim hakkı güvence altına alınacak, proje süreçlerinin her aşamasında şeffaflık ve hesap verebilirlik temel ilkeler olarak uygulanacaktır.

Kamuoyunun doğru, zamanında ve eksiksiz bilgilendirilmesi amacıyla, MARAP uygulamalarında düzenli olarak raporlamalar, bilgi notları, açık veri paylaşımları ve periyodik durum güncellemeleri yapılacaktır. Bu süreçte hem geleneksel medya araçları hem de dijital platformlar (resmî web siteleri, sosyal medya kanalları, açık veri portalları vb.) etkin biçimde kullanılacaktır.

Ayrıca, karar süreçlerine sivil toplum kuruluşları, meslek odaları, üniversiteler, özel sektör temsilcileri ve vatandaşların aktif katılımını sağlamak amacıyla danışma kurulları, çalıştaylar, kamuoyu anketleri ve açık toplantılar düzenlenecektir. Bu katılımcı mekanizmalar aracılığıyla, MARAP'ın afet risk azaltma stratejilerinin toplumun tüm kesimlerinin görüş ve katkılarıyla zenginleştirilmesi hedeflenmektedir.

Özellikle afet risk haritalarının, tehlike analizlerinin ve risk azaltma eylem planlarının şeffaf bir şekilde kamuya sunulması, toplumun afetlere hazırlık düzeyinin artırılmasına, yerel farkındalığın geliştirilmesine ve risk azaltma kültürünün yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, MARAP kapsamında yürütülecek tüm çalışmalar, kamu yararı, açıklık ve katılımcılık ilkeleri doğrultusunda yürütülecek; şeffaflık sadece bir idari yükümlülük değil, aynı zamanda afet risk yönetiminde toplumsal dayanıklılığı artıran temel bir stratejik araç olarak değerlendirilecektir.

MARAP kapsamında kamuoyunun bilgilendirilmesi ve karar süreçlerine katılımı Bilgi Edinme Hakkı Kanunu (4982 sayılı Kanun) ve ilgili yönetmeliklere uygun olarak yapılacaktır. Projenin her aşamasında şeffaflık ve bilgi erişimi temel ilkeler olarak benimsenmiştir.

2.8.5 Genel Sonuç ve Değerlendirme

Marmara Bölgesi, Türkiye'nin ekonomik, sosyal ve demografik açıdan en yoğun ve stratejik bölgelerinden biri olarak, afet risk yönetimi ve risk azaltma uygulamalarında özel bir öneme sahiptir. Bölgedeki jeolojik, meteorolojik ve teknolojik afet tehlikeleri, yalnızca yerel düzeyde değil, ulusal ölçekte de önemli sonuçlar doğurabilecek niteliktedir. Bu nedenle, MARAP (Marmara Afet Risk Azaltma Planı) Projesi, disiplinlerarası bir yaklaşım ve bilimsel veri temelli analizlerle, bölgesel afet risklerinin bütüncül bir biçimde yönetilmesini ve bölgenin genel dayanıklılığının artırılmasını amaçlamaktadır.

MARAP, ulusal düzeyde yayımlanmış stratejik belgeler (TARAP, TAMP) ile tam bir uyum içinde tasarlanmış; ayrıca İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP) kapsamında yerelde belirlenen öncelikli tehlike ve riskleri, bölgesel ölçeğe taşıyarak dikey ve yatay entegrasyonun sağlandığı bir model sunmaktadır. MARAP'ın hazırlanmasında, mevzuat kapsamında AFAD'a tanımlanmış görev ve yetkiler göz önünde bulundurulmuş; bu sayede plan, yalnızca stratejik çerçeveye değil, aynı zamanda hukuki ve kurumsal gerekliliklere de tam olarak uyum göstermektedir. Afet risklerinin yönetiminde, yapısal önlemlerin yanı sıra toplum temelli risk azaltma stratejileri, farkındalık artırıcı çalışmalar, kurumlar arası koordinasyonun güçlendirilmesi ve katılımcı yönetişim ilkelerine dayalı bir bütüncül yaklaşım benimsenmiştir. Bu süreçte, MARAP kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama teknolojileri etkin biçimde kullanılarak, mekânsal analiz tabanlı karar destek mekanizmalarıyla afet risklerinin bilimsel olarak değerlendirilmesi ve yönetilmesi amaçlanmıştır.

Bununla birlikte, MARAP Projesi; Marmara Bölgesi'nin afet risk yönetimi alanında sadece yeni bir kuramsal ve metodolojik paradigma geliştirilmesiyle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda uluslararası bilimsel standartlarla uyumlu, sürdürülebilir ve çok katmanlı bir risk azaltma modeli sunmaktadır. Söz konusu model, bölgenin fiziksel altyapısının dayanıklılığını artırmaya yönelik teknik önlemleri, sosyal dayanıklılığı güçlendirecek kapsayıcı politikalarla bütünleştirmektedir. Proje çerçevesinde; sistematik şekilde belirlenen afet risklerinin mekânsal veri tabanlı analizler yoluyla haritalandırılması, kritik altyapıların kırılganlık değerlendirmeleri ve yapısal/yapısal olmayan müdahale önceliklerinin belirlenmesi gibi bilimsel yöntemler temel alınmaktadır. Özellikle, MARAP'ın geliştirilmesinde şeffaflık, bilgi paylaşımı, katılımcı yönetişim ve paydaşlarla iş birliği prensiplerine öncelik verilmiş; afet yönetimi süreçlerinin demokratikleşmesi ve toplumsal katmanlara yayılması sağlanmıştır.

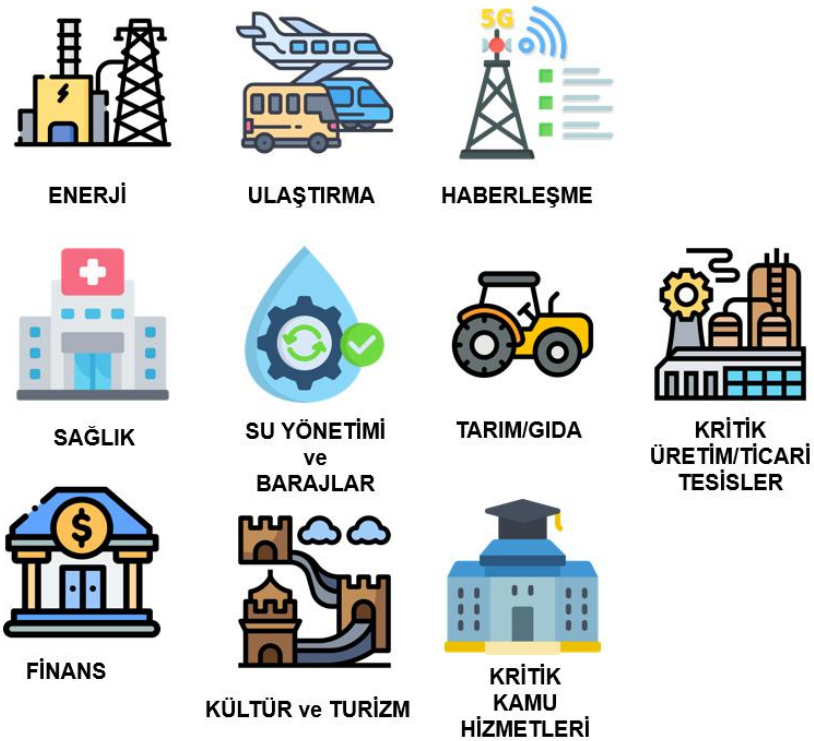
Bu yaklaşımlar doğrultusunda, MARAP; yalnızca Türkiye'nin ulusal stratejik belgelerine (TARAP, TAMP) değil, aynı zamanda uluslararası yükümlülüklerine (ör. Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi, SEVESO Direktifi) de güçlü bir uyum sergilemektedir. Böylelikle, MARAP Projesi hem Marmara Bölgesi'nde hem de ülke genelinde afet risk azaltma uygulamalarında bütüncül, disiplinlerarası ve sürdürülebilir bir model olarak öne çıkmakta ve afetlere karşı dirençli kentsel ve kırsal alanların bilimsel temeller üzerinde inşasına önemli bir katkı sağlamaktadır. Ayrıca, toplumsal farkındalığın artırılması, afet risklerinin erken tespitine yönelik teknolojik kapasitenin güçlendirilmesi ve afet sonrası müdahale süreçlerinin optimize edilmesi de MARAP'ın özgün katkıları arasında yer almaktadır. Bu sayede, MARAP, afet risk yönetimi alanında ulusal ve uluslararası düzeyde örnek teşkil edecek, yenilikçi ve sürdürülebilir uygulamaların geliştirilmesine öncülük edecektir.

3 TEKNOLOJİK AFET KAYNAKLARI ve KRİTİK ALTYAPILAR

3.1 Genel Bakış

Son yıllarda doğal ve insan kaynaklı afetlerin sıklığı ve etkileri giderek artmaktadır. Bu durum, afetlerin toplumsal düzen üzerindeki yıkıcı sonuçlarını en aza indirmek için etkili afet yönetimi stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Kritik altyapılar (KA), afet yönetiminde hayati önem taşır, çünkü bu altyapılar, kriz zamanlarında toplumun temel işlevlerinin devamlılığını sağlamaktadır. Enerji, ulaştırma, su yönetimi ve barajlar, haberleşme, finans, tarım/gıda, sağlık, kültür ve turizm, kritik kamu hizmetleri, kritik üretim/ticari tesisler olmak üzere 10 ana sektör belirlenmiştir. Bu kritik altyapılar, işlevsizlik durumunda zincirleme etkiler yaratarak ekonomik ve sosyal yapıyı derinden etkileyebilir (Şekil 3-1).

Türkiye örneğinde, AFAD'ın öncülüğünde geliştirilen sistematik yaklaşımlar, kritik altyapıların dayanıklılığını artırmaya yönelik önlemler içermektedir. Bu önlemler arasında fiziki ve dijital tehditlerin belirlenmesi, risklerin önceliklendirilmesi ve ulusal kalkınma planları ile uyumlu müdahale stratejilerinin geliştirilmesi yer almaktadır. Kritik altyapıların korunması, sadece afet yönetimi açısından değil, aynı zamanda toplumsal sürdürülebilirliği sağlama açısından da stratejik bir önem taşır. Bu bağlamda, teknik altyapıların güçlendirilmesi, toplumda farkındalığın artırılması ve uluslararası standartlara uygun politikaların benimsenmesi gerekmektedir.



Şekil 3-1 Kritik alt yapı kaynakları

3.1.1 Kritik Altyapı Kavramı

Kritik altyapılar, işlevlerini kaybettiğinde toplumsal işleyişi ve kamu hizmetlerini aksatarak can, mal ve itibar kayıplarına yol açabilen aynı zamanda ciddi ölçüde ekonomik, çevresel ve sosyal zararlar doğurabilen fiziksel ve dijital varlıkların bütünü olarak tanımlanır. Bu altyapılar, enerji, ulaştırma, haberleşme, sağlık, su yönetimi haberleşme, finans, tarım/gıda, sağlık, kültür ve turizm, kritik kamu hizmetleri, kritik üretim/ticari tesisler olmak üzere 10 kategoriden oluşmaktadır. Kritik altyapıların korunması ise yalnızca fiziksel güvenlik önlemleriyle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda dijital tehditlere karşı etkin bir koruma sağlamayı gerektirmektedir.

Kritik altyapıların dayanıklılığı artırılırken bilimsel yöntemlerin kullanımı büyük önem taşır. Örneğin, enerji altyapılarında kırılganlık analizi yapılırken sistemlerin deprem, sel ve yangın gibi doğal afetlere karşı dayanıklılığı jeoteknik ve hidrolojik modellemelerle test edilir. Bu modellemeler, altyapının bulunduğu bölgelerdeki çevresel riskler göz önünde bulundurularak detaylı simülasyonlar yapılmasını içerir. Örneğin, sel riski yüksek bir bölgede yer alan enerji santrallerinde, su seviyesinin aşırı yükselme ihtimaline karşı suya dayanıklı bariyerlerin planlanması ve uygulanması bu tür bilimsel çalışmalara örnek olarak gösterilebilir.

Kritik altyapıların güvenliğinin sağlanmasında hem ulusal düzeyde hem de uluslararası arenada iş birliği büyük önem taşır. Türkiye'de AFAD'ın yürüttüğü "2014-2023 Kritik Altyapı Yol Haritası Belgesi", farklı sektörlerdeki paydaşlar arasında koordinasyonun artırılmasını ve enerji, ulaşım, iletişim gibi alanlarda ortak stratejiler geliştirilmesini hedefler. Bu yol haritası, Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi ve SEVESO Direktifi gibi global standartlarla uyum içinde hazırlanmıştır; dolayısıyla, dünya çapında benimsenen iyi uygulamaların ülkemizde de hayata geçirilmesine olanak tanır. Öte yandan, Avrupa Birliği'nin kritik altyapı dayanıklılığı yaklaşımı, üye ülkeler arasında bilgi paylaşımı ve ortak tatbikatlar düzenlenmesini temel alır. Bu tür faaliyetler, kriz anında koordinasyonu güçlendirerek müdahale yeteneğini artırır. Benzer şekilde, Türkiye'de de ortak tatbikatlar aracılığıyla yerel ve uluslararası paydaşlar bir araya gelmekte, afetlere karşı daha güçlü ve dayanıklı sistemlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

3.1.2 Kritik Altyapıların Afet Yönetimindeki Rolü

Türkiye'nin afet yönetim politikaları, kriz yönetiminden risk yönetimine geçiş yaparak kritik altyapıların dayanıklılığını artırmayı hedeflemektedir. Afetlerin önlenmesi ve olası etkilerinin azaltılması için multidisipliner yaklaşımlar benimsenmiştir. Örneğin, afet risklerini azaltmaya yönelik mühendislik çalışmalarında, enerji altyapılarında yedekleme sistemlerinin etkinliği veya haberleşme altyapılarında kesintisiz iletişim sağlamak için kullanılan teknolojilerin dayanıklılığı gibi konular üzerinde durulmaktadır. Çevresel faktörler de bu analizlerin bir parçasıdır; örneğin sel riski yüksek bölgelerde bulunan altyapıların fiziksel sağlamlaştırılması için hidrolojik modellemeler ve jeoteknik çalışmalar yapılmaktadır.

AFAD'ın "2014-2023 Kritik Altyapı Yol Haritası Belgesi", Türkiye'nin bu alanda uluslararası standartlara uyum sağlaması için bilimsel temellere dayalı bir rehber niteliği taşımaktadır. Bu belge, kritik altyapıların korunmasına yönelik stratejilerin belirlenmesi ve uygulanmasında paydaşlar arası koordinasyonun önemini vurgulamaktadır. Araştırmalar, paydaşlar arasında bilgi paylaşımının ve ortak tatbikatların, kriz anındaki müdahale kapasitesini artırarak toplumsal dayanıklılığı geliştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, kritik altyapılarla ilgili ulusal kalkınma planlarının, Sendai Çerçevesi gibi uluslararası afet risk azaltma stratejileriyle uyumlu olması gerektiği ifade edilmektedir.

Son olarak, bilimsel bakış açısıyla kritik altyapıların korunmasında yapılan çalışmaların, yalnızca fiziksel varlıkları değil, aynı zamanda tedarik zincirlerini ve dijital ağları kapsayan çok yönlü bir yaklaşımı gerektirdiği sonucuna ulaşılmaktadır. İyi yönetişim ve paydaşlar arası koordinasyonun, sürdürülebilir afet yönetimi için hayati önemde olduğu bilimsel verilerle desteklenmektedir.

3.2 Kritik Altyapılarda Uluslararası Yaklaşımlar

3.2.1 AB'nin Kritik Altyapı Dayanıklılığı Yaklaşımı

Avrupa Birliği (AB), kritik altyapının dayanıklılığını artırmak için çok yönlü bir yaklaşım benimsemiştir. Bu yaklaşım, üye devletler arasındaki iş birliğini güçlendirmeyi, ortak standartlar oluşturmayı ve kritik sektörlerin çeşitli tehditlere karşı hazırlıklı olmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Kritik altyapı, bir ulusun veya bölgenin işleyişi için hayati öneme sahip olan ve zarar görmesi durumunda ciddi aksamalara neden olabilecek tesisler, sistemler ve ağlar olarak tanımlanır. Bu nedenle, bu altyapının korunması ve dayanıklılığının sağlanması, AB'nin öncelikli hedefleri arasında yer almaktadır. Kritik altyapının kesintiye uğraması, sadece ekonomik faaliyetleri değil, aynı zamanda kamu hizmetlerini, sosyal düzeni ve hatta ulusal güvenliği de ciddi şekilde etkileyebilir. Bu nedenle, AB, kritik altyapının korunmasını sadece teknik bir zorunluluk olarak değil, aynı zamanda stratejik bir gereklilik olarak görmektedir.

AB'nin Kritik Altyapı Politikalarının Gelişimi

AB'nin kritik altyapı politikaları, zaman içinde değişen tehditler ve zorluklarla birlikte evrim geçirmiştir. İlk olarak, 2000'li yılların başında, özellikle terör saldırıları sonrasında, kritik altyapının fiziksel güvenliğine odaklanılmıştır. 11 Eylül 2001 saldırıları, AB ve üye devletleri için bir dönüm noktası olmuş ve kritik altyapının terör saldırılarına karşı ne kadar savunmasız olabileceğini göstermiştir. Bu dönemde, havaalanları, enerji tesisleri ve kamu binaları gibi kritik noktaların fiziksel güvenliğini artırmaya yönelik önlemler alınmıştır. Daha sonra, siber tehditlerin artmasıyla birlikte, siber güvenlik önlemleri de politikaların önemli bir parçası haline gelmiştir. İnternetin yaygınlaşması ve dijitalleşme süreci, kritik altyapıyı siber saldırılara karşı daha savunmasız hale getirmiş ve bu saldırıların potansiyel sonuçlarının ciddiyetini artırmıştır. Günümüzde ise, iklim değişikliği, doğal afetler ve pandemi gibi çok

boyutlu riskler, kritik altyapının dayanıklılığını artırmaya yönelik daha kapsamlı bir yaklaşımı zorunlu kılmıştır. İklim değişikliğinin neden olduğu aşırı hava olayları, kritik altyapıyı fiziksel olarak tehdit ederken, pandemiler de bu altyapının işleyişini aksatabilecek yaygın kesintilere yol açabilmektedir. Bu nedenle, AB'nin kritik altyapı politikaları, artık sadece tek bir tehdide değil, birbiriyle etkileşim halinde olan karmaşık risklere karşı dayanıklılığı artırmayı hedeflemektedir.

Kilit Direktifler ve Düzenlemeler

AB'nin kritik altyapı dayanıklılığı yaklaşımının temelini oluşturan çeşitli direktifler ve düzenlemeler bulunmaktadır. Bu düzenlemeler, üye devletler arasında bir uyum sağlamayı ve ortak standartlar oluşturmayı amaçlamaktadır. Bunlardan bazıları:

- **Kritik Kuruluşların Dayanıklılığı (CER) Direktifi:** Bu direktif, kritik altyapı operatörlerinin riskleri değerlendirmesini, dayanıklılık önlemleri almasını ve olayları bildirmesini zorunlu kılarak, AB genelinde kritik kuruluşların dayanıklılığını artırmayı amaçlamaktadır. CER Direktifi, özellikle sınır ötesi etkilere sahip olabilecek kritik altyapı tesislerine odaklanarak, bu tesislerin herhangi bir kesintiye uğraması durumunda birden fazla üye devletin olumsuz etkilenmesini önlemeyi hedeflemektedir. Bu direktif, aynı zamanda, kritik kuruluşların sadece mevcut tehditlere değil, gelecekte ortaya çıkabilecek tehditlere karşı da hazırlıklı olmasını sağlamak için düzenli risk değerlendirmesi yapmalarını gerektirmektedir.
- **Ağ ve Bilgi Sistemleri Güvenliği Direktifi (NIS Direktifi):** Bu direktif, kritik sektörlerdeki kuruluşların ve dijital hizmet sağlayıcıların siber güvenliklerini artırmalarını ve siber olaylara karşı hazırlıklı olmalarını gerektirmektedir. NIS Direktifi, enerji, ulaşım, sağlık ve finans gibi kritik sektörlerdeki kuruluşların yanı sıra, internet servis sağlayıcıları ve arama motorları gibi dijital hizmet sağlayıcıları da kapsamaktadır. Bu direktif, bu kuruluşların siber güvenlik risklerini yönetmek için teknik ve organizasyonel önlemler almasını, siber güvenlik olaylarını yetkili makamlara bildirmesini ve iş sürekliliği planları hazırlamasını zorunlu kılmaktadır. NIS Direktifi'nin amacı, AB genelinde siber güvenlik seviyesini yükselterek, kritik altyapının siber saldırılara karşı daha dirençli olmasını sağlamaktır.

Dayanıklılığı Artırmaya Yönelik Stratejiler

AB, kritik altyapının dayanıklılığını artırmak için çeşitli stratejiler uygulamaktadır. Bu stratejiler hem önleyici tedbirleri hem de olaylara müdahale ve iyileşme süreçlerini kapsamaktadır. İşte bu stratejilerden bazıları (European Commission, 2008)

a) **Risk Yönetimi:** Kritik altyapı operatörleri, olası tehditleri ve zayıflıkları belirlemek, riskleri değerlendirmek ve uygun önlemleri almakla yükümlüdür. Bu süreç, sadece mevcut tehditleri değil, aynı zamanda gelecekte ortaya

çıkabilecek potansiyel riskleri de içermelidir. Risk değerlendirmesi, altyapının hangi bölümlerinin daha savunmasız olduğunu, hangi tehditlerin daha olası olduğunu ve bir saldırının potansiyel sonuçlarının neler olabileceğini anlamak için kritik bir adımdır. Bu değerlendirme sonucunda, kaynaklar en etkili şekilde kullanılabilir ve en yüksek risk taşıyan alanlara öncelik verilebilir (European Commission, 2008; 2020).

b) **Fiziksel ve Siber Güvenlik:** Kritik altyapının fiziksel ve siber saldırılara karşı korunması için güvenlik önlemleri alınması gerekmektedir. Bu önlemler, erişim kontrolü, gözetim sistemleri, güvenlik duvarları, saldırı tespit sistemleri ve şifreleme gibi çeşitli teknolojileri içerebilir. Fiziksel güvenlik önlemleri, yetkisiz kişilerin kritik tesislere girişini engellemeyi, saldırılara karşı fiziksel bariyerler oluşturmayı ve tesislerin çevresini gözetlemeyi amaçlar. Siber güvenlik önlemleri ise, bilgisayar sistemlerini ve ağları siber saldırılardan korumayı, hassas verilerin güvenliğini sağlamayı ve sistemlerin kesintisiz çalışmasını garanti altına almayı hedefler. Bu iki alanın entegre bir şekilde ele alınması, kritik altyapının genel güvenliği için büyük önem taşımaktadır (Renda 2022; ENISA, 2023).**İş Sürekliliği Planlaması:** Kritik altyapı operatörleri, bir olay durumunda hizmetlerin devamlılığını sağlamak için iş sürekliliği planları geliştirmelidir. Bu planlar, yedek sistemlerin kurulmasını, acil durum prosedürlerinin belirlenmesini ve personelin eğitilmesini içerebilir. İş sürekliliği planları, bir kriz durumunda altyapının en az kesintiyle çalışmaya devam etmesini ve temel hizmetlerin sunulmasını sağlamayı amaçlar. Bu planlar, aynı zamanda, krizin etkilerini en aza indirmek ve normal operasyonlara en kısa sürede dönmek için gerekli adımları da içermelidir (Technopat, 2020).

c) **Kriz Yönetimi:** Kritik altyapıyı etkileyen bir olay meydana geldiğinde, etkili bir kriz yönetimi için planlar ve prosedürler oluşturulmalıdır. Bu, acil durum hizmetleriyle iş birliğini, kamuoyuyla iletişimi ve hasarın onarılmasını içerebilir. Kriz yönetimi, olayın büyüklüğüne ve türüne göre değişen bir dizi acil durum önlemini içermelidir. Bu önlemler, arama kurtarma operasyonlarını, tıbbi yardımı, tahliyeleri, barınma ve gıda sağlanmasını ve altyapının onarılmasını içerebilir. Etkili bir kriz yönetimi, krizin etkilerini en aza indirmek, can kaybını önlemek ve toplumun normale dönmesini hızlandırmak için hayati önem taşır.

d) **İş birliği ve Bilgi Paylaşımı:** Üye devletler, kritik altyapı operatörleri ve AB kurumları arasında iş birliği ve bilgi paylaşımı, tehditlerin daha iyi anlaşılmasına ve koordineli bir yanıt verilmesine olanak tanır. Bu iş birliği hem ulusal düzeyde hem de AB düzeyinde gerçekleştirilmelidir. Üye devletler, kendi aralarında ve AB kurumlarıyla bilgi paylaşarak, en iyi uygulamaları yaygınlaştırabilir, ortak tehditlere karşı daha etkili önlemler alabilir ve kriz durumlarında birlikte hareket edebilirler. Özel sektörle iş birliği de kritik altyapı operatörlerinin deneyimlerinden ve uzmanlığından yararlanmak için önemlidir.

Karşılaşılan Zorluklar ve Gelecek Perspektifleri

AB'nin kritik altyapı dayanıklılığı yaklaşımı, sürekli değişen tehditler ve zorluklarla karşı karşıyadır. Siber saldırıların artan karmaşıklığı, iklim değişikliğinin etkileri ve altyapı sistemlerinin birbirine olan bağımlılığı, yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Siber saldırılar, artık sadece basit kesintilere neden olmakla kalmayıp, aynı zamanda veri hırsızlığına, fidye taleplerine ve hatta altyapının kontrolünü ele geçirmeye yönelik daha karmaşık ve sofistike hale gelmiştir. İklim değişikliği ise, sel, orman yangını, kuraklık ve aşırı sıcaklık gibi doğal afetlerin sıklığını ve şiddetini artırarak, kritik altyapıyı fiziksel olarak tehdit etmektedir. Altyapı sistemlerinin birbirine olan bağımlılığı ise, bir sektördeki bir kesintinin diğer sektörleri de etkileyebileceği anlamına gelmektedir. Bu zorluklarla başa çıkmak için, AB'nin sürekli olarak politikalarını güncellemesi, yeni teknolojilere yatırım yapması ve uluslararası iş birliğini güçlendirmesi gerekmektedir. Gelecekte, yapay zeka, büyük veri ve nesnelerin interneti gibi teknolojilerin kritik altyapı üzerindeki etkileri de dikkate alınmalıdır. Bu teknolojiler hem yeni fırsatlar sunmakta hem de yeni güvenlik riskleri yaratmaktadır.

AB'nin kritik altyapı dayanıklılığı yaklaşımı, Avrupa'nın güvenliği ve refahı için hayati öneme sahiptir. Bu yaklaşım, üye devletler arasındaki iş birliğini teşvik ederek, ortak standartlar oluşturarak ve kritik sektörlerin çeşitli tehditlere karşı hazırlıklı olmasını sağlayarak, Avrupa'nın kritik altyapısının dayanıklılığını artırmayı amaçlamaktadır. Sürekli değişen tehdit ortamı göz önüne alındığında, bu yaklaşımın sürekli olarak güncellenmesi ve güçlendirilmesi gerekmektedir. AB'nin bu alandaki çabaları, yalnızca üye devletler için değil, küresel düzeyde de kritik altyapının korunması konusunda önemli bir model teşkil etmektedir.

3.2.2 Amerika Birleşik Devletleri'nin Kritik Altyapı Dayanıklılığı Yaklaşımı

Amerika Birleşik Devletleri'nin kritik altyapı yaklaşımının temeli, 21 Sayılı Başkanlık Politika Direktifi (PPD-21) ile belirlenen resmi tanımda yatmaktadır. Bu direktif, 7 Sayılı Anavatan Güvenliği Başkanlık Direktifi'nin yerini almıştır. PPD-21'e göre kritik altyapıların tanımı, "fiziksel veya sanal varlıklar, sistemler ve ağlar olup, Amerika Birleşik Devletleri için o kadar hayati öneme sahiptirler ki, bunların işlevsiz kalması veya yok edilmesi güvenlik, ulusal ekonomik güvenlik, ulusal kamu sağlığı veya güvenliği ya da bunların herhangi bir kombinasyonu üzerinde zayıflatıcı bir etkiye sahip olacaktır" olarak belirtilmiştir. https://www.cisa.gov/topics/critical-infrastructure-security-and-resilience/critical-infrastructure-sectors ; https://www.cisa.gov/topics/critical-infrastructure-security-and-resilience/national-infrastructure-protection-plan-and-resources

Bu tanım belirli teknolojileri, şirketleri veya sistemleri listelemek yerine, “etki odaklı” bir yaklaşımla geliştirilmiştir. Böylelikle bu sistemlerin başarısızlığının yaratacağı "zayıflatıcı etki" üzerine odaklanmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde kritik altyapı çerçevesi önemli bir esneklik ve geleceğe dönüklük kazanmaktadır. Günümüz dünyasında yer alan teknolojinin hızla değiştiği ve geliştiği bir ortamda,

kritikliği belirli varlıklara bağlamak, tanımın kısa sürede eskiyip işlevsiz kalmasına neden olabileceği öngörülmüştür. Etki odaklı bir tanımın oluşturulması, yeni teknolojiler ortaya çıktıkça veya mevcut olanlar önemini yitirdikçe, hükümetin yeni bir yasal düzenlemeye gerek duymadan, potansiyel bir başarısızlığın ulusal işlevler üzerindeki olası sonuçlarını değerlendirerek bir sistemi "kritik" olarak belirlemesine olanak tanımaktadır. Dolayısıyla bu durum CISA gibi kurumlara önemli bir yetki ve sorumluluk yüklerken, aynı zamanda risk değerlendirmesi ve potansiyel başarısızlıkların zincirleme etkilerini modelleme ihtiyacını da ön plana çıkarmaktadır. Bu modelleme ihtiyacı, daha sonra incelenecek olan "Ulusal Kritik Fonksiyonlar" çerçevesinin de temelini oluşturur. https://www.gao.gov/assets/gao-22-104279.pdf

Stratejik Rol: Ulusun temel varlığının devam ettirilmesi adına kritik altyapının korunması ABD için hem stratejik hem de teknik bir zorunluluktur. Resmi belgeler, bu altyapıların korunmasının ve sürekliliğinin sağlanmasının "ulusun güvenliği, kamu sağlığı ve emniyeti, ekonomik canlılığı ve yaşam tarzı için elzem" olduğunu açıkça belirtmektedir. Enerji santrallerinden iletişim ağlarına, finansal sistemlerden gıda tedarik zincirlerine kadar bu sektörlerin istikrarı, modern Amerikan toplumunun günlük işleyişinin temelini oluşturur. Bu nedenle, bu altyapılara yönelik herhangi bir ciddi saldırı veya bozulma, sadece ekonomik kayıplara değil, aynı zamanda ulusal güvenliğin ve toplumsal düzenin sarsılmasına da yol açma potansiyeli taşır (https://dhs.gov/xlibrary/assets/nipp_consolidated_snapshot.pdf). CISA (Siber Güvenlik ve Altyapı Güvenlik Ajansı) ilk kapsamlı Stratejik Planını 2023-2025 yılları arasında yapmış olup bu stratejik planın proaktif ve geleceğe dönük bir duruş benimsediğini açıklamıştır. Bu plan dört ana hedeften oluşmaktadır ve bu hedefler sırasıyla aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

- **Siber Uzayın Savunması ve Dayanıklılığını Sağlama:** Fedaral ağların güçlenmesini ve özel sektörlerle iş birliği ortamı sağlayarak potansiyel siber saldırıların ilerleyen zamanlarda ciddi hasarlara yol açmaması için bu tehlikerin önceden tespit etmek olarak belirtilmiştir.
- **Amerika'nın Kritik Altyapısının Dayanıklılığını Güçlendirme:** Altyapıya ilişkin olası riskleri belirleyip, bu riskleri önlemek veya azaltmak için gerekli çalışmaların başlatılmasını sağlamak, paydaşların siber ve fiziksel tehditlere karşı kapasitelerini artırmak bu hedefin görevleri olarak belirlenmiştir.
- **Ulus Çapında Operasyonel İşbirliğini ve Bilgi Paylaşımını Güçlendirme:** Hükümet, endüstri, akademi ve uluslararası ortaklarla daha eyleme yönelik bir iş birliğine geçmek olarak ifade edilmiştir.
- **"Tek CISA" Olarak Bütünleşme:** Ajans içinde entegre fonksiyonlar, yetenekler ve bir iş gücü aracılığıyla birleşmek olarak tanımlanmıştır.

https://www.cisa.gov/strategic-plan ;
https://ec.europa.eu/newsroom/cipr/items/765280/en

CISA'nın 2025–2026 Uluslararası Stratejik Planı ise, kritik altyapı güvenliğinin artık sadece ulusal sınırlarla sınırlı bir mesele olmadığının açık bir kabulüdür. Plan, ABD altyapısının yabancı varlıklara ve küresel tedarik zincirlerine ne kadar bağımlı olduğunu kabul eder. Bu bağlamda, planın temel hedefleri şunlardır:

- **ABD'nin Bağımlı Olduğu Yabancı Altyapının Dayanıklılığını Artırmak:** ABD'nin kritik fonksiyonlarını etkileyebilecek yabancı ağların ve sistemlerin güvenliğini güçlendirmek için uluslararası ortaklarla proaktif olarak çalışmak.
- **Entegre Siber Savunmayı Güçlendirmek:** Küresel ortaklarla tehdit istihbaratı paylaşımını ve ortak operasyonel faaliyetleri artırarak kolektif bir savunma duruşu oluşturmak.
- **Uluslararası Faaliyetlerin Ajans Koordinasyonunu Birleştirmek:** Ajansın uluslararası angajmanlarını daha verimli ve senkronize bir şekilde yönetmek.

Bu strateji, ulusal siber güvenliğin artık iç ve dış politika arasında net bir ayrım yapılamayan bir alan olduğunu ve küresel iş birliğinin bir seçenek değil, bir zorunluluk olduğunu göstermektedir.

https://www.cisa.gov/2025-2026-cisa-international-strategic-plan

3.2.3 ABD Kritik Altyapı Sektörleri ve Fonksiyonları

PPD-21, ABD'nin kritik altyapı ekosistemini oluşturan 16 temel sektörü tanımlamıştır. Bu sektörler, ulusun işleyişi için hayati kabul edilen geniş bir faaliyet yelpazesini kapsamaktadır. Bu sektörlerin her biri, kendi içinde karmaşık sistemler, ağlar ve varlıklar barındırır ve birbirleriyle derin bir karşılıklı bağımlılık içindedir. Aşağıda Tablo 3-1'de ABD'de belirlenen 16 kritik altyapı sektörü ve her bir sektörün risk yönetimi ve dayanıklılık çabalarına liderlik etmekle görevli federal kurumları (Sektör Risk Yönetim Ajansları - SRMA) göstermektedir (https://www.cisa.gov/topics/critical-infrastructure-security-and-resilience/critical-infrastructure-sectors). Bu yapı, federal hükümet içindeki uzmanlığın nasıl dağıtıldığını ve CISA'nın merkezi koordinasyon rolünün önemini ortaya koymaktadır.

3.2.4 Japonya'nın Kritik Altyapı Dayanıklılığı Yaklaşımı

Japonya'nın kritik altyapı tanımı, ABD'nin etki odaklı tanımından farklılık göstererek, daha çok hizmet ve toplumsal temeli hedef almaktadır. Gönüllülük ve paylaşım esaslarına göre bu hedefleri şekillendiren Siber Güvenlik Temel Yasası ve Ulusal Siber Hazırlık ve Strateji Merkezi'nin (NISC) Eylem Planlarına göre kritik altyapı, "ulusal yaşamın ve sosyoekonomik faaliyetlerin temeli" olarak tanımlanır ve bu altyapının bozulmasının "ulusal yaşam veya sosyoekonomik faaliyetler üzerinde önemli bir etkiye" yol açacağı belirtilir. Japonya'nın kritik altyapı için oluşturmuş olduğu bu tanım, kritik altyapıların toplumun sürekliliği için oynadığı temel role vurgu yapmaktadır (https://www.nisc.go.jp/eng/index.html).

Tablo 3-1 ABD Kritik Altyapı Sektörleri ve Lider Federal Kurumları (SRMA'lar)

Sektör Adı	***Sektör Açıklaması (Özet)***	***Sektör Risk Yönetim Ajansı (SRMA)***
Kimya	Temel kimyasalların üretimi, depolanması ve taşınması.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) / CISA
Ticari Tesisler	Stadyumlar, alışveriş merkezleri gibi halka açık toplanma alanları.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) / CISA
İletişim	Telekomünikasyon, yayın ve kablo ağları.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) / CISA
Kritik İmalat	Ulusal güvenlik ve ekonomi için hayati önem taşıyan ürünlerin imalatı.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) / CISA
Barajlar	Su tutma, taşkın kontrolü ve hidroelektrik enerji üretimi.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) / CISA
Savunma Sanayi Üssü	ABD ordusu için askeri teçhizat ve hizmetlerin üretimi.	Savunma Bakanlığı (DoD
Acil Durum Hizmetleri	Kolluk kuvvetleri, itfaiye, acil tıp ve kamu işleri vb.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) / CISA
Enerji	Elektrik, petrol ve doğal gaz üretimi ve dağıtımı.	Enerji Bakanlığı (DOE)
Finansal Hizmetler	Bankacılık, menkul kıymetler ve sigortacılık sistemleri.	Hazine Bakanlığı
Gıda ve Tarım	Gıda üretimi, işlenmesi ve dağıtımı.	Tarım Bakanlığı (USDA) & Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı (HHS)
Devlet Tesisleri	Ulusal anıtlar ve federal binalar dahil olmak üzere devlet tesisleri.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) & Genel Hizmetler İdaresi (GSA)
Sağlık ve Halk Sağlığı	Hastaneler, klinikler ve halk sağlığı kurumları.	Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı (HHS)
Bilgi Teknolojileri	Donanım, yazılım ve internet hizmetleri.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) / CISA
Nükleer Reaktörler, Malzemeler ve Atıklar	Nükleer enerji santralleri ve nükleer malzemelerin depolanması.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) / CISA & Nükleer Düzenleme Komisyonu (NRC)
Ulaşım Sistemleri	Havacılık, karayolu, demiryolu ve deniz taşımacılığı.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) & Ulaştırma Bakanlığı (DOT)
Su ve Atık Su Sistemleri	İçme suyu temini ve atık su arıtma.	Anavatan Güvenliği Bakanlığı (DHS) & Ulaştırma Bakanlığı (DOT)

Bu temel tanımın yanında, kritik altyapı kavramının anlaşılmasında ve çerçevesinin oluşturulmasında önemli bir role sahip olan Ekonomik Güvenliği Teşvik Yasası'nın dahil edilmesiyle Japonya'nın yaklaşımını daha bütüncül ve riskleri çok yönlü bir şekilde ele aldığını göstermektedir. Bu yasa, yalnızca siber saldırılar gibi operasyonel tehditlere değil, aynı zamanda yabancı devletlerin ekonomik baskı ve tedarik zinciri manipülasyonu yoluyla Japonya'nın ulusal güvenliğine zarar vermesini önlemeye odaklanmaktadır aynı zamanda Japonya'nın hizmet ve toplumsal temele sahip çıkma zihniyetiyle ilerlediklerini tekrar belirtmektedir. Tehditlerin sadece bir sistemi devre dışı bırakan doğrudan bir siber saldırıdan değil, aynı zamanda bir güvenlik açığı yerleştiren yabancı bir tedarikçiden veya kilit bir hizmet üzerindeki kontrolünü koz olarak kullanan yabancı bir güçten de kaynaklanabileceğini kabul eder. Bu, yalnızca siber savunmaya odaklanan bir yaklaşımdan daha bütüncül bir güvenlik anlayışıdır.

https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/infra/doc/pamphlet_dounyu_eng.pdf

Japonya Kritik Altyapı Sektörleri

Japonya'nın kritik altyapı sektörleri, farklı yasal çerçevelere göre küçük farklılıklar gösterse de NISC'nin siber güvenlik eylem planlarında tutarlı bir şekilde 15 sektör tanımlanmaktadır. Resmî belgeler arasında sektör sayısında görülen bu küçük farklılıklar (bazı belgelerde 14, bazılarında 15 sektör listelenmesi) bir çelişki değil, farklı yasaların farklı amaçlara ve kapsamlara sahip olmasının bir yansımasıdır. Örneğin, NISC'nin siber güvenlik odaklı eylem planları operasyonel sürekliliği hedeflerken, Kabine Ofisi'nin Ekonomik Güvenliği Teşvik Yasası jeopolitik risklere ve tedarik zinciri güvenliğine odaklanır. Bu nedenle, bir yasanın kapsamına giren bir iş alanı, diğerinin kapsamına girmeyebilir veya farklı bir şekilde gruplandırılabilir. Bu durum, Japonya'nın tehditleri ve riskleri farklı katmanlarda ele aldığını göstermektedir. Bu sektörler, Japon toplumunun ve ekonomisinin temel direklerini oluşturur. https://www.nisc.go.jp/policy/group/infra/policy.html ; https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/infra/doc/pamphlet_dounyu_eng.pdf

Tablo 3-2, Japonya'nın kritik altyapı sektörlerini, bu sektörlerden sorumlu olan güçlü bakanlıkları ve ilgili yönetişim çerçevesini ayrıntılı biçimde özetlemektedir. Tablo, farklı sektörlerin hangi bakanlık veya kurumlar tarafından yönetildiğini ve bu alanlarda hangi yasal ve stratejik belgelerin uygulandığını göstermesiyle öne çıkar. Böylece Japonya'nın dağıtık yönetişim modeli, merkezi ve yerinden yönetim arasındaki dengeyi nasıl kurduğunu; NISC'nin ise siber güvenlikte çok paydaşlı yapı içinde koordinasyon görevini nasıl üstlendiğini açıkça ortaya koyar. Tablo sayesinde, her sektörün hem kendi içindeki öncelikleri hem de ulusal güvenlik ve ekonomik istikrar açısından genel sistem içindeki yeri daha net şekilde anlaşılmaktadır.

(https://www.nisc.go.jp/policy/group/infra/policy.html)

Tablo 3-2 Japonya Kritik Altyapı Sektörleri ve Sorumlu Bakanlıkları

Sektör adı	Sorumlu Bakanlık/Kurum	İlgili Yönetişim Çerçevesi
Bilgi ve İletişim	İçişleri ve Haberleşme Bakanlığı (MIC)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Finans	Finansal Hizmetler Ajansı (FSA)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Havacılık	Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı (MLIT)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Havalimanları	Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı (MLIT)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Demiryolları	Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı (MLIT)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Elektrik Gücü	Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Gaz	Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Devlet ve İdari Hizmetler	İçişleri ve Haberleşme Bakanlığı (MIC)	Siber Güvenlik Eylem Planı
Tıbbi	Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı (MHLW)	Siber Güvenlik Eylem Planı
Su Kaynağı	Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı (MLIT)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Lojistik	Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı (MLIT)	Siber Güvenlik Eylem Planı
Kimyasal	Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI)	Siber Güvenlik Eylem Planı
Kredi	Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Petrol	Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI)	Siber Güvenlik Eylem Planı, Ekonomik Güvenlik Yasası
Limanlar	Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı (MLIT)	Siber Güvenlik Eylem Planı

Japonya'nın Kritik Altyapıları Koordineli Yönetim Modeli

Koordineli Yönetim Modelinin Amerika'nın CISA Modelinden farklıdır ve uyum içinde çalışmasını sağlamak için, 2015 yılında Kabine bünyesinde Ulusal Siber Hazırlık ve Strateji Merkezi (NISC) kurulmuştur. NISC, Baş Kabine Sekreteri başkanlığındaki Siber Güvenlik Strateji Merkezi'nin sekretaryası olarak görev yapar. NISC'nin rolü, bakanlıklara emir vermek veya onları denetlemekten ziyade, hükümet içi iş birliğini koordine etmek, kamu-özel sektör ortaklıklarını teşvik etmek, ortak

standartlar belirlemek ve bir hükümet CERT'i (Bilgisayar Acil Durum Müdahale Ekibi) olarak hareket etmektir. NISC'nin başarısı, bu güçlü bakanlıkları ortak bir strateji etrafında birleştirmek için ikna ve koordinasyon yeteneğine bağlıdır; bu da önemli bir siyasi ve bürokratik zorluktur (https://www.nisc.go.jp/eng/index.html#sec4)

Japonya'da sektör güvenliğiyle ilgili sorumluluk öncelikli olarak ilgil denetleyici bakanlara aittir. Bunun sebebi ise Japonya'nın savaş sonrası yönetim sisteminin derin köklerine dayanmaktadır. Bakanlıklar düzenli olarak denetledikleri endüstrilerle uzun süreli ve sağlam bir ilişki kurduklarından dolayı her sektörde ciddi ölçüde uzmanlık birikimi sağlamaktadır. Örneğin: Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI): Enerji (elektrik, gaz, petrol), kimya ve kredi kartı sektörlerinden sorumludur. İçişleri ve Haberleşme Bakanlığı (MIC); Bilgi ve iletişim sektöründen sorumludur. Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı (MLIT): Havacılık, demiryolu, limanlar ve su temini gibi ulaştırma ve altyapı sektörlerini denetler. Finansal Hizmetler Ajansı (FSA): Finans sektörünün güvenliğinden sorumludur.

Bu modelin gücü ortaya çıkardığı güçlü taraflar olmasına rağmen aynı zamanda zayıf yönleri de mevcuttur. Güçlü yönleri; her bakanlığın kendi sektörünün dinamiklerini, teknolojisini ve risklerini yakından bilmesi olarak belirtilirken zayıf tarafları, bakanlıklar arasında siloların oluşması ve güvenlik önlemlerinin sektörler arasında tutarsız bir şekilde uygulanması potansiyeli olarak tanımlanmıştır. https://www.meti.go.jp/english/policy/safety_security/cybersecurity/index.html ; https://www.nisc.go.jp/pdf/policy/infra/cip_policy_abst_2024.pdf

Özet olarak Japonya'nın kritik altyapılar özelinde benimsediği temel hususlar; kritik altyapıları insanların sosyal yaşamları ve ekonomik faaliyetleri için esas olarak görmekte ve bunları gelecekte yaşanabilecek olası tehditlere karşı koruyarak istikrarlı hizmet sağlamayı en önemli görev addetmektedir. Özellikle meydana gelen son büyük depremlerden de varılan sonuçlar doğrultusunda , bilgi teknolojilerinin gelişmesi ve karşılıklı bağımlılığın artmasıyla birlikte, bireysel işletmelerin aldığı önlemlerle ulusal kritik altyapıların tamamının güvence altına alınamadığı durumlar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, kritik altyapıların bilgi teknolojileri arızalarıyla başa çıkmak için sektörler arası bilgi güvenliği önlemlerinin daha da güçlendirilmesi acil bir konu haline gelmiştir.

https://www.nisc.go.jp/eng/pdf/national_strategy_001_eng.pdf

3.2.5 Kritik Altyapı Dayanıklılığı için OECD Risk Yönetim Politikalarının Teknik Değerlendirilmesi

OECD'nin 2019 yılı raporu, modern ekonomilerin temel taşlarından biri olan kritik altyapıların dayanıklılığını artırmaya yönelik teknik ve sistematik yaklaşımları detaylandırmaktadır. Kritik altyapılar yalnızca fiziksel tesisler değil, aynı zamanda tedarik zincirleri, bilişim ağları ve bu altyapılar arasında karşılıklı bağımlılıkları temsil eder. Özellikle enerji, telekomünikasyon, su ve ulaşım gibi sektörler, karmaşık sistemler üzerinden çalışmakta ve zincirleme etkiler yaratabilecek kırılganlıklara sahiptir..

Karmaşık Sistemlerde Karşılıklı Bağımlılık

Kritik altyapılar arasındaki karşılıklı bağımlılıklar, bir sistemde meydana gelen bir arızanın diğer sistemlere hızla yayılmasına neden olabilir. Örneğin, enerji altyapısında yaşanan bir kesinti, telekomünikasyon, sağlık ve su yönetimi gibi diğer sektörlerde ciddi işlev kayıplarına yol açabilir. OECD raporu, bu tür zincirleme etkileri minimize etmek için ağ tabanlı modelleme ve senaryo analiz yöntemlerini önermektedir. Özellikle etki alanı analizi (impact analysis) ve arıza dallanma simülasyonları, altyapıların kırılganlıklarını önceden tahmin etmek ve dayanıklılık stratejileri geliştirmek için kullanılmaktadır.

Finlandiya Elektrik Şebekesi Dayanıklılığı Modeli

Raporda detaylandırılan Finlandiya'nın elektrik şebekesi dayanıklılığı modeli, altyapı dayanıklılığını artırmak için uygulanan teknik çözümleri ve iyi yönetişim mekanizmalarını vurgulamaktadır. Finlandiya'nın Ulusal Acil Durum Tedarik Ajansı (NESA), kamu-özel sektör iş birliği ve düzenleyici teşviklerle elektrik şebekesinin kesintisiz ve güvenli işleyişini sağlamayı hedeflemektedir. Bu modelde kullanılan teknik araçlar arasında, hava koşullarına dayanıklı elektrik hatlarının iyileştirilmesi, akıllı şebeke sistemlerinin entegrasyonu ve enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi bulunmaktadır. Finlandiya ayrıca, iklim değişikliği nedeniyle artan doğal afet risklerine karşı proaktif bir yaklaşım benimseyerek altyapılarını düzenli olarak stres testlerine tabi tutmaktadır.

OECD Politika Araç Kiti ve Teknik Uygulamalar

Raporda yer alan OECD Politika Araç Kiti, kritik altyapı dayanıklılığını artırmaya yönelik yedi aşamalı bir çerçeve sunmaktadır. Bu çerçeve, teknik uygulamaları şu şekilde detaylandırmaktadır:

- ***Risklerin Anlaşılması:*** Kritik altyapıların karşı karşıya olduğu fiziksel ve dijital tehditlerin teknik analizleri yapılmalı, tehlike haritaları ve risk simülasyonları oluşturulmalıdır.
- ***Ortak Hedeflerin Belirlenmesi:*** Paydaşlar arasında iş birliği sağlamak için altyapı dayanıklılığına yönelik spesifik metrikler ve hedefler tanımlanmalıdır.
- ***Uygun Politika Araçlarının Seçimi:*** Zorunlu düzenlemeler, mali teşvikler ve performans değerlendirme sistemleri gibi araçlar, teknik altyapıların güvenliğini artırmak için kullanılmalıdır.
- ***İzleme ve Raporlama:*** Kritik altyapıların performansı düzenli olarak değerlendirilerek, olası zayıflıklar için önlem alınmalıdır.

OECD raporu, altyapı dayanıklılığının teknik olarak geliştirilmesine yönelik yenilikçi yöntemler sunmaktadır. İyi yönetişim, paydaşlar arası iş birliği ve teknik kapasitenin artırılması, kritik altyapıların sürdürülebilirliğini sağlamada hayati önem taşımaktadır. Finlandiya gibi başarılı modellerden çıkarılan dersler, diğer ülkelerde uygulanabilecek pratik çözümler sunmaktadır. Özellikle dijital tehditlere karşı erken

uyarı sistemleri ve siber güvenlik testlerinin entegre edilmesi, altyapıların hem fiziksel hem dijital tehditlere karşı dayanıklılığını artırmak için kritik öneme sahiptir.

3.3 AFAD-KAY: Kritik Altyapı Analiz Sistemi

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından geliştirilen Kritik Altyapı Risk Analiz Sistemi (AFAD-KAY), Türkiye'deki kritik altyapıların afet risklerinin değerlendirilmesini sağlayan bir analiz ve karar destek sistemidir. TÜBİTAK ortaklığında yürütülen "Ulusal Kritik Altyapı, Varlık ve Tesisleri Belirleme, Risk Değerlendirme ve Önceliklendirme" projesinin çıktılarıyla şekillenen AFAD-KAY, sektöre özgü risk değerlendirme metodolojilerini içermektedir (Tablo 3-3). Geliştirme çalışmaları halen devam etmekte olup, sistemin metodolojileri belirlenen kritik varlıklarda uygulanabilirliğini sağlamak amacıyla öncelikli olarak sektörler özelinde deneme çalışmalarının yapılması planlanmıştır (AFAD, 2025).

Tablo 3-3 Türkiye'de Kritik Altyapıların Listesi (AFAD, TÜBİTAK-BİLGEM 2016)

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

Sistem; tehlike, maruziyet, kırılganlık ve etki bileşenlerini dikkate alarak, beklenen (ortalama) yıllık kayıp ($/yıl), dirençlilik endeksi (%) ve itibar kaybı endeksi (%) olmak üzere üç temel çıktı üzerinden risk hesaplamaları gerçekleştirmektedir (RINA, 2021). Analitik çerçevede; tehlike eğrileri, kırılganlık eğrileri ve etki parametreleri birlikte kullanılarak farklı afet senaryolarına göre altyapı varlıklarının risk düzeyi belirlenmektedir. AFAD-KAY metodolojisi kapsamında deprem, sel, rüzgar, heyelan, kaya düşmesi, çığ ve orman yangını gibi doğal tehlikelerin yanı sıra patlama ve yangın gibi teknolojik afetler de dikkate alınmaktadır. Ayrıca analizlerde; insan üzerine etki, fiziksel sistem ve altyapı üzerine etki, hizmet sürekliliği üzerine etki olmak üzere üç temel etki bileşeni değerlendirilir. Çalışmada olasılıksal yaklaşım kullanılmıştır (RINA, 2021). Kritik altyapı varlıklarının kırılganlığı, maruziyeti ve yapısal özelliklerine göre hesaplanan etki analizleriyle birlikte beklenen yıllık kayıp ve dirençlilik endeksi elde edilmektedir.

İzmir-Aliağa bölgesinde enerji, kamu hizmetleri ve üretim/ticari tesis sektörlerinde yürütülen pilot uygulamalarda, kritik altyapıların iklim değişikliğine bağlı afetlere karşı riskleri değerlendirilmiş; kırılganlık analizi, GZFT (Güçlü-Zayıf-

Yön-Fırsat-Tehdit) analizleri ve sektörel yol haritaları hazırlanmıştır (AFAD, 2021). Ayrıca, AFAD tarafından yayımlanan Kritik Altyapıların Korunması Yol Haritası (2014–2023) belgesinde, altyapıların sektörel düzeyde tanımlanması, korunması ve yönetilmesine yönelik kurumsal çerçeve sunulmuş; kritik altyapı güvenliğinin çok paydaşlı yapılarla sağlanmasına yönelik hedefler ortaya konmuştur (AFAD, 2014). Sonuçta, AFAD-KAY; enerji, sağlık, kamu hizmetleri ve üretim sektörleri başta olmak üzere, afet kaynaklı risklerin azaltılması, kritik altyapıların korunması ve karar verme süreçlerinin desteklenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Benzer analiz sistemleri farklı ülkelerde de kritik altyapıların korunması amacıyla geliştirilmiştir. Örneğin, ABD, kritik altyapıların korunmasına yönelik çalışmalarını Department of Homeland Security (DHS) çatısı altında yürütmekte olup, bu kapsamda 16 sektörel alanda altyapılar belirlenmiştir (CISA, 2019). Bu çalışmaların koordinasyonundan sorumlu National Risk Management Center bünyesinde geliştirilen National Critical Functions (NCF) Framework, altyapı güvenliğinin yalnızca sektörel ya da varlık odaklı değil, sağlanan temel işlevler üzerinden değerlendirilmesini amaçlayan yenilikçi bir yaklaşımdır.

NCF Framework, altyapı sistemlerini yalnızca fiziksel tesisler olarak ele almak yerine, bu sistemlerin topluma sunduğu kritik işlevler (functions) bağlamında analiz eder. Böylece, herhangi bir altyapı bileşeninin işlev kaybı durumunda ortaya çıkabilecek zincirleme etkiler ve ulusal düzeyde hizmet sürekliliğine olan yansımalar kapsamlı biçimde değerlendirilmektedir (DHS, 2013).

Söz konusu çerçeve kapsamında 55 adet kritik ulusal işlev tanımlanmış olup, bu işlevler dört ana başlık altında sınıflandırılmaktadır: bağlantı (connect), dağıtım (distribute), yönetim (manage) ve koruma (protect). Bu başlıklar, iletişim ve veri akışından enerji ve su dağıtımına, kamu düzeninin sağlanmasından sağlık ve siber güvenliğe kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır.

NCF Framework, risk değerlendirmelerinde altyapı bağımlılıklarının ve sistemler arası etkileşimlerin bütüncül bir şekilde ele alınmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, kritik işlevlerin sürekliliğini tehdit eden çoklu tehlikeler (ör. doğal afetler, siber saldırılar, teknolojik arızalar) karşısında dayanıklılık senaryolarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda framework hem federal hem de eyalet ve yerel yönetimler düzeyinde risk azaltma ve müdahale planlarının hazırlanmasında rehber niteliği taşımaktadır (CISA, 2019). Sonuçta, NCF yaklaşımı; kritik altyapıların korunmasında işlev odaklı bir perspektif benimseyerek, yalnızca fiziksel varlıkların güvenliğini değil, aynı zamanda hizmet sürekliliğini ve toplumsal işleyişin bütüncül şekilde korunmasını hedeflemektedir. Ayrıca, Infrastructure Resilience Planning Framework (IRPF) gibi dijital araçlar, yerel yönetimlerin altyapı dayanıklılığı planlarını oluşturmalarına destek sağlamaktadır.

Avrupa Birliği, üye ülkelerin ortak altyapılarını koruma amacıyla European Programme for Critical Infrastructure Protection (EPCIP) sistemini geliştirmiştir. EPCIP, özellikle sınır ötesi ve çok ülkeyi etkileyen kritik altyapıların güvenliğini

sağlamak üzere tasarlanmış bir politika çerçevesidir. Örneğin doğal gaz boru hatları, enerji iletim şebekeleri, ulaştırma koridorları ve bilgi-iletişim teknolojileri altyapıları gibi ulusötesi sistemlerin sürekliliği, AB iç pazarı ve vatandaşların günlük yaşam güvenliği açısından stratejik bir öneme sahiptir (European Commission, 2006; European Commission, 2008).

Program kapsamında, üye devletlerin kendi ulusal kritik altyapılarını belirlemesi, bu altyapılar için risk analizleri gerçekleştirmesi ve önceliklendirme esaslı koruma önlemleri geliştirmesi beklenmektedir. EPCIP çerçevesinde oluşturulan "European Critical Infrastructure" (ECI) sınıflaması, iki veya daha fazla ülkeyi etkileyebilecek altyapılara odaklanmakta; bu sayede sınır ötesi risklerin yönetiminde ortak bir yaklaşım geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. ECI statüsü kazanan altyapılar için ayrıntılı güvenlik planları, düzenli zafiyet analizleri ve senaryo bazlı tatbikatlar yürütülmektedir. Ayrıca, teknik ve organizasyonel dirençlilik artırma önlemlerine dair detaylı rehber dokümanlar ve en iyi uygulama kılavuzları da yayımlanmaktadır.

EPCIP'in önemli bir bileşeni olarak "CIWIN" (Critical Infrastructure Warning Information Network), üye devletler arasında erken uyarı, olay bildirimi ve kriz anında hızlı koordinasyon sağlamak amacıyla kurulmuştur. Bu ağ, özellikle siber tehditler ve büyük ölçekli doğal afetler gibi çok aktörlü müdahale gerektiren durumlarda kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, kriz sonrası toparlanma süreçlerini güçlendirmeye yönelik ortak müdahale protokolleri ve esnek iş sürekliliği planları da geliştirilmektedir (Council of the European Union, 2024).

EPCIP'in çok aktörlü ve çok düzeyli yapısı, yalnızca genel politik koordinasyonu değil, aynı zamanda somut sektörel önceliklendirmeyi de esas almaktadır. EPCIP kapsamında kritik altyapılar; enerji, ulaştırma, bilgi ve iletişim teknolojileri, su, gıda, sağlık, finans, kamu yönetimi ve uzay gibi birçok sektöre ayrılmakta ve her bir sektör için ayrı risk analizi ve müdahale planları geliştirilmektedir. Ayrıca Avrupa Komisyonu tarafından geliştirilen "European Critical Infrastructure" (ECI) listesi, üye ülkeler arası bağımlılıklar ve sınır ötesi etkiler göz önünde bulundurularak belirlenmektedir.

Bu çerçevede EPCIP, yalnızca genel bir güvenlik planlaması sunmakla kalmamakta; aynı zamanda sektörel düzeyde senaryo bazlı tatbikatlar, özel koruma standartları (ör. enerji iletim hatları için fiziki güvenlik bariyerleri, siber altyapılar için çok katmanlı güvenlik protokolleri), kriz anı iletişim ağları ve olay sonrası toparlanma protokolleri gibi çok çeşitli araçlar sunmaktadır. Örneğin, enerji altyapılarında kullanılan "Network Code" ve "Risk Preparedness Plan" dokümanları, farklı ülkelerin enerji şebekelerinin senkronize biçimde korunmasını ve müdahale edilebilirliğini artırmayı amaçlamaktadır (Regulation (EU) 2019/941).

Benzer şekilde, ulaştırma sektöründe hava, deniz ve karayolu taşımacılığını içeren entegre acil müdahale protokolleri geliştirilmiş; havaalanları ve limanlar için kritik operasyonel hizmetlerin devamlılığını sağlamak amacıyla özel güvenlik

katmanları (ör. erişim kontrol sistemleri, bağımsız enerji kaynakları, alternatif lojistik hatları) uygulanmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri alanında ise CIWIN platformu sayesinde hem siber tehditlerin hem de fiziksel kesintilerin çok uluslu düzeyde hızlı bildirilmesi ve müdahale edilmesi sağlanmaktadır. Sonuç olarak EPCIP, sektörel derinlemesine analiz ve çok katmanlı senaryo planlamasına dayalı yöntem setiyle öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım, yalnızca altyapıların korunması değil, aynı zamanda üye ülkeler arasında dayanışma, birlikte çalışabilirlik ve krizlere kolektif yanıt kapasitesinin geliştirilmesi açısından da kritik bir rol üstlenmektedir.

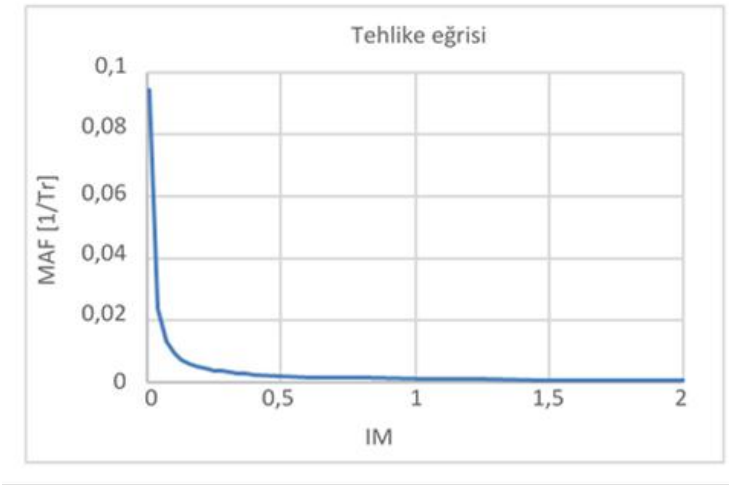
Birleşik Krallık'ta ise National Infrastructure Commission (NIC) tarafından yürütülen Critical National Infrastructure (CNI) stratejisi ile enerji, su, iletişim ve ulaşım gibi sektörler düzenli olarak değerlendirilmektedir. Özellikle siber tehditler ve iklim değişikliği temelli riskler de bu sistemin kapsamına alınmış; altyapıların uzun vadeli dayanıklılığına yönelik yol haritaları geliştirilmiştir.

AFAD-KAY Afet Kırılganlık Eğrilerinin İncelenmesi

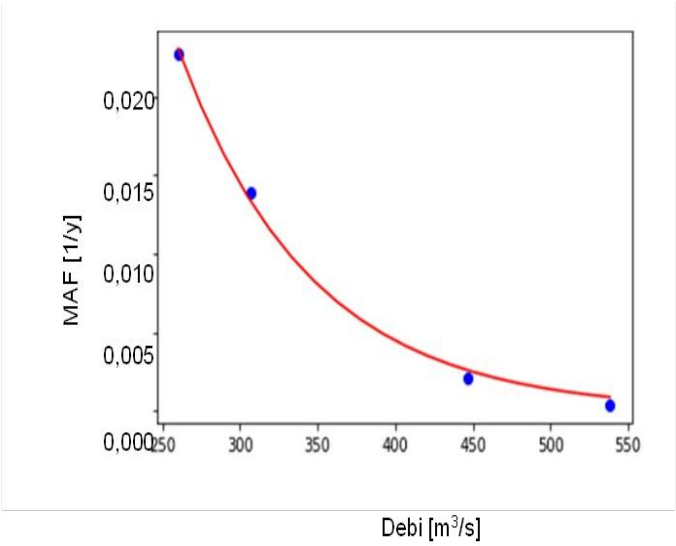
AFAD-KAY kapsamında kullanılan afet kırılganlık eğrileri, kritik altyapı varlıklarının farklı şiddet seviyelerindeki hasar olasılıklarını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu eğriler, belirli bir tehlike şiddetine (örneğin yer ivmesi, debi, yağış şiddeti) karşı hasar meydana gelme olasılığını ifade etmekte ve risk hesaplamalarında temel girdilerden birini oluşturmaktadır. Kırılganlık eğrileri, varlıkların maruziyet düzeyi ile yapısal ve yapısal olmayan özellikleri dikkate alınarak hazırlanmakta ve her bir varlık türüne özgü şekilde tanımlanmaktadır (RINA, 2021).

Deprem tehlikesi için kırılganlık eğrileri genellikle PGA (Peak Ground Acceleration) veya diğer yer hareketi parametrelerine dayalı olarak oluşturulmaktadır. Aşağıda yer alan Şekil 3-2, deprem için tipik tehlike eğrileri göstermekte olup, bu eğriler meydana gelme frekansı (MAF) ile şiddet ölçütü (IM) arasındaki ilişkiyi detaylı biçimde ortaya koymaktadır (RINA, 2021). Taşkın tehlikesi için kırılganlık eğrileri, debi (m^3/s) parametresi üzerinden tanımlanmakta ve Şekil 3-3'te sunulan eğrilerde, artan debi değerleriyle birlikte yıllık aşılma olasılığının nasıl düştüğü gösterilmektedir (RINA, 2021).

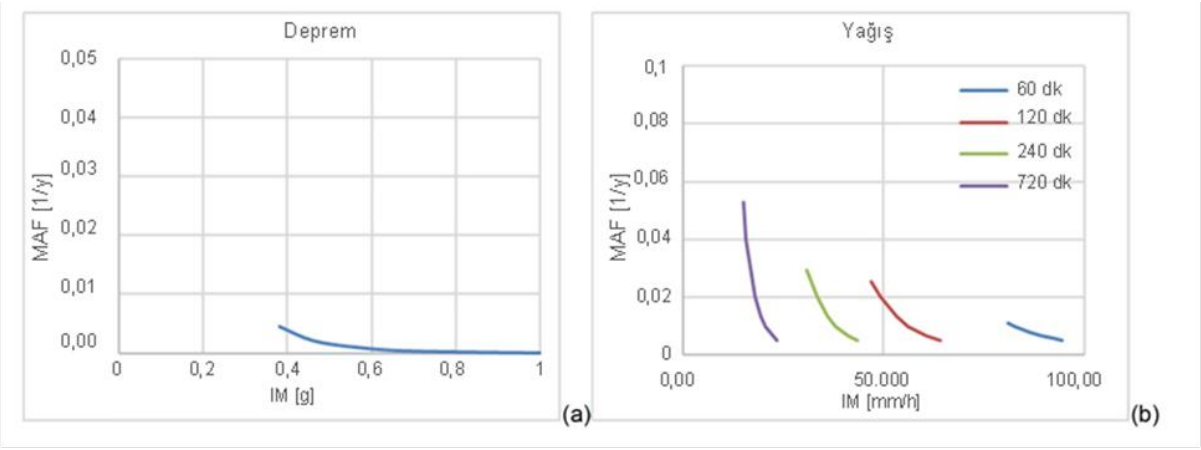
Heyelan tehlikesi analizlerinde deprem veya yağış gibi tetikleyici tehlike eğrileriyle yamaç stabilitesi birlikte değerlendirilmektedir. Şekil 3-4'de deprem ve yağış tarafından tetiklenen heyelan tehlike eğrileri sunulmakta olup, eğriler yamaç stabilitesine ve malzeme özelliklerine bağlı olarak hesaplanmaktadır (RINA, 2021). Kaya düşmesi tehlikesinde ise kritik ivme ve kaya çapı gibi parametreler dikkate alınmakta, ardından çap-frekans ilişkisi tanımlanmaktadır (RINA, 2021).



Şekil 3-2 Deprem İçin Tipik Tehlike Eğrileri



Şekil 3-3 Taşkın İçin Tipik Tehlike Eğrileri (IM=Debi)



Şekil 3-4 (a) Deprem ve (b) Yağış Tarafından Tetiklenen Tipik Tetiklenmiş Heyelan Tehlike Eğrileri

Çığ tehlikesinde, tarihsel yıllık sıklık (MAF), hız olasılık yoğunluk fonksiyonu ve basınç parametreleri kullanılarak çığ tehlikesi eğrileri elde edilmekte, Şekil 3-5'te bu analizlerin birleşimiyle oluşan tetiklenmiş çığ tehlike eğrileri yer almaktadır (RINA, 2021).

Şekil 3-5 Tarihsel MAF (a) ve Hız PDF (b) Kullanılarak Hesaplanan Tetiklenmiş Çığ Tehlikesi Eğrisi

AFAD-KAY'ın risk değerlendirme sürecinde kırılganlık eğrileri, tehlike, maruziyet ve etki bileşenleriyle birlikte kullanılarak beklenen (ortalama) yıllık kayıp, dirençlilik endeksi ve itibar kaybı endeksi gibi çıktılara ulaşılmasını sağlamaktadır (RINA, 2021). İzmir-Aliağa bölgesinde gerçekleştirilen pilot çalışmalarda, enerji, kamu hizmetleri ve üretim sektörlerinde yer alan kritik altyapı varlıklarına ait saha verileri ve literatür tabanlı parametreler birleştirilerek bu kırılganlık eğrileri geliştirilmiş ve uygulanmıştır (AFAD, 2021). Yukarıda yer verilen deprem, taşkın, heyelan, kaya düşmesi ve çığ gibi afet türlerine ilişkin eğrilerin yanı sıra her bir afet türü için ayrı ayrı kırılganlık eğrileri oluşturulmuş ve analiz edilmiştir (RINA, 2021). Sonuç olarak, AFAD-KAY metodolojisinde yer alan afet kırılganlık eğrileri, kritik altyapıların risk düzeylerinin belirlenmesinde ve karar destek süreçlerinin güçlendirilmesinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (RINA, 2021).

3.4 Kritik Altyapıların Korunması İçin Stratejik Yol Haritası

Kritik altyapıların korunması, yalnızca fiziksel tehditlere karşı dayanıklılığın artırılmasıyla sınırlı kalmayıp, dijital ortamda karşılaşılabilecek tehditlerin de kapsamlı bir şekilde ele alınmasını gerektirir. Bu bağlamda, etkili bir koruma stratejisi oluşturulması için aşağıdaki temel unsurlar detaylı bir şekilde incelenmelidir:

3.4.1 Risk ve tehdit analizi

Kritik altyapıların karşı karşıya kalabileceği tehditlerin çok boyutlu bir analizi gereklidir. Bu analiz; doğal afetler (deprem, sel, fırtına), insan kaynaklı tehditler (terör saldırıları, sabotaj) ve dijital tehditler (siber saldırılar, veri ihlallerini) kapsamalıdır. Risk analizi sırasında jeoteknik, sismik ve hidrolojik modelleme gibi bilimsel yöntemler uygulanmalıdır. Örneğin, depreme karşı dayanıklılık analizleri, yapıların titreşim davranışlarını inceleyen ileri düzey simülasyonlarla desteklenebilir. Bunun yanında, siber tehditlerin tespiti için sürekli izleme ve tehdit algılama algoritmalarından yararlanılmalıdır.

3.4.2 Risklerin önceliklendirilmesi

Kritik altyapıların maruz kalabileceği risklerin önceliklendirilmesi, ekonomik kayıplar, sosyal etkiler, çevresel zararlar ve insan güvenliği gibi faktörlere göre titizlikle yapılmalıdır. Örneğin, enerji altyapısında meydana gelebilecek bir kesinti yalnızca ekonomik kayıplara yol açmakla kalmaz; aynı zamanda hastaneler, ulaşım sistemleri ve iletişim ağlarında zincirleme etkiler yaratabilir. Bu nedenle, önceliklendirme çalışmalarında sistemik etkiler ve karşılıklı bağımlılıklar dikkate alınmalıdır.

3.4.3 Koruma stratejilerinin geliştirilmesi

Kritik altyapıların korunması için hem fiziksel hem de dijital alanda çok yönlü stratejiler geliştirilmelidir. Fiziksel koruma stratejileri arasında yapı güçlendirme, alternatif enerji kaynaklarının kullanımına yönelik planlar ve taşkın koruma sistemleri bulunmaktadır. Dijital alanda ise siber saldırıların etkilerini azaltmak için uluslararası standartlara uygun veri koruma yöntemleri, düzenli ağ güvenlik testleri ve yapay zeka destekli tehdit algılama sistemleri kullanılmalıdır.

3.4.4 Ulusal ve uluslararası iş birliği

Kritik altyapıların korunmasında başarılı olmak için kamu kurumları, özel sektör ve uluslararası organizasyonlar arasında güçlü bir iş birliği mekanizması oluşturulması zorunludur. Bu iş birliği, bilgi paylaşımı, ortak eğitim programları ve simülasyon tatbikatları gibi faaliyetlerle desteklenmelidir. Örneğin, Finlandiya'nın kamu-özel sektör iş birliğini temel alan elektrik şebekesi dayanıklılık modeli, ulusal acil durum hazırlık ajansı NESA ile uluslararası düzeyde örnek alınabilecek bir uygulamadır.

3.4.5 Bilimsel araştırma ve teknolojik çözümler

Kritik altyapıların korunmasında yenilikçi teknolojik çözümler ve ileri araştırma yöntemleri hayati önemdedir. Örneğin, makine öğrenimi algoritmaları, enerji ve ulaşım ağlarındaki potansiyel arızaları önceden tespit edebilir. Aynı şekilde, hava ve su kalitesini izlemek için kullanılan IoT sensörleri, çevresel risklerin daha iyi yönetilmesine olanak tanır. Üniversiteler, araştırma enstitüleri ve teknoloji şirketleri arasındaki iş birlikleri, bu tür yenilikçi çözümlerin geliştirilmesi için kritik rol oynamaktadır.

3.4.6 Çok paydaşlı yönetişim ve katılımcı yaklaşımlar

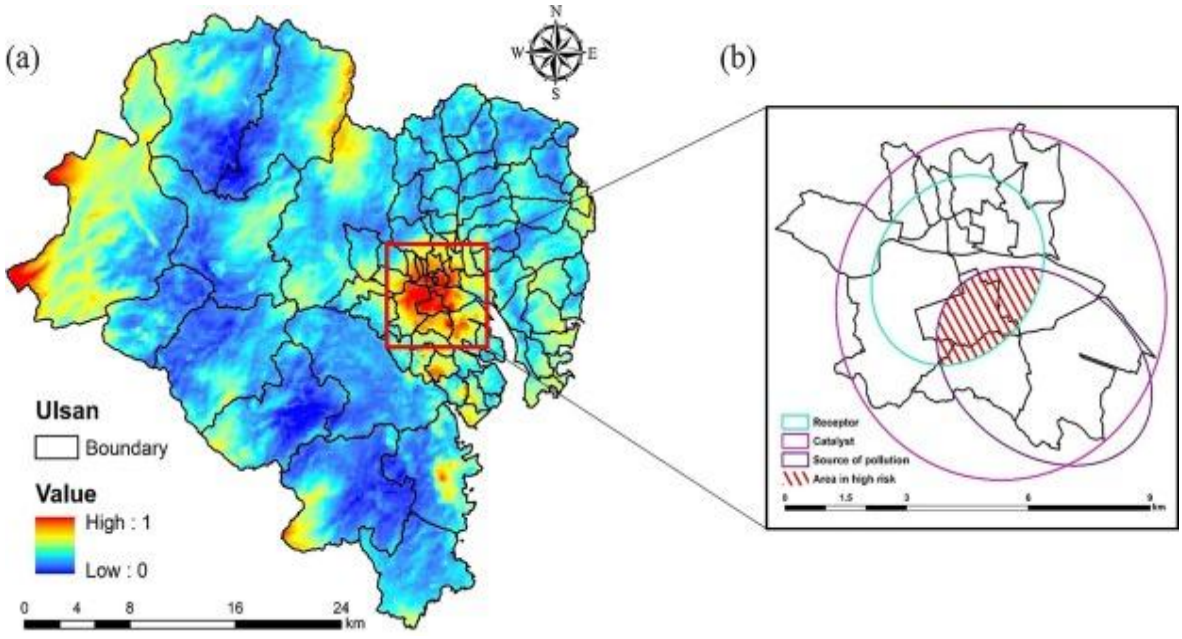
Kritik altyapıların korunmasında çok paydaşlı bir yönetişim modelinin oluşturulması, farklı sektörlerin ve toplum kesimlerinin sürece dahil edilmesini sağlar. Paydaşlar arası koordinasyonu artırmak için blockchain tabanlı güvenilir bilgi paylaşım sistemleri gibi teknolojik çözümler kullanılabilir. Ayrıca, afet anında alınacak kararların etkinliğini artırmak için gerçek zamanlı veri akışını sağlayan entegre yönetim platformları geliştirilmelidir.

Bu öneriler, kritik altyapıların hem fiziksel hem de dijital güvenliğini artırmayı hedefleyen çok disiplinli ve entegre bir yaklaşımın temel unsurlarını temsil etmektedir. Türkiye'nin afetlere karşı dirençli bir altyapıya sahip olması için bu bilimsel çerçevenin uygulanması ve sürekli olarak güncellenmesi hayati bir öncelik taşımaktadır.

3.5 Teknolojik Afet Tehlike ve Risk Azaltma Haritalarının Üretilmesinde İlişkin Akademik Çalışmalar

Luo vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, doğal afetlerin tetiklediği teknolojik kazalar olan Natech olaylarını yönetmek için tasarlanmış, web tabanlı coğrafi bilgi sistemi aracı Find-Natech'i tanıtılmaktadır. Araç, geçmiş Natech verilerini toplamak, analiz etmek, yönetmek ve paylaşmak amacıyla geliştirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kasırgayla ilgili Natech olaylarının zamansal ve mekânsal dağılımını analiz eden bir vaka çalışması, Find-Natech'in risk yöneticilerini destekleme potansiyelini göstermektedir. Nihayetinde, bu sistemin Natech risklerini daha iyi anlamaya, azaltmaya ve kamuoyu farkındalığını artırmaya katkıda bulunması hedeflenmektedir.

Yu vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Güney Kore'nin Ulsan şehrindeki kimyasal kaza riskinin mekânsal analizine odaklanmaktadır. Çalışma, coğrafi bilgi sistemi ve uzaktan algılama tekniklerini kullanarak, kimyasal tesislerin konumları, nüfus yoğunluğu ve çevresel faktörler gibi çeşitli göstergeleri değerlendirerek yüksek riskli bölgeleri belirlemiştir. Çalışmada, bu riskleri azaltmak için tesislerin düzenli güvenliğinin izlenmesi ve bölgesel planlamanın iyileştirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır (Şekil 3-6).



Şekil 3-6 (a) Sosyal ve fiziksel yönlere dayalı kimyasal risk sıcak noktası (hotspot) haritası ve (b) alıcı, kolaylaştırıcı ve kirlilik kaynağı dahil olmak üzere yüksek risk alanı (Yu vd., 2020).

Tahmid vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, kimyasal kazalar nedeniyle insan kırılganlığını ve riskini haritalandırmayı amaçlamaktadır. Özellikle yoğun nüfuslu alanlarda kimyasal tesislerin yakınlığından kaynaklanan felaket potansiyelini vurgulamaktadır. Çalışma, tehlike modellemesiyle birlikte nüfus kırılganlığını değerlendiren ve mekânsal olarak gösteren bir CBS tabanlı metodoloji önermektedir. Sonuçta ortaya çıkan bileşik risk haritası, acil durum müdahalesi ve gelecekteki arazi kullanım planlaması için önemli bir araç olarak sunulmaktadır.

Hoşcan ve Çetinyokuş (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, büyük endüstriyel kazalar durumunda güvenli bir acil durum toplanma alanı belirlemek için bilimsel bir yaklaşım sunmaktadır. Çalışmada, potansiyel patlama, yangın ve zehirli gaz yayılma etkilerini modellemek için ALOHA yazılımını kullanarak riskli alanlar belirlendiler. Son olarak, belirlenen risk alanları ve ağırlıklı kriterlere dayanarak örnek bir tesisteki aday toplanma alanlarını Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile değerlendirerek en uygun noktayı seçtiler.

Švec ve Skřínský (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, büyük kazaların tehlikelerinin kontrolü için CBS uygulamasını ele almaktadır. Özellikle, tehlikeli maddelerin dağılımını modelleyen ALOHA gibi simülasyon programlarının çıktılarının ArcGIS gibi CBS araçlarıyla birleştirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Bu entegre yaklaşım, toksik gazların yayılmasının sonuçlarını ve bu sonuçlardan etkilenebilecek hedef sistemleri (nüfuslu alanlar veya hassas ortamlar) tek bir görselde bir araya getirmeyi sağlar. Çalışma, bir karbon monoksit sızıntısı vaka çalışması üzerinden ALOHA ve ArcGIS kullanımını örnekleyerek, bu güçlü araç kombinasyonunun afet senaryolarının sonuçlarını ve etkilenen yapıları tahmin etmede nasıl kullanılabileceğini göstermektedir.

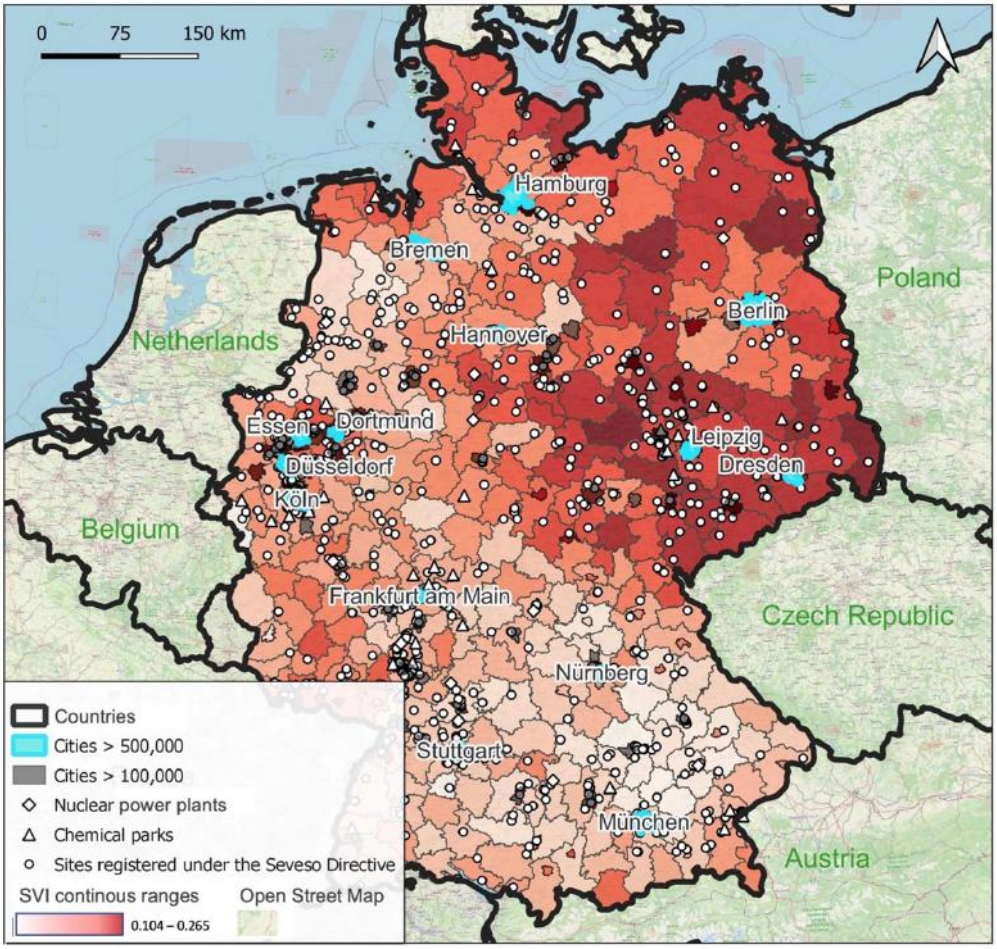
Guan vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, kentsel alanlarda endüstriyel kazaların sonuçlarını ve insan savunmasızlığını değerlendirmek için bir risk değerlendirme yöntemi sunmaktadır. Çalışma, özellikle yoğun nüfuslu bölgelerdeki kimyasal kazaların yıkıcı etkilerini azaltmayı amaçlamaktadır. Yazarlar, tehlike alanlarını ve nüfusun maruziyet, hassasiyet ve uyum gibi faktörlere dayalı savunmasızlığını analiz ederek, potansiyel riskin haritalandırılması için entegre bir risk değerlendirme prosedürü geliştirmekte ve bunu Çin'deki küçük bir kasabaya uygulamaktadır. Bu yöntem, gelecekteki arazi planlaması ve acil durum yönetimi için bölgesel risklerin görselleştirilmesine olanak tanır.

Castro Rodríguez vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, Kuzey İtalya'daki bir vaka çalışması aracılığıyla, tehlikeli Seveso tesisleriyle ilişkili bölgesel hassasiyeti temsil etmek amaçlanmıştır. Çalışma, Seveso tesislerinin çevresindeki alanlar için yasal olarak zorunlu kılınan hariç tutma ve gözlem bölgelerini belirlemek ve bu alanlardaki nüfus yoğunluğunu değerlendirmek için Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Python araçlarını kullanmıştır. Elde edilen haritalar ve analizler, büyük endüstriyel kazalara karşı bölgesel hassasiyet konusunda farkındalığı artırmaya ve dayanıklılığa dayalı karar alma süreçlerini desteklemeye katkıda bulunmaktadır. Bu

yöntem, arazi kullanım planlaması ve acil durum müdahalesi için önemli bilgiler sağlamaktadır.

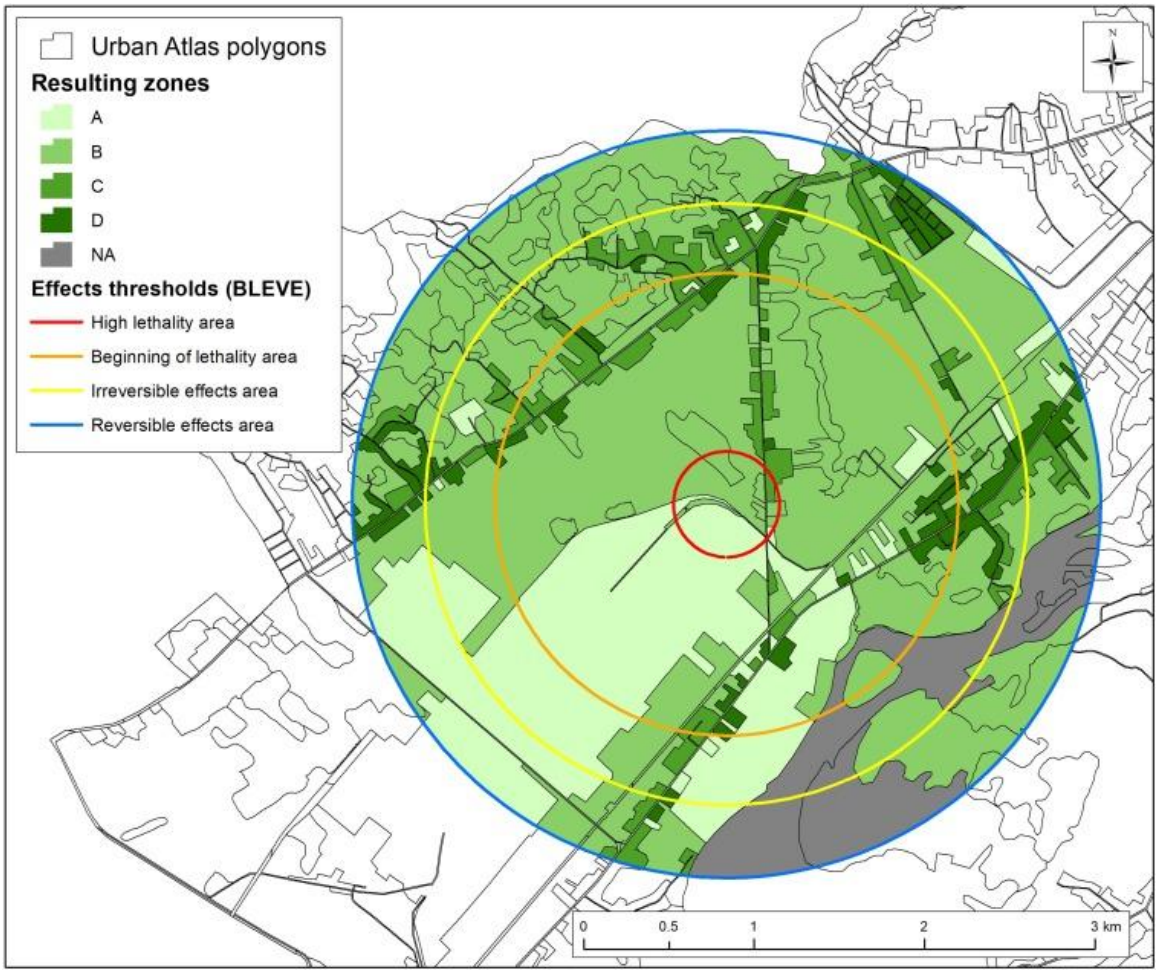
Alkış vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışma da Türkiye'deki çeşitli sanayi tesislerinde meydana gelen yangınların çevresindeki hassas yerler için oluşturduğu riskler değerlendirilmiştir. Çalışmada, endüstriyel yangınların sayıca az olsa da yüksek ısı, geniş yanan alan ve büyük hasar potansiyeli nedeniyle önemli riskler taşıdığı vurgulanmıştır. Çalışmada, bu risk seviyelerini belirlemek için Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Destek Yaklaşımı yöntemleri kullanmıştır.

Fekete ve Neuner (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, endüstriyel kazalara maruz kalma ve sosyal kırılganlığın Almanya'daki tehlikeli tesislerin çevresindeki mekânsal dağılımını analiz etmek için CBS kullanılmıştır (Şekil 3-7). Seveso Direktifi kapsamındaki sahalar, kimyasal parklar ve nükleer santraller incelenmiştir. Sonuçlar, bu sahaların çoğunun kentsel alanlarda bulunduğunu ve daha yüksek nüfus yoğunluğunun, yabancı sayısının ve daha küçük konut birimi boyutlarının bu sahalara daha yakın yerlerde daha yaygın olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, acil durum yönetim planlamasına ve afet riskini azaltma stratejilerine rehberlik edebilir.



Şekil 3-7 Almanya'da ilçe bazında sosyal kırılganlık ile nükleer tesislerinin, kimya parkları ve Seveso tesislerinin konumu (Fekete ve Neuer, 2023).

Török vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, SEVESO tipi tesisler için arazi kullanım planlamasında farklı risk değerlendirme yöntemlerini CBS ile karşılaştırmaktadır. Romanya'daki arazi kullanım planlaması kriterleri ile risk tabanlı bir yaklaşım kıyaslanmış, mevzuattaki eksiklikler vurgulanmış ve etki alanlarında önemli farklılıklar olduğu görülmüştür (Şekil 3-8).



Şekil 3-8 Romanya'daki bir tesisin BLEVE senaryosuna göre risk zonlarının arazi kullanım sınıflarıyla keşişimi (Török vd., 2020)

Ju ve Xing (2024) tarafından gerçekleştirilen bu çalışma, doğal afetlerin tetiklediği endüstriyel kazalar (Natech) bağlamında mekânsal risklerin belirlenmesi amacıyla makine öğrenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) entegrasyonunu içeren yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Araştırmada, Çin'in Changzhou kentindeki kimyasal tesislerin oluşturduğu Natech riskleri değerlendirilmiş ve altı farklı makine öğrenmesi algoritması (Rastgele Orman, K-En Yakın Komşu, Yapay Sinir Ağı, AdaBoost, GBDT ve XGBoost) karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Çalışmanın en yüksek doğruluk oranını veren modeli Rastgele Orman (Random Forest) algoritması olmuş; modelin tahmin performansı ROC-AUC metriğiyle 0.98 gibi yüksek bir başarı düzeyiyle doğrulanmıştır. Elde edilen model sonuçları, CBS ortamında (ArcGIS) mekânsal enterpolasyon yöntemiyle risk değerlerine dönüştürülerek kapsamlı bir risk haritası üretilmiştir. Harita üzerinde yapılan analizler, Natech risklerinin özellikle

şehrin doğu kesiminde yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Çalışma, yalnızca farklı makine öğrenmesi modellerinin performansını karşılaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda CBS tabanlı mekânsal analizlerin, yapay zeka destekli risk tahminleriyle bütünleştirilmesinin endüstriyel kaza önleme ve hazırlık süreçlerinde önemli bir karar destek aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Yukarıdaki akademik çalışmalara göre, SEVESO tipi tesislerde risk yönetimi ve çevresel güvenliğin sağlanmasında CBS vazgeçilmez bir araçtır. Bu bulgular, karşı kırılganlığının belirlenmesi gibi konularda MARAP'a güçlü bir temel sunar.

Bu, tesislerin konumlarını, çevresel faktörleri ve nüfus yoğunluğunu analiz ederek yüksek riskli bölgeleri dinamik olarak haritalandırmayı sağlar. Aynı zamanda, acil durum toplanma alanlarının belirlenmesi ve tehlikeli maddelerin yayılımının modellenmesi gibi konularda da CBS destekli simülasyon araçları, MARAP'ın operasyonel süreçlerinde hayati bir rol oynayacaktır.

Sonuç olarak, risk değerlendirme yöntemlerinin yerel düzenlemelerle uyumlu hale getirilmesi ve YZ destekli mekânsal risk tahminlerinin entegrasyonu, MARAP'ın endüstriyel kazaları önleme ve afetlere hazırlık süreçlerini önemli ölçüde güçlendirecektir. Bu dinamik ve teknoloji odaklı yaklaşım, sadece tesis içindeki güvenliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel risklerin daha geniş bir perspektiften izlenmesini ve yönetilmesini de sağlayarak toplumsal faydayı maksimize edecektir.

3.6 Avrupa'da Endüstriyel Tesisler İçin Temel Risk Değerlendirme Yaklaşımları

Endüstriyel tesislerin çevresel ve toplumsal risklerinin yönetilmesinde Avrupa'da üç temel risk değerlendirme yaklaşımı öne çıkmaktadır. Bu yaklaşımlar, özellikle Seveso tipi tesisler başta olmak üzere MARAP gibi bütünleşik afet risk analiz projeleri açısından büyük önem taşır. Aşağıda bu yaklaşımlar detaylı biçimde incelenmiş, ulusal ve uluslararası maruziyet kılavuzları ayrı başlıklar altında açıklanmış ve MARAP projesi ile olan ilişkileri vurgulanmıştır.

3.6.1 Sabit Mesafe Yaklaşımı

Sabit mesafe yaklaşımı, endüstriyel tesis ile hassas bölgeler arasına sabit, önceden belirlenmiş koruma mesafeleri koymayı esas alır. Bu mesafeler genellikle geçmiş endüstriyel kazaların analizi ve ulusal/uluslararası mevzuatlar dikkate alınarak belirlenir. Yöntem basit ve uygulaması kolay olmakla birlikte, çoğu zaman gerçek koşulları ve özgün çevresel faktörleri tam olarak yansıtmaz. Bu nedenle fazlasıyla koruyucu ya da yetersiz kalabilmektedir. Ancak, hızlı karar alınması gereken durumlarda veya veri kısıtlılığında bir "ilk bariyer" olarak önemli rol oynar. MARAP kapsamında, sabit mesafe yaklaşımı özellikle hızlı ön değerlendirme ve acil durum toplanma alanlarının belirlenmesinde pratik bir araç olarak değerlendirilebilir.

3.6.2 Sonuç Odaklı (Deterministik) Yaklaşım

Sonuç odaklı yaklaşımda, bir veya birkaç olası en kötü (referans) kaza senaryosu seçilerek, bu kazaların olası etkileri simülasyon ve modelleme yazılımları aracılığıyla hesaplanır. Hollanda menşeli EFFECTS, Norveç orijinli PHAST, ABD yapımı ALOHA ve Avrupa Birliği'nde geliştirilen ADAM gibi yazılımlar kullanılarak, tehlikeli maddelerin yayılımı, yangın, patlama ve toksik etkilerin mekânsal dağılımı detaylı şekilde analiz edilir. Bu yaklaşımda kazaların meydana gelme olasılığı hesaba katılmaz; sadece etkileri mekânsal olarak modellenir. Sonuç odaklı yaklaşım, özellikle MARAP'ın CBS altyapısı ile entegrasyonunda risk zonlarının haritalandırılması ve acil müdahale planlarının çıkarılması için sağlam bilimsel veri sunmaktadır.

3.6.3 Risk Odaklı (Probabilistik) Yaklaşım

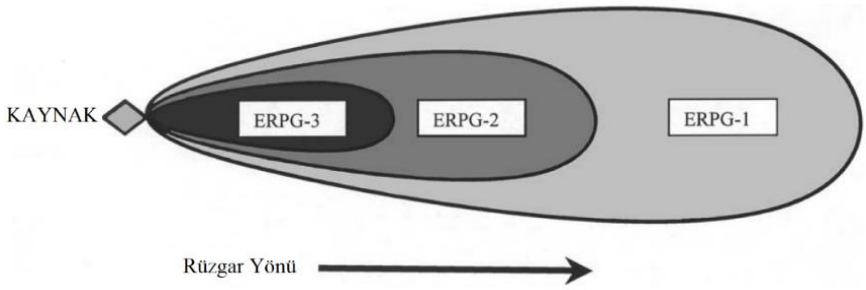
Risk odaklı yaklaşım, kazaların olası sonuçları ile meydana gelme olasılıklarının bileşimini dikkate alır ve risk kavramını hem bireysel hem de sosyal düzlemde tanımlar. Bireysel risk, belirli bir konumdaki bir bireyin hayatı boyunca maruz kalabileceği ölüm ihtimalini gösterirken; sosyal risk, belirli bir olayda etkilenen kişi sayısına odaklanır ve genellikle F-N eğrileriyle ifade edilir. Bu yaklaşım, daha dengeli ve gerçekçi bir güvenlik yönetimi sağlar; çünkü hem kazaların şiddeti hem de meydana gelme olasılığı birlikte değerlendirilir. MARAP projesinde risk odaklı analiz hem mevcut risklerin hem de dinamik olarak değişen çevresel ve nüfus parametrelerinin dikkate alınmasına imkan tanır. Böylece, gerçekçi ve etkili risk haritaları oluşturulabilir.

3.6.4 Maruziyet Kılavuzları ve Yasal Standartlar

Tehlikeli kimyasalların yayıldığı acil durumlarda, insan sağlığını korumak amacıyla çeşitli maruziyet kılavuzları geliştirilmiştir. Bu kılavuzlar, genellikle kısa süreli ve akut maruziyetlerde referans alınan sınır değerleri içerir. En yaygın kullanılan uluslararası standartlar şunlardır:

- AEGLs (Acute Exposure Guideline Levels): ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından geliştirilmiş olup, kimyasal maddelerin kısa süreli maruziyetinde insan sağlığı üzerindeki etkilerine göre üç seviyede sınır değer tanımlar (AEGL-1: hafif geçici etkiler, AEGL-2: ciddi, geri dönüşsüz etkiler, AEGL-3: ölümcül etkiler).
- TEELs (Temporary Emergency Exposure Limits): Kimyasal maddeler için geçici sınır değerlerdir ve AEGL veya ERPG'de karşılığı olmayan maddeler için kullanılır.
- ERPG (Emergency Response Planning Guidelines): Amerikan Endüstriyel Hijyen Derneği tarafından oluşturulan bu kılavuzlar, acil müdahale planlamasında kullanılmak üzere üç düzeyde maruziyet sınırı belirler (ERPG-1, ERPG-2, ERPG-3) ve endüstriyel kazalarda yaygın olarak referans alınır.

Örneğin aşağıdaki Şekil 3-9, bir kimyasal maddenin veya tehlikeli gazın çevreye yayılımını gösteren bir etki alanı diyagramıdır. Bu tür diyagramlar genellikle endüstriyel kazalar, Natech olayları veya acil durum planlaması kapsamında kullanılır.



Şekil 3-9 Ör. Bir kimyasal madde ve gazın çevreye yayılımı ve etki alanı (ERPG'ye göre)

Şekil üzerindeki bazı açıklamalar:

- **KAYNAK**: Tehlikeli maddenin yayıldığı nokta. Bu bir fabrika, depo, tanker veya boru hattı olabilir.
- **Rüzgar Yönü**: Maddenin yayılımını etkileyen temel çevresel faktör. Rüzgar, maddenin atmosferdeki dağılımını belirler.
- **ERPG Bölgeleri**:

  ERPG-3: En yüksek konsantrasyon bölgesi. Bu alanda bulunan kişiler ciddi sağlık riski altındadır.

  ERPG-2: Orta düzeyde maruziyet bölgesi. Bu alanda kısa süreli maruziyet rahatsızlık yaratabilir.

  ERPG-1: En düşük konsantrasyon bölgesi. Hafif etkiler görülebilir, ancak genellikle kalıcı zarar beklenmez.

Her bir kılavuz, kapsamı dahilindeki sınırlı sayıdaki kimyasal için, farklı sağlık risk düzeylerinde referans değerler sunar. Bunlar, acil durum yönetiminde hedeflenen nüfusun güvenli tahliyesi ve korunması için kritik önemdedir. MARAP projesinde bu tip maruziyet kılavuzları, CBS tabanlı risk haritalarının oluşturulması, toplanma alanlarının belirlenmesi ve senaryo bazlı acil müdahale planlarının geliştirilmesinde bilimsel temel oluşturur.

Söz konusu risk değerlendirme yöntemleri ve maruziyet kılavuzları, MARAP'ın bütüncül ve dinamik afet risk analizine dayalı yaklaşımında kritik bir rol üstlenir. Sabit mesafe ve sonuç odaklı yaklaşımlar, mekânsal analizlerde öncelikli ve hızlı değerlendirme araçları sunarken; risk odaklı yöntem, MARAP'ın yapay zeka ve çok kriterli karar destek sistemleriyle entegre edilmiş CBS altyapısında, gerçekçi ve sürdürülebilir risk yönetimini mümkün kılar. Maruziyet kılavuzlarının bilimsel prensipleri ise, projede karar vericilere etkin, kanıta dayalı acil müdahale stratejileri geliştirme olanağı sağlar. Böylece MARAP, sadece tesis güvenliğini değil, aynı zamanda çevresel ve toplumsal risklerin yönetimini de bilimsel ve teknolojik açıdan destekleyen çağdaş bir model olarak öne çıkmaktadır.

3.7 Büyük Endüstriyel Kazalar Riskinin Azaltılması Hakkında Uygulama Rehberleri ve Raporlar

Sanayi tesislerinin karmaşık yapısı ve tehlikeli maddelerle çalışma zorunluluğu, endüstriyel kazaları modern toplumların karşı karşıya olduğu önemli risk türlerinden biri haline getirmiştir. Bu tür kazalar, yalnızca tesis çalışanlarını değil; çevredeki toplulukları, ekosistemleri ve ekonomik yapıları da tehdit edebilecek boyuttadır. Dolayısıyla, endüstriyel kaza risklerinin önlenmesi, azaltılması ve etkili yönetimi, yalnızca bir iş güvenliği sorunu değil, çok aktörlü bir afet riski azaltma meselesidir. Bu bağlamda, hem ulusal düzeyde geliştirilen rehberler ve yol haritaları hem de uluslararası kurumlar tarafından oluşturulan politika çerçeveleri, risk temelli bir yaklaşımla güvenliğin sağlanmasına katkı sunmaktadır. Bu çalışma, Türkiye ve Birleşik Krallık gibi ülkelerin uygulama rehberleri ile uluslararası raporları inceleyerek büyük endüstriyel kazaların önlenmesine yönelik mevcut düzenlemeleri ve yönelimleri değerlendirmektedir.

3.7.1 Türkiye

Büyük Endüstriyel Kaza Risklerinin Azaltılması İşletmeciler İçin Rehber

Bu rehber, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yararlanıcısı olduğu "Seveso II Direktifinin Uygulama Kapasitesinin Artırılması İçin Teknik Yardım" projesi kapsamında hazırlanmış olup, Avrupa Birliği'nin Seveso II Direktifinin Türkiye mevzuatına (Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik) uyumlaştırılması sürecinin bir ürünüdür. Temel amacı, büyük endüstriyel kazaların insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkilerini sınırlamak ve bu tür kazaları önlemektir. Bu bağlamda, rehber, sanayileşmenin artmasıyla sıkça gündeme gelen endüstriyel kazaların önüne geçmek ve etkilerini en aza indirmek için kapsamlı bir çerçeve sunmuştur.

İşletmeciler için BEKRA mevzuatı kapsamında bir dizi önemli yükümlülük tanımlanmıştır. Bu yükümlülükler, kuruluşun tehlikeli madde miktarına göre "Alt Seviyeli Kuruluş" veya "Üst Seviyeli Kuruluş" olarak sınıflandırılmasına bağlı olarak farklılık gösterir. Her iki seviyedeki kuruluşlar için ortak olan yükümlülükler arasında bildirim yapılması, tehlikelerin belirlenmesi ve risk değerlendirmesi, Büyük Kaza Önleme Politikası (BKÖP) oluşturulması, domino etkisi durumunda bilgi alışverişi ve kazaların raporlanması bulunmaktadır. Özellikle risk değerlendirmesi, kazaların önlenmesi ve azaltılması için atılması gereken ilk adım olarak vurgulanır ve yangın, patlama, toksik yayılım gibi tehlike ve riskleri değerlendirir. Üst seviyeli kuruluşlar için ise ek olarak Güvenlik Raporu, Güvenlik Yönetim Sistemi (GYS), Dahili Acil Durum Planı (DADP) hazırlanması ve halkın bilgilendirilmesi gibi sorumluluklar getirilmiştir. GYS, kuruluşun güvenlik performansını sürekli iyileştirmeyi ve sağlam bir güvenlik kültürünü desteklemeyi hedefler.

BEKRA mevzuatının etkin uygulanmasında kamu kurumları, yani Yetkili İdareler (Yİ'ler), merkezi ve yerel seviyelerde önemli roller üstlenmektedir. Bu

idareler, işletmecilerin hazırladığı güvenlik raporlarının yeterliliğini değerlendirme, kuruluşları denetleme, arazi kullanım planlaması süreçlerine dahil olma, domino etkilerini belirleme ve yönetme ve Harici Acil Durum Planları (HADP) hazırlanmasından sorumludurlar. Yİ'ler ve işletmeciler arasında sürekli iletişim, koordinasyon ve bilgi paylaşımı, mevzuata uyumun ve güvenlik hedeflerinin başarılması için kritik öneme sahiptir. Özellikle domino etkisi, tehlikeli maddelerin yoğunlaştığı alanlarda bir kazanın diğer tesisleri etkileme potansiyeli nedeniyle özel bir dikkat gerektirmektedir.

Seveso Direktifinin evrimi, özellikle 1976'daki Seveso kazası ve 1984'teki Bhopal gibi büyük endüstriyel felaketlerden çıkarılan derslerle şekillenmiştir. Bu kazalar, ağır çevresel, sosyal ve ekonomik olumsuzluklara yol açmış ve yasal tedbirlerin sıkılaştırılmasını gerekli kılmıştır. Seveso II Direktifi, çevre için tehlikeli kategorisinin eklenmesi, güvenlik yönetim sistemleri ve arazi kullanım planlaması gibi yeni şartlar getirmesi, denetimleri ve kamuoyuyla bilgi paylaşımını artırmasıyla Seveso I'den önemli farklılıklar arz etmektedir. Mevzuatın temel prensiplerinden biri, güvenlik raporlarının içeriğinin potansiyel risklerin kapsamı ve süreçlerin karmaşıklığı ile orantılı olmasıdır. Ayrıca, risk değerlendirmesi yaklaşımında kantitatif (nicel) analizler zorunlu kılınmış, bu da bilimsel metotlarla risk seviyelerinin sayısal olarak ifade edilmesini sağlamıştır. Bu kapsamlı yaklaşım, Türkiye'nin endüstriyel güvenlik kapasitesini güçlendirmeyi ve büyük kazaların hem önlenmesi hem de etkilerinin en aza indirilmesi için sağlam bir zemin oluşturmayı hedeflemektedir.

3.7.2 Birleşik Krallık

2015 tarihli Büyük Kaza Tehlikelerinin Kontrolü Yönetmelikleri için Rehberlik

Birleşik Krallık Sağlık ve Güvenlik İdaresi (HSE) tarafından yayımlanan bu rehber, tehlikeli maddeleri içeren büyük kazaları önlemeyi ve meydana gelen kazaların insanlara ve çevreye olan etkilerini sınırlamayı amaçlayan Control of Major Accident Hazards (COMAH) Regulations 2015 mevzuatına uyum konusunda detaylı bilgi sağlamaktadır (2015). Bu düzenlemeler, Avrupa Birliği'nin Seveso III Direktifi'nin (2012/18/EU) Büyük Britanya'daki uygulamasını teşkil etmekte olup, 1 Haziran 2015 tarihinden itibaren yürürlüktedir. Rehber, operatörler, acil durum planlamacıları ve diğer COMAH görevlileri için faydalı olacak şekilde tasarlanmıştır. Rehberin takip edilmesi zorunlu olmamakla birlikte, genellikle yasaya uyum için yeterli kabul edilir.

Kuruluşların COMAH düzenlemelerine tabi olup olmadığı, Çizelge 1'de belirtilen tehlikeli maddelerin belirli bir eşik miktarının üzerinde bulunmasına bağlıdır. Bu eşikler, alt seviye ve üst seviye olmak üzere iki farklı kademede belirlenmiştir4. Tehlikeli maddeler, Küresel Kimyasal Sınıflandırma Sistemi'ne dayalı olan CLP Tüzüğü kullanılarak tanımlanır ve CLP Tüzüğündeki Teknik İlerlemelere Uyum Sağlama (ATPs) değişiklikleri COMAH düzenlemelerinin uygulanmasını etkileyebilir.

Rehber ayrıca, aynı veya benzer kategorideki tehlikeli maddelerin toplamının alınarak eşik değerlere ulaşma kurallarını ve eşik değerin %2'sinden az olan ve başka bir kazayı tetikleyemeyecek durumdaki miktarların göz ardı edilebileceği "2% kuralını" da açıklamaktadır. Hatta, normal faaliyetlerde tehlikeli madde eşik miktarlarının bulunmadığı bir kuruluşun bile, bir proses kontrolünün kaybedilmesi sonucunda eşik miktarlarda tehlikeli madde üretebilmesi durumunda düzenlemelere tabi olabileceği vurgulanmaktadır.

Rehber, operatörlerin uyması gereken bir dizi temel yükümlülüğü ayrıntılı olarak ele almaktadır. Her operatör, büyük kazaları önlemek ve sonuçlarını insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerini sınırlamak için gerekli tüm önlemleri almalı ve bunu yetkili makama kanıtlamalıdır. Tehlikeli madde miktarlarının eşikleri aşması durumunda, operatörlerin yetkili makama bildirimde bulunması gerekmektedir. Tüm operatörler, Büyük Kaza Önleme Politikası (MAPP) adı verilen yazılı bir politika hazırlamalı ve sürdürmelidir. Bu politika, üst düzey yönetimin büyük tehlike kontrolüne olan bağlılığını gösteren önemli bir belgedir. MAPP, bir güvenlik yönetim sistemi (SMS) aracılığıyla uygulanmalı ve bu sistemin kapsamı ve içeriği, kuruluşun tehlikeleri ve karmaşıklığı ile orantılı olmalıdır. Üst seviyeli kuruluşların operatörleri için, güvenlik raporları hazırlama zorunluluğu bulunmaktadır. Bu raporlar, MAPP ve SMS'in etkili bir şekilde uygulandığını, büyük kaza tehlikelerinin ve senaryolarının belirlendiğini, kaza önleme ve sonuçlarını sınırlama önlemlerinin alındığını ve dâhili acil durum planının yeterli bilgiyle hazırlandığını göstermeyi amaçlar. Ayrıca, operatörler, kuruluş alınacak önlemleri belirten dâhili acil durum planları hazırlamalıdır.

Düzenlemeler, kuruluş dışındaki önlemleri kapsayan harici acil durum planlarının hazırlanması ve test edilmesinden yerel yetkilileri sorumlu tutar. Bu planlar, büyük bir kazanın sonuçlarını minimize etmek, insan sağlığını ve çevreyi korumak, halka bilgi sağlamak ve çevrenin restorasyonunu düzenlemek gibi hedeflere sahip olmalıdır. Üst seviyeli kuruluşların operatörleri, harici planın hazırlanabilmesi için yerel makamlara gerekli bilgiyi sağlamakla yükümlüdür. Ayrıca, üst seviyeli kuruluşlarda bir Halkı Bilgilendirme Bölgesi (PIZ) belirlenerek, bu bölgedeki kişilere güvenlik önlemleri ve büyük bir kaza durumunda nasıl davranılacağına dair açık ve anlaşılır bilgi gönderilmesi zorunludur. Yetkili makam, güvenlik raporlarını inceler, kuruluşlarda denetimler ve soruşturmalar düzenler ve ciddi eksiklikler tespit etmesi durumunda işletme yasağı koyma yetkisine sahiptir. Aynı zamanda, yetkili makam, bir kuruluştaki büyük kazanın risk veya sonuçlarının, diğer kuruluşların coğrafi konumları, yakınlıkları veya tehlikeli madde envanterleri nedeniyle artabileceği "domino gruplarını" da belirler ve bu gruplar içindeki operatörler arasında bilgi alışverişi ve iş birliği teşvik edilir.

COMAH Regulations 2015, 1999 Düzenlemelerinin yerini almıştır. Yeni düzenlemeler, tehlikeli maddelerin listesinin CLP Yönetmeliği ile uyumlu hale getirilmesi, bazı tanımların değiştirilmesi, güvenlik raporları için geçiş düzenlemeleri, harici acil durum planı testlerinde yetkili makamların iş birliği için yeni bir gereklilik,

halka açık bilgilendirme için daha güçlü gereklilikler (alt seviye kuruluşlar için bile) ve domino etkisi görevinin genişletilmesi gibi bazı yeni veya değiştirilmiş görevler içermektedir. Önceki düzenlemeler altında yapılan bildirimler, büyük kaza önleme politikası, güvenlik raporları ve acil durum planları, yeni düzenlemelere uygun olanlar değiştirilene kadar geçerliliğini korur. Bu rehber, büyük kaza risklerinin yönetilmesi ve bu tür olayların potansiyel etkilerinin en aza indirilmesi için Birleşik Krallık'taki endüstriyel faaliyetler için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

3.7.3 Endüstriyel ve Kimyasal Kazaların Önlenmesi, Hazırlığı ve Müdahalesi İçin Uluslararası Çabalar İçin BM Raporu

Bu rapor, sanayi ve kimyasal kazaların önlenmesi, hazırlıklı olunması ve müdahale süreçlerine yönelik uluslararası çabaları detaylandırmaktadır. Inter-Agency Coordination Group for Industrial and Chemical Accidents (Sanayi ve Kimyasal Kazalar İçin Kurumlararası Koordinasyon Grubu) tarafından hazırlanan bu yayın (2018), uluslararası kuruluşların ve enstitülerin bu alandaki çalışmalarını bir araya getiren gayri resmi bir forumun ürünüdür (. Grubun temel hedefleri arasında uluslararası iş birliğini güçlendirmek, kaynak kullanımını optimize ederek çifte çalışmayı önlemek, her bir ajansın programlarını anlamayı ve koordine etmeyi kolaylaştırmak ve kimyasal kazaların önlenmesi, hazırlıklı olunması ve müdahalesinin kimyasalların sağlam yönetimiyle ilişkili kilit unsurlar arasında yer aldığına dair ortak bir mesaj taşımak bulunmaktadır. Avrupa Komisyonu, UN Environment/OCHA Ortak Çevre Birimi (JEU), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), Kimyasal Silahların Yasaklanması Örgütü (OPCW), Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UN Environment) ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) gibi önde gelen uluslararası kuruluşlar bu grubun düzenli katılımcıları arasında yer almaktadır. Avrupa Proses Güvenliği Merkezi (EPSC) ise gözlemci olarak katılarak belirli konularda uzmanlık sağlamaktadır.

Geçmişteki büyük sanayi ve kimyasal kazalar, bu alandaki uluslararası iş birliğinin kritik önemini gözler önüne sermiştir. Kaynaklarda belirtildiği üzere, 1984'teki Bhopal, Hindistan'daki ölümcül zehirli gaz sızıntısından 2005'teki Birleşik Krallık'taki Buncefield yangınına, 2010'daki Meksika Körfezi'ndeki Deepwater Horizon petrol sızıntısına ve 2015'teki Brezilya'daki Bento Rodrigues baraj felaketine kadar yaşanan olaylar, ölümlere, çok sayıda yaralanmaya, önemli çevre kirliliğine ve büyük ekonomik kayıplara yol açmıştır. Bu yüksek profilli kazaların yanı sıra, her yıl uluslararası manşetlere çıkmayan ancak yine de işçilere, topluluklara, işletmelere ve çevreye ciddi zararlar veren yüzlerce kimyasal kaza meydana gelmektedir. UN Environment'ın "Global Chemicals Outlook" raporu, ekonomide "kimyasal yoğunlaşmanın" arttığını vurgulamaktadır; kimyasal üretimi ve kullanımı özellikle gelişmekte olan ve geçiş ekonomisine sahip ülkelerde hızla yayılmaktadır. Bu ülkeler, sınırlı düzenlemeler, risk farkındalığının düşük olması ve yetersiz kaynaklar nedeniyle kimyasal kazaların olumsuz etkilerine karşı daha fazla risk altındadır.

Bu bağlamda, OECD, UNECE, Avrupa Komisyonu, UN Environment ve OPCW gibi kuruluşlar kazaların etkilerini azaltmaya yönelik çeşitli politika rehberleri, araçlar ve kapasite geliştirme çalışmaları sunmaktadır. Örneğin, OECD, "Kimyasal Kaza Önleme, Hazırlık ve Müdahale İçin Rehber İlkeler" ile hükümetler ve diğer paydaşlar arasında deneyim paylaşımını ve politika seçeneklerini teşvik etmektedir. UNECE'nin Sanayi Kazalarının Sınırötesi Etkileri Sözleşmesi, özellikle sınır ötesi iş birliğine odaklanarak kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılmasını amaçlamaktadır; Sandoz ve Baia Mare gibi vakalar, su kirliliğinin sınır ötesi etkilerini ortaya koymuştur. Avrupa Birliği'nin Seveso Direktifi, 1976'daki Seveso kazası sonrası kabul edilmiş olup, önleme, hazırlık, müdahale ve ders çıkarma olmak üzere dört ana sütun üzerine kurulu, küresel çapta bir referans noktası olarak kabul edilmektedir. UN Environment, APELL (Yerel Düzeyde Acil Durumlar İçin Farkındalık ve Hazırlık) ve Esnek Çerçeve programları aracılığıyla yerel ve ulusal düzeyde farkındalık ve kapasite geliştirmeye odaklanmaktadır. DSÖ ise Uluslararası Sağlık Tüzükleri (IHR) kapsamında kimyasal olayların halk sağlığı yönetimi için ulusal kapasiteleri güçlendirmekte ve uluslararası alarm ve müdahale mekanizmalarını desteklemektedir. OPCW, kimyasal güvenlik ve emniyet programlarıyla, kimyasal kazaları en aza indirmek ve kimyasal tehditleri azaltmak için ulusal kapasite oluşturmayı ve iş birliğini teşvik etmektedir.

Sanayi ve kimyasal kazalarla ilgili uluslararası topluluğun karşılaştığı önemli zorluklar bulunmaktadır. Bunlar arasında, politika düzeyinde kaza riskleri ve maliyetleri hakkında farkındalığın artırılması, yüksek bir güvenlik düzeyinin sürdürülmesi ve rehavete kapılmanın önlenmesi yer almaktadır. Ayrıca, temizlik ve iyileşme aşamalarına yönelik çalışmaların güçlendirilmesi, kazalara topluluk, belediye, bölgesel, ulusal ve küresel düzeylerde entegre bir şekilde yaklaşılması ve sınır ötesi koordinasyon sağlanması gerekmektedir. Doğal afetlerin tetiklediği teknolojik kazalar konusundaki teknik rehberlik ihtiyacının karşılanması ve kurulumların eskimesi, denetim sistemlerinin modernizasyonu ve tehlikeli tesislerdeki mülkiyet değişiklikleri gibi yükselen sorunların ele alınması da önceliklidir. Bu bağlamda, eMARS gibi veri tabanları, geçmiş kazalardan ve olaylara yakın durumlar-dan ders çıkarılmasını kolaylaştırarak potansiyel güvenlik açıkları ve yönetim zayıflıkları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Bu sistemler, teknolojik ilerlemeler ve piyasa dinamikleriyle birlikte ortaya çıkan yeni risklerin sürekli olarak tanımlanması ve yeni çözümlerin uygulanması ihtiyacını desteklemektedir.

3.7.4 Avrupa Birliği Acceptance Criteria in Denmark and EU (Raporu

Bu rapor, Duijm tarafından Danimarka Teknik Üniversitesi adına hazırlanan ve bir çalışmadır (2009). Rapor, Danimarka Çevre Koruma Ajansı'nın finansmanıyla gerçekleştirilen ve ülkenin çevresel ve acil durum planlaması süreçlerini uluslararası uygulamalarla kıyaslamayı amaçlayan kapsamlı bir incelemenin sonucudur. Çalışma, özellikle mevcut büyük tehlike tesisleri için çevresel izin denetimlerinde, mevcut tesislere yakın arazi kullanım değişikliklerinde, genişlemeler için çevresel etki değerlendirmelerinde ve yeni tesislerin kurulumunda risk kabul kriterlerinin nasıl

kullanılması gerektiği konularına ışık tutmaktadır. Rapor, insan yaşamı ve sağlığının yanı sıra çevresel kaynaklar ve doğal alanların korunması gerektiğini vurgulamakta ve 1989 tarihli "Environment Project 112" raporunun temel bilgilerini güncelleyerek bu alandaki gelişmeleri ve deneyimleri sunmaktadır.

Rapor, risk değerlendirme sürecinde kullanılan temel kavramları detaylı bir şekilde açıklayarak tehlike, sonuç ve risk terimlerinin uzmanlar tarafından nasıl tanımlandığını belirtmektedir. Rapor, bu risk ifadelerini nicel (sayısal değerler) ve nitel (sözel tanımlamalar) risk analiz yöntemleriyle ilişkilendirerek, her iki yaklaşımın avantaj ve dezavantajlarını tartışır. ALARA (As Low As Reasonably Achievable) prensibi ise her zaman uygulanması gereken, teknik ve ekonomik açıdan makul tüm güvenlik önlemlerinin alınmasını gerektiren bir ilke olarak vurgulanmaktadır.

Avrupa Birliği genelinde risk kabul kriterlerinin ve risk analiz yöntemlerinin uygulanmasında önemli farklılıklar gözlemlenmektedir. Avrupa Komisyonu'nun arazi kullanım planlama kılavuzları, tutarlılık, orantılılık ve şeffaflık gibi genel ilkeleri vurgulamasına rağmen, üye devletler arasında nicel, nitel, deterministik ve olasılıksal yöntemlerin çeşitli kombinasyonları kullanılmaktadır. Örneğin, Hollanda ve Flanders, hem mevcut hem de yeni tesisler için nicel risk kriterleri kullanırken, Birleşik Krallık bireysel risk odaklıdır. Fransa hem nicel hem de nitel unsurları içeren hibrit bir yöntem geliştirmiştir; bu yöntem, sıklık değerlendirmelerinde sınıfları kullanır ve farklı sonuç tiplerini (ısı radyasyonu, toksisite, aşırı basınç) ayrı ayrı değerlendirir. Almanya ise tamamen nitel bir yaklaşım benimsemekte, frekansları hiç değerlendirmemekte ve mesafe gereksinimleri şeklinde açık risk kabul kriterleri belirlemektedir. Rapor, özellikle çevreye verilen zararlar için açık kabul kriterlerinin eksikliğini ve mevcut risk analiz yöntemlerinin çoğunun insan yaşamına odaklandığını belirtmektedir. Bu durum, tutarlı ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmede zorluklara yol açmaktadır.

Danimarka özelinde, "Environment Project 112" raporuyla geliştirilen güvenlik bariyeri diyagramları gibi nitel yöntemlerin yararlı olduğu, ancak çevredeki alanların kaza risklerine karşı korunmasında tek tip ve genel geçerli düzenlemeler tanımlamak için yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Güvenlik mesafeleri gibi kararların duruma göre alındığı ve düşük frekanslı kaza senaryolarının her zaman yeterince dikkate alınmadığı belirtilmektedir. Tønder Raporunda görüldüğü gibi, risk analizinin sadece "referans kaza senaryoları" ile sınırlandırılması, daha ciddi sonuçlar doğurabilecek olayların göz ardı edilmesine yol açmaktadır. Bu nedenle, rapor gelecekteki çalışmalar için kapsamlı tavsiyelerde bulunmaktadır: güvenlik mesafelerinin nitel analizlerle belirlenmesi için net kılavuzlar geliştirilmesi, çevresel hasar riskleri için kabul kriterleri ve analiz yöntemleri oluşturulması (özellikle tuzlu su alanları ve yeraltı suyu akiferleri için) ve ALARA ilkesinin uygulanmasına yönelik pratik bir kılavuz hazırlanması gerekmektedir. Ayrıca, farklı türdeki savunmasız nesneler (hastaneler, okullar, acil servisler) için risk toleransının açıkça tanımlanması ve mevcut durumlar için geçiş süreleri ile aynı kriterlerin uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır.

3.7.5 Birleşik Krallığın IFRLUP Product P5 Raporu

Bu rapor, Birleşik Krallık Sağlık ve Güvenlik İdaresi (HSE) (2004) tarafından Tesisatlar Direktörlüğü (HID) ile ilgili önerileri hayata geçirmek ve özellikle arazi kullanım planlama (LUP) süreçlerinde kullanılan modeller ve metodolojiler için önceliklendirilmiş bir inceleme raporudur. HSE'nin Metodoloji ve Standartlar Geliştirme Birimi (MSDU) tarafından kullanılan yaklaşık 80 model ve 20'den fazla metodoloji portföyünden en yaygın kullanılanların gelişim ihtiyaçlarını belirlemek ve güncelleme gereksinimlerini ortaya koymak raporun ana hedefleri arasındadır. Bu inceleme, modellerin ve metodolojilerin göreceli güçlü ve zayıf yönlerini sağlam bir şekilde ortaya koyarak gelecekteki geliştirme çabalarına yön vermeyi amaçlamıştır.

Değerlendirme metodolojisi, MSDU, IFRLUP proje ekibi, WS Atkins (bağımsız dış uzman) ve HSL'den (Sağlık ve Güvenlik Laboratuvarı) temsilcilerin yer aldığı çok disiplinli bir ekip tarafından geliştirilmiştir. Bu metodoloji, tutarlılığı sağlamak amacıyla ortak bir değerlendirme ekibinin yargısal sürecine dayanmıştır. Değerlendirilen her model ve metodoloji, üç temel kriter ve üç ek kriter olmak üzere belirli ölçütlere göre puanlanmıştır. Temel kriterler şunlardır: "Amaca Uygunluk" (modelin/metodolojinin HSE'nin risk değerlendirme ihtiyaçlarını ne kadar iyi karşıladığı), "HSE için Risk" (modelin/metodolojinin sorgulanma olasılığı, örneğin bir planlama itirazında) ve "Daha Geniş Etkiler" (değişiklik gerektirebilecek dış etkenler, örneğin Avrupa'dan gelen direktifler). Ek kriterler ise "Kullanım Kapsamı", "Başarılı Geliştirme Olasılığı" ve "Anlık Bilgi Geçerliliği" (sahaya özgü verilerin kullanıldığı durumlarda) olarak belirlenmiştir. Puanlama, 0 (kesinlikle katılmıyorum) ile 3 (kesinlikle katılıyorum) arasında değişen 4 noktalı bir ölçek kullanılarak yapılmış ve bu, daha sonraki analiz aşamasına yardımcı olmuştur. Değerlendirme bulgularını doğrulamak için HSL'den bağımsız bir uzman ekibi, seçilen model ve metodolojilerin küçük bir kısmını incelemiş ve sonuçlarını P5 ekibiyle karşılaştırmıştır. Ayrıca, MSDU Konu Uzmanları da HSL tarafından bağımsız olarak mülakat yapılarak daha fazla geliştirme çalışmasının gerekebileceği alanlar hakkında destekleyici bilgi sağlamışlardır.

Yapılan analizler sonucunda, geliştirme veya değiştirme için en uygun görülen modeller belirlenmiştir. Bu modeller arasında REACTPOOL, SANDRA, TOXIC RISKAT ve MISHAP yer almaktadır. Örneğin, REACTPOOL'un çok yüksek riskli ve düşük amaca uygunlukta bir model olmasına rağmen, RASP ve TOEM gibi zayıf modellerin yerine geçmesi planlandığından geliştirilmesinin tavsiye edildiği belirtilmiştir31. SANDRA için ise mevcut bir yerine geçme sürecinin %80 tamamlandığı ve bu çalışmanın desteklenmesinin yüksek amaca uygunluk ve düşük riskli bir modelle sonuçlanacağı ifade edilmiştir32. TOXIC RISKAT, HSE'nin arazi kullanım planlama risk değerlendirme sürecinin temel bir parçası olmasına rağmen, CRUNCH ve DENZ gibi modası geçmiş ve bilimsel olarak güvenilirliği sorgulanabilir modelleri içermesi nedeniyle geliştirme veya değiştirme için önemli bir aday olarak öne çıkmıştır. MISHAP ise değerlendirilen modeller arasında en iyi performans gösterenlerden biri olmasına rağmen, tamamen itibarsızlaşmış ve güncel IT

teknolojisinde dahi çalışmayan PRAM PSR modelinin yerine geçme potansiyeli nedeniyle geliştirme için uygun bulunmuştur. Ayrıca, TOXIC RISKAT'ın bir parçası olarak DRIFT için ve PASKER'in yerine geçecek VIEWRISK süreci için sınırlı geliştirme desteği önerilmiştir.

Metodolojilerin analizi, modellerinkine benzer birçok aşamalı süreçten geçmiştir, ancak kapsamları daha dar olduğu için ayrık kategorilendirme sistemi kullanılmıştır. Metodolojilerin geliştirme ihtiyaçlarının öncelikli olarak model değerlendirme sonuçları tarafından belirleneceği sonucuna varılmıştır. Rapor, tüm metodolojilerin dokümantasyonunun gözden geçirilmesi, uygun olan yerlerde revize edilmesi ve/veya belgelenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle, MSDU dokümantasyonundaki birçok metodolojinin, PCAG (Planning Case Assessment Guide) dahil olmak üzere, gözden geçirilmeye ve güncellenmeye ihtiyacı olduğu kabul edilmiştir. TRAM gibi düşük performanslı metodolojilerin dahi, nadiren kullanıldıkları için spesifik bir geliştirme adayı olarak belirlenmediği, ancak LPG-RISKAT gibi bazı metodolojilerin, ilgili alanlarda detaylı risk değerlendirmelerine ihtiyaç duyulması halinde yüksek öncelikli olarak geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Metodoloji değerlendirmelerinde karşılaşılan zorluklar arasında, aynı değerlendirme kriterlerinin modeller ve metodolojiler için kullanılması nedeniyle oluşan belirsizlikler ve Konu Uzmanlarının deneyimlerine olan ağır bağımlılık yer almaktadır. Raporda, bağımsız HSL karşılaştırmalı çalışmasının sonuçlarının, genel değerlendirme sürecinin güvenilirliğini ve elde edilen verilerin sağlamlığını tam olarak desteklediği belirtilmiştir. Sonuç olarak, önerilen geliştirmelerin P5 programından elde edilen güvenilir verilere dayandığı ve haklı olduğu kabul edilmektedir.

3.7.6 Türkiye açısından ulusal ve uluslararası düzeydeki katkıların değerlendirilmesi

Endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması yönünde geliştirilen politika ve rehberler, afet risk azaltma çalışmalarının teknik ve yönetsel temellerini güçlendirmektedir. Türkiye'de BEKRA mevzuatı ve buna bağlı rehberler ile uluslararası düzenlemelere uyum sağlanması, sanayi tesislerinin güvenliğinin artırılmasında kritik rol oynamaktadır. Benzer şekilde, Birleşik Krallık ve AB uygulamaları da özellikle arazi kullanım planlaması ve risk kabul kriterleri gibi alanlarda dikkat çekici örnekler sunmaktadır. Uluslararası raporlar ise, bilgi paylaşımı, sınır ötesi iş birliği ve kapasite geliştirme gibi unsurların önemini vurgulamaktadır.

Tüm bu yaklaşımlar, yalnızca bir kaza meydana geldiğinde müdahale etmeye odaklanan geleneksel kriz yönetiminden uzaklaşıp, afet risklerini önceden belirlemeye ve azaltmaya dayalı bütüncül bir yönetim anlayışına geçişin somut örnekleridir. Bu nedenle, endüstriyel kazalara yönelik risk yönetimi çalışmaları, afet riski azaltma politikalarının ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmelidir

Kritik Altyapı Risk Analiz Sistemi AFAD-KAY, Türkiye Cumhuriyeti Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından geliştirilmiş olup, Türkiye'deki kritik

altyapı varlıklarının afet risklerinin değerlendirilmesine yönelik bir analiz ve karar destek sistemidir. Türkiye'de kritik altyapı sektörü; Sağlık, Enerji, Haberleşme, Ulaştırma, Bankacılık ve Finans, Kültür ve Turizm, Tarım ve Gıda, Su Yönetimi ve Barajlar, Kritik Üretim ve Ticari Tesisler ile Kritik Kamu Hizmetleri olmak üzere toplam 10 sektör olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, 2016 yılında TÜBİTAK iş birliğiyle yürütülen "Ulusal Kritik Altyapı, Varlık ve Tesisleri Belirleme, Risk Değerlendirme ve Önceliklendirme" projesi kapsamında her sektör ayrı ayrı incelenmiş ve her sektörün kendine özgü risk değerlendirme metodolojisinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya konmuştur.

AFAD-KAY, söz konusu proje çıktıları doğrultusunda sektöre özgü metodolojileri içerecek şekilde tasarlanmış ve kritik altyapıların maruz kalabileceği afet tehlikelerini analiz ederek risk düzeylerini belirlemeyi, önceliklendirmeyi ve risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Sistem, halen geliştirilme aşamasında olup, uygulama ve metodoloji çalışmalarının devam etmesi planlanmaktadır (RINA, 2021; AFAD, 2021).

- **Ulusal Dayanıklılık Endeksinde İyileşme:** Türkiye'nin afet risk yönetimi kapasitesi uluslararası değerlendirme endekslerinde (örn. INFORM Risk Index, World Risk Report) daha yüksek puanlar alacak, bu da ülkenin ekonomik, sosyal ve diplomatik prestijine önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca bu iyileşme, uluslararası fonlara ve kalkınma projelerine erişimde Türkiye'nin avantajlı bir konuma geçmesini kolaylaştıracaktır.
- **Uluslararası İş birliği Fırsatlarının Artması:** MARAP'ın entegrasyon süreciyle geliştireceği çok tehlikeli risk yönetimi modeli, diğer ülkelerle bilgi, deneyim ve teknoloji paylaşımına olanak tanıyacak; Türkiye'yi afet risk azaltımı, afet sonrası iyileşme ve mekânsal afet yönetimi konularında uluslararası platformlarda lider ülke konumuna taşıyacaktır. Bu iş birlikleri çerçevesinde bölgesel afet müdahale kapasitesi artırılabilecek ve ortak afet senaryolarına yönelik hazırlık tatbikatları düzenlenebilecektir.
- **Uluslararası Standartlarla Uyum:** MARAP'ın geliştirilmesi sürecinde uluslararası afet yönetimi standartları (Sendai Çerçevesi, INSPIRE Direktifi, ISO 22320 Acil Durum Yönetimi, ISO 31000 Risk Yönetimi vb.) temel alınarak sistemin uluslararası uyum seviyesi artırılacaktır. Böylece MARAP, Avrupa Birliği uyum süreci, Birleşmiş Milletler Afet Risk Azaltımı (UNDRR) girişimleri ve Küresel Risk Yönetimi Konsorsiyumu gibi oluşumlarda Türkiye'nin aktif katılımına destek sağlayacaktır.
- **Küresel Afet Risk Azaltımına Katkı:** MARAP üzerinden elde edilecek detaylı mekânsal risk verileri, dinamik risk analiz yöntemleri ve senaryo tabanlı tahmin modelleri, küresel afet risk azaltımı çalışmaları için değerli bir kaynak oluşturacaktır. Türkiye, bu bilgi birikimini kullanarak Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar) kapsamında küresel dayanıklılık hedeflerine doğrudan katkı sağlayacak,

bölgesel ve uluslararası afet dayanıklılığı ağlarında etkin bir aktör haline gelecektir.

Bu çok katmanlı ulusal ve uluslararası katkılar, MARAP entegrasyonunun yalnızca ülke içi afet yönetimini değil, aynı zamanda Türkiye'nin küresel afet dayanıklılığı vizyonunu da güçlendireceğini göstermektedir. Bu bağlamda, MARAP'ın sağladığı mekânsal doğrulama ve senaryo bazlı planlama imkanları, afet risk yönetimi süreçlerini daha etkili ve verimli hale getirecek, ulusal dayanıklılık endeksine olumlu yansımalar sağlayacaktır. Ayrıca, uluslararası iş birliği fırsatlarının artması, Türkiye'nin küresel afet risk azaltımı alanında lider bir konuma yükselmesini destekleyecek, bölgesel ve küresel düzeyde dayanıklılık ağlarının güçlenmesine olanak tanıyacaktır.

3.8 Genel Sonuç ve Değerlendirmeler

Türkiye'deki kritik altyapıların korunması, afet yönetimi stratejilerinin etkinliği ve ülke genelinde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için hayati bir öncelik taşımaktadır. Kritik altyapılar, sadece fiziksel varlıklar (köprüler, enerji santralleri, iletişim kuleleri gibi) olarak değil, aynı zamanda bu varlıkların birbirleriyle olan karmaşık etkileşimleri, tedarik zincirleri ve dijital ağları da kapsayan geniş ve dinamik sistemlerdir. Bu nedenle, kritik altyapıların güvenliği ve dayanıklılığı, çok boyutlu ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalı, farklı sektörler ve paydaşlar arasında yakın iş birliği gerektiren stratejiler geliştirilmelidir.

Örneğin, enerji altyapısının (elektrik iletim hatları, doğal gaz boru hatları, petrol rafinerileri vb.) dayanıklılığı artırılmadığı takdirde, sadece ekonomik faaliyetler değil, aynı zamanda sağlık hizmetleri, iletişim ağları, ulaşım sistemleri ve kamu hizmetleri gibi hayati sektörlerin işlevselliği de büyük ölçüde sekteye uğrayabilir. Bir enerji kesintisi, hastanelerin jeneratörlere bağımlı hale gelmesine, iletişim ağlarının çökmesine, ulaşım sistemlerinin aksamasına ve üretim tesislerinin durmasına neden olarak zincirleme bir etki yaratabilir. Bu durum hem ekonomik kayıplara yol açar hem de toplumun genel refahını olumsuz etkiler. Bu nedenle, enerji altyapısının dayanıklılığını artırmak, afetlere karşı hazırlıklı olmak ve enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla kapsamlı politikaların geliştirilmesi ve uygulanması büyük önem taşımaktadır.

Benzer şekilde, ulaşım altyapısının (karayolları, demiryolları, limanlar, havaalanları vb.) dayanıklılığı, ticaretin sürekliliği, lojistik operasyonların etkinliği ve acil durum müdahale çalışmalarının başarısı için kritik öneme sahiptir. Bir ulaşım ağının çökmesi, mal ve hizmetlerin taşınmasını engelleyerek ekonomik faaliyetleri durma noktasına getirebilir, acil yardım ekiplerinin afet bölgelerine ulaşmasını zorlaştırabilir ve toplumun temel ihtiyaçlarına erişimini sınırlayabilir. Bu nedenle, ulaşım altyapısının dayanıklılığını artırmak, alternatif ulaşım rotaları geliştirmek ve ulaşım ağlarının entegrasyonunu sağlamak amacıyla stratejiler oluşturulmalıdır.

Uluslararası uygulamalardan edinilen deneyimlerin ışığında, Türkiye'nin kritik altyapı stratejilerini güçlendirmesi ve afetlere karşı daha dirençli hale getirmesi için aşağıdaki öneriler dikkate alınmalıdır:

- **Çok Sektörlü ve Katılımcı Yönetişim Modelleri:** Kritik altyapıların dayanıklılığını artırmak için, kamu kurumları, özel sektör temsilcileri, sivil toplum kuruluşları, akademik çevreler ve yerel yönetimleri kapsayan etkin, katılımcı ve çok sektörlü bir yönetişim modeli oluşturulmalıdır. Bu model, karar alma süreçlerinde şeffaflığı, hesap verebilirliği ve farklı paydaşların katılımını sağlamalıdır. Örneğin, Finlandiya'nın Ulusal Acil Durum Tedarik Ajansı (NESA) aracılığıyla elektrik şebekesi dayanıklılığını artırmaya yönelik uyguladığı model, Türkiye için önemli bir örnek teşkil edebilir. NESA, kamu ve özel sektörün iş birliğiyle enerji arz güvenliğini sağlamak, kritik altyapıları korumak ve acil durum hazırlıklarını yönetmekle görevlidir. Bu model, Türkiye'de de benzer bir yapı oluşturulması ve kurumlar arası koordinasyonun güçlendirilmesi için ilham kaynağı olabilir.
- **İleri Teknolojilerin Kullanımı:** Kritik altyapıların izlenmesi, yönetimi ve korunması süreçlerinde makine öğrenimi algoritmaları, yapay zeka, IoT sensörleri, büyük veri analitiği, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve blockchain teknolojisi gibi yenilikçi ve ileri teknolojilerden yararlanılmalıdır. Bu teknolojiler, altyapıların kırılganlıklarını önceden tespit etmek, arızaları tahmin etmek, riskleri değerlendirmek, kaynakları optimize etmek ve müdahale süreçlerini hızlandırmak için kullanılabilir. Örneğin, IoT sensörleri kullanılarak altyapı bileşenlerinin (köprüler, barajlar, boru hatları vb.) fiziksel durumu gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve olası hasarlar önceden belirlenerek önleyici bakım yapılabilir. Blockchain tabanlı bilgi paylaşım çözümleri ise, paydaşlar arasında güvenli ve şeffaf bir veri akışı sağlayarak koordinasyonu ve iş birliğini artırabilir.
- **Risk Yönetimi Politikalarının Güncellenmesi ve Geliştirilmesi:** Türkiye'nin mevcut altyapı politikaları, uluslararası en iyi uygulamalar ve standartlarla uyumlu hale getirilmeli ve afet risk yönetimi ilkeleri doğrultusunda güncellenmelidir. OECD'nin önerdiği yedi aşamalı politika araç kiti, Türkiye'nin mevcut altyapı politikalarını daha etkili, kapsamlı ve bütüncül hale getirmesi için bir rehber olabilir. Bu adımlar arasında risklerin sistematik olarak anlaşılması ve değerlendirilmesi, ortak hedeflerin belirlenmesi, risk azaltma önlemlerinin planlanması ve uygulanması, acil durum hazırlıklarının yapılması, müdahale ve iyileştirme süreçlerinin yönetilmesi, sonuçların izlenmesi ve değerlendirilmesi yer almaktadır. Bu süreçte, iklim değişikliğinin etkileri, demografik değişimler, teknolojik gelişmeler ve sosyo-ekonomik faktörler gibi dinamik unsurlar da dikkate alınmalıdır.
- **Kapasite Geliştirme ve Eğitim Programları:** Kritik altyapıların korunması ve yönetimi konusunda görevli personelin, paydaşların ve toplumun genelinin bilgi, beceri ve farkındalığını artırmak amacıyla düzenli eğitim ve simülasyon

tatbikatları düzenlenmelidir. Bu eğitimler, afet risk yönetimi, acil durum müdahale, kriz iletişimi, siber güvenlik ve altyapı dayanıklılığı gibi konuları kapsamalıdır. Özellikle kamu-özel sektör ortaklığıyla yürütülecek ortak eğitim programları, risk yönetimi süreçlerinde iş birliğini, koordinasyonu ve bilgi paylaşımını güçlendirebilir. Simülasyon tatbikatları ise, olası afet senaryolarında paydaşların hazırlık seviyesini artırarak müdahale etkinliğini ve koordinasyon becerilerini geliştirebilir.

Bu bağlamda, iyi yönetişim, paydaşlar arası etkili koordinasyon, bilgi paylaşımı ve iş birliği kritik öneme sahiptir. Ayrıca, Marmara Bölgesi gibi sanayi ve nüfus yoğunluğu yüksek, çok çeşitli risklere maruz kalma potansiyeli taşıyan bölgelerde pilot projelerle test edilen ve geliştirilen Kritik Altyapı Analiz Sistemi (AFAD-KAY), ülke genelinde ölçeklendirilmeli, ulusal ihtiyaçlara uyarlanmalı ve uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmelidir. Örneğin, ABD'deki "National Critical Functions Framework" gibi kapsamlı ve iyi tanımlanmış modeller, Türkiye'deki altyapı yönetim sistemlerine entegre edilebilir ve bu sistemlerin etkinliğini artırabilir. Bu çerçeve, kritik altyapıların temel işlevlerini tanımlayarak, risklerin önceliklendirilmesine ve kaynakların daha etkili kullanılmasına yardımcı olabilir.

Bu çalışmada, Türkiye'de kritik altyapıların korunmasına yönelik mevcut politikaları ve uygulamaları eleştirel bir şekilde inceleyerek, bilimsel bir perspektiften değerlendirmiş ve afet risklerini azaltmaya yönelik kapsamlı ve uygulanabilir öneriler geliştirmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, afet yönetimi stratejilerinin sadece mevcut risklere değil, aynı zamanda gelecekte ortaya çıkabilecek olası risklere karşı da esnek, uyarlanabilir ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşturulması önerilmektedir. Bununla birlikte, üniversiteler, araştırma enstitüleri, teknoloji şirketleri, özel sektör ve kamu kurumları arasında sıkı bir iş birliği mekanizması kurulması, yenilikçi çözümlerin geliştirilmesini hızlandıracak ve Türkiye'nin afetlere karşı daha dirençli bir altyapıya sahip olmasını mümkün kılacaktır. Bu iş birliği, Ar-Ge projeleri, bilgi paylaşımı platformları, ortak eğitim programları ve teknoloji transferi gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla desteklenmelidir.

4 ULUSLARARASI AFET RİSK HARİTALAMA MODELLERİNİN İRDELENMESİ VE ÖLÇEKLENDİRME

4.1 Giriş

Afet risk yönetimi, yalnızca afet gerçekleştikten sonraki müdahale süreçlerine odaklanmakla sınırlı olmayan, afet öncesinde risklerin belirlenmesi, azaltılması ve toplumların dirençlilik düzeylerinin artırılması gibi çok boyutlu bir yapıyı içeren, karmaşık ve sürekli evrilen bir yönetişim sürecidir. Modern afet yönetimi paradigması, afetlerin kaçınılmaz olduğu bir dünyada zararı en aza indirme ve toplumları afetler karşısında dirençli hale getirme yaklaşımına dayanmaktadır. Bu bağlamda, bilimsel temelli risk haritalama ve modelleme faaliyetleri, afet risklerinin mekânsal olarak belirlenmesinde ve bu risklerin kamu kurumları, yerel yönetimler ve vatandaşlar nezdinde anlaşılır kılınmasında kritik bir rol oynamaktadır (Nurlu, 2015; İskender, 2022) .Bu kapsamda geliştirilen modeller, yalnızca tehlikenin mekânsal yayılımını göstermekle kalmaz; aynı zamanda kırılganlık, maruziyet, etki ve müdahale kapasitesi gibi afetin etkilerini belirleyen değişkenleri entegre eden çok katmanlı yapıdadır. ABD'de uygulanan ve FEMA tarafından yürütülen **Risk MAP (Risk Mapping, Assessment and Planning)** modeli, bu açıdan değerlendirildiğinde hem teknik altyapısı hem de yönetişim modeli açısından dünya çapında referans alınan en ileri uygulamalardan biridir (FEMA, 2025). Bu model, afet risk haritalamasında sadece teknik analizleri değil, karar destek süreçlerini, halkla ilişkileri ve planlama entegrasyonunu bütüncül bir çerçevede birleştiren örnek bir yaklaşımdır.

Ancak, dünya genelinde FEMA Risk MAP modeliyle aynı hedefleri paylaşan ve yerel bağlamlara uygun olarak farklı şekillerde geliştirilmiş başka birçok model bulunmaktadır. Bu modellerin bir kısmı FEMA'nın sunduğu yapının ötesine geçerek, afet türlerine özgü mikro ölçekli zonlama, uzaktan algılama tabanlı dinamik analizler, mobil karar destek araçları, ekonomik etkiler için senaryo tabanlı tahmin sistemleri gibi özgün bileşenleri de içermektedir. Farklı kıta ve ülkelerde geliştirilen bu sistemler, afet risk yönetiminin çok ölçekli, çok paydaşlı ve veri destekli yönünü güçlendirmekte; uluslararası dayanıklılık hedeflerine ulaşmada kritik roller üstlenmektedir.

Raporun bu bölümünde, FEMA Risk MAP modelinin yanı sıra dünya çapında geliştirilmiş ve uygulanmakta olan başlıca afet risk haritalama modellerini, teknik temelleri, yönetişim yapıları, kullanıcı kitlesi, açık veri stratejileri ve çok tehlikeli senaryo modellemeleri gibi açılardan karşılaştırmalı bir biçimde incelemekte ve Türkiye'de geliştirilmekte olan MARAP gibi bölgesel planlama projeleri için kavramsal ve teknik düzeyde yol gösterici bir analiz sunmayı hedeflemektedir.

4.2 Uluslararası Haritalama Modellerine Genel Bakış

Bu bölümde, afet risklerinin etkin ve bilimsel temelde yönetilebilmesi için dünya genelinde uygulanan risk haritalama ve azaltma modellerinin teknik bileşenleri ayrıntılı olarak irdelenmektedir. Afet risk haritalama süreçlerinde kullanılan coğrafi bilgi sistemleri (CBS), uzaktan algılama teknolojileri, yüksek çözünürlüklü sayısal arazi ve yükseklik modelleri, hidrometeorolojik veri setleri, bina envanteri ve kritik altyapı konumlandırmaları gibi çok katmanlı veri kaynakları temel unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu modellerde, mekânsal veri entegrasyonu ve ileri düzey senaryo analizleriyle afetlerin olası etkileri katman katman simüle edilebilmekte; risk haritaları, tehlikenin (örn. deprem, sel, heyelan), maruziyetin ve kırılganlığın üç boyutlu olarak modellenmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca, analizlerde kullanılan istatistiksel ve deterministik modelleme yöntemleri, bilgisayar destekli otomasyon süreçleriyle birlikte, müdahale kapasitesi, tahliye planlaması ve acil hizmetlerin konumlandırılması gibi karar destek işlevlerini güçlendirmektedir.

Bunun yanı sıra, uluslararası uygulamalarda görülen açık veri politikaları, model çıktılarının şeffaf ve erişilebilir olmasını sağlamakta; paydaş katılımı ve geri bildirim mekanizmaları, teknik doğruluğun yanında toplumsal kabulü de artırmaktadır. Özellikle FEMA Risk MAP gibi bütüncül modellerde, veri toplama aşamasından sahada test edilen senaryo tabanlı haritalara ve yasal olarak kabul edilen resmi risk haritalarına kadar uzanan çok aşamalı ve iteratif bir süreç izlenmektedir. Bu çerçevede, aşağıda incelenecek olan örnekler ve kavramsal yaklaşımlar, afet risk yönetiminin teknik altyapısının güçlendirilmesine ve Türkiye'de geliştirilecek bölgesel modellemelere bilimsel bir temel oluşturulmasına katkı sunacaktır.

4.2.1 FEMA Risk MAP Modeli

FEMA'nın Risk MAP (Risk Mapping, Assessment, and Planning) modeli, Amerika Birleşik Devletleri'nde afet riski haritalama ve azaltma konusunda federal düzeyde uygulanan en kapsamlı sistemlerden biridir (FEMA, 2025). Modelin temel amacı, yerel yönetimlere ve karar vericilere afet tehlikelerini anlamada, kırılganlıklarını analiz etmede ve dayanıklılıklarını artırmada destek olmaktır. Bu modelin bilimsel gücü, çok ölçekli ve çok katmanlı veri entegrasyonuyla senaryo tabanlı risk analizleri sunmasına; yönetsel başarısı ise planlama süreçlerine halk katılımını, açık veri politikalarını ve çok paydaşlı yönetişim mekanizmalarını dahil etmesine dayanmaktadır. Risk MAP modeli dört aşamalı bir yapıya sahiptir (Şekil 4-1):

1. Discovery (Keşif): Bu ilk faz, afet riski olan bölgelerde veri keşfi ve bilgi toplama sürecini ifade eder. Yerel düzeydeki belediyeler, eyalet kurumları, mühendislik firmaları, çevre ajansları ve topluluk temelli kuruluşlar gibi çok paydaşlı yapıların katkısı alınır. Harita üretiminde kullanılacak tüm temel verilerin (hidrografi,

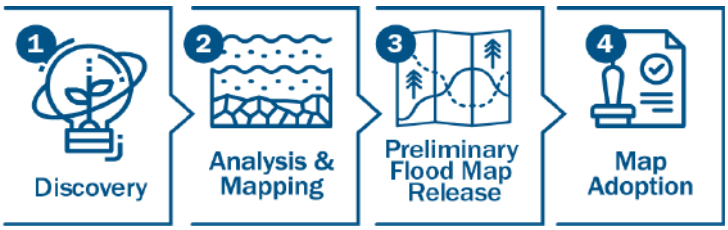
topoğrafya, bina envanteri, altyapı sistemleri, sosyal demografi vb.) derlenmesini amaçlar. Örneğin Florida eyaletinde Discovery fazı kapsamında geçmiş kasırga verileriyle birlikte yerel drenaj sistemlerinin kapasitesi analiz edilmiştir.

2. Risk Analysis (Risk Analizi): Bu aşamada modelleme süreci başlar. HEC-RAS ile 1B/2B taşkın modellemeleri, SWMM ile kentsel sel tahminleri, DEHMs gibi iklim modülleriyle ileri düzey senaryo çalışmaları yapılır. Aynı zamanda LiDAR verileri ile üretilmiş sayısal arazi modelleri, taşkın yayılım haritalarının doğruluk düzeyini artırır. Örneğin, Kaliforniya Sacramento Vadisi'nde bu aşamada 1:12.000 çözünürlüklü taşkın zonlama haritaları hazırlanmıştır.

3. Preliminary Map Release (Taslak Harita Yayını): Taslak haritalar hem teknik uzmanlara hem kamuoyuna sunularak geri bildirimler toplanır. Çoğu zaman açık ev formatında (Flood Risk Open Houses) gerçekleştirilir. Katılımcılar mevcut tehlike zonlarını inceleyebilir, bina düzeyinde maruz kalma verilerini görsel olarak analiz edebilir. Bu sayede, vatandaş ve kurumların sahadan gelen itirazları doğrultusunda harita içeriği revize edilir.

4. Map Adoption & Resilience (Harita Onayı ve Dirençlilik): Son aşamada, güncellenmiş haritalar onaylanarak Federal düzeyde FEMA veri tabanına kaydedilir ve sigorta şirketleri, yerel yönetimler ve planlama otoriteleri tarafından yasal olarak kullanılabilir hale gelir. Aynı zamanda bu aşamada toplumsal dirençlilik programları başlatılır; örneğin Louisiana eyaletinde bu aşamadan sonra "Resilient Housing" projeleri başlatılmıştır. Bu faz sadece harita üretiminin sonu değil, sürdürülebilir risk azaltma politikalarının da başlangıcıdır.

Bu süreç, sadece bir harita üretiminden ibaret olmayıp; afet riskini anlamaya, karar destek sistemlerini güçlendirmeye ve yerel düzeyde kurumsal kapasiteyi artırmaya yönelik entegre bir stratejik yaklaşımdır.



Şekil 4-1 FEMA risk haritalama modeli ve üretim safhaları

Teknik Altyapı ve Bilimsel Dayanaklar: FEMA'nın Risk MAP modeli, CBS (GIS) teknolojilerinin merkezde olduğu, LiDAR verisi, dijital yükseklik modelleri, yapı envanteri verisi, meteorolojik senaryolar ve topoğrafik analizlerle güçlendirilmiş teknik bir omurgaya sahiptir. Örneğin, 1D ve 2D taşkın modellemeleri için kullanılan HEC-RAS yazılımı aracılığıyla nehir sistemleri ve kent içi yağış kaynaklı taşkınlar detaylı olarak modellenmektedir. Ayrıca, riskin sadece fiziksel tehlikeye göre değil; yapı türleri, sosyo-ekonomik kırılganlık ve müdahale kapasitesiyle birlikte analiz edilmesi, FEMA'nın metodolojisini çok boyutlu hale getirmektedir (Kaynak: https://www.fema.gov/flood-maps/tools-resources/risk-map).

Yönetişim ve Katılım: Modelin en güçlü yönlerinden biri, yerel yönetimler, planlamacılar, STK'lar ve vatandaşları sürece aktif biçimde dahil etmesidir. Toplantılar (Discovery Meetings), açık ev oturumları (Open Houses) ve çevrimiçi etkileşimli haritalar yoluyla hem bilgilendirme hem de karar alma süreçleri çok aktörlü bir şekilde yürütülür. Bu yapı, aynı zamanda halkın afet risklerine ilişkin farkındalığını artırmakta ve politik sahiplenmeyi güçlendirmektedir.

Veri Ürünleri ve Yaygınlaştırma: Risk MAP, sadece harita üretmekle kalmaz; "Flood Risk Products" adı altında tehlike zonları, bina bazlı taşkın riski, sigorta alanları, müdahale stratejileri gibi çok sayıda tematik katman sunar. Ayrıca, bu veriler online olarak FEMA'nın Map Service Center (MSC) portalında kamuya açık biçimde yayımlanır. https://msc.fema.gov

Uygulama Alanları ve Sonuçlar: Risk MAP, ABD genelinde hem kırsal hem kentsel alanlarda uygulanmakta olup, özellikle taşkın yönetimi, arazi kullanım planlaması, yapılaşma rehberliği ve sigorta kararları açısından kritik bir araç haline gelmiştir. Modelin uygulandığı bölgelerde afet sonrası müdahale sürelerinin kısaldığı, sigorta kapsamının genişlediği ve halkın risk algısında pozitif değişimler gözlenmiştir. Ayrıca, bu modelin çıktıları yerel afet müdahale planlarının mekânsal temelli olarak güncellenmesinde de kullanılmaktadır.

FEMA Risk MAP modeli, afet risklerinin yönetilmesinde bütünleşik ve ileri düzeyde bir metodoloji sunmaktadır. Modelin teknik altyapısında, yüksek çözünürlüklü LiDAR tabanlı sayısal yükseklik modelleri, çoklu senaryo üretimine olanak tanıyan hidrodinamik simülasyonlar (ör. HEC-RAS ile 1D/2D taşkın analizi, SWMM ile şehir içi yağış modellemesi), CBS tabanlı mekânsal analizler ve güncel yapı envanteri entegrasyonu temel rol oynar.

Bu alt yapı sayesinde, her bölgeye özgü topoğrafik, hidrolojik ve yapısal verilerin bütüncül biçimde işlenmesi mümkün olurken, risk değerlendirmeleri sadece fiziksel tehlikeye değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik kırılganlık ve müdahale kapasitesi gibi çoklu faktörlere dayandırılmaktadır. Örneğin, modelde kullanılan DEM verileriyle sel yayılımı yüksek doğruluk oranında simüle edilebilmekte; bina bazlı risk profilleriyle, hasar görebilirlik ve ekonomik kayıp tahminleri katmanlar halinde üretilmektedir.

Ayrıca, Risk MAP sürecinde "Flood Risk Products" kapsamında; taşkın sınır haritaları (Şekil 4-2), derinlik ve hız modellemeleri, bina temelli maruz kalma analizleri gibi tematik ürünler üretilerek, bunlar FEMA Map Service Center (MSC) üzerinden kullanıcı dostu bir arayüzle halka açılmaktadır. Bu teknik çıktılar, yerel afet müdahale ve tahliye planlarının mekânsal olarak optimize edilmesini, sigorta kapsamlarının doğru yönetilmesini ve yeni yapılaşma kararlarının afet riskine duyarlı şekilde alınmasını sağlamaktadır.

Ulusal Yangın Olayı Raporlama Sistemi Eyalet, Bölge ve Yerel İtfaiye Raporlama Özeti

Bu etkileşimli gösterge tablosu, ulusal veritabanına gönderilen eyalet, bölge ve yerel itfaiye Ulusal Yangın Olayı Raporlama Sistemi (NFIRS) verilerinin bir özetidir. NFIRS, itfaiyelerin faaliyetlerinin tamamını tek tip olarak raporlamak için kullandıkları bir raporlama standardıdır.

Ulusal Yangın Olay Raporlama Sistemi (NFIRS)
Eyalet/Bölge ve Yerel İtfaiye Raporlama Özeti

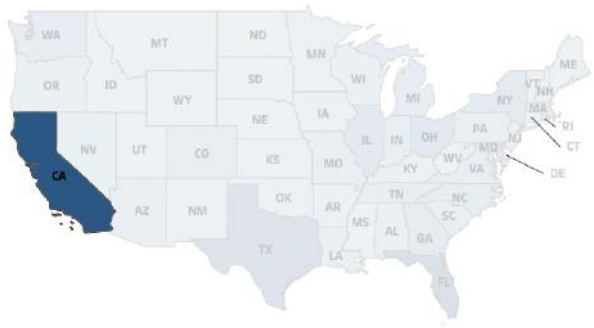
Bu gösterge tablosu, eyaletler/bölgeler ve yerel itfaiyeler tarafından NFIRS'ye bildirilen türe göre toplam olay müdahalelerinin sayısını gösterir.
Haritadaki bir eyalete veya bölgeye tıklayarak veya sağdaki açılır alanları kullanarak verileri filtreleyin.

Yıla göre bildirilen olay müdahale verilerini görmek için buraya tıklayın.

Filtreleri Sıfırla

Olay verilerini görüntülemek için bir eyalete veya bölgeye tıklayın

AK ME Halkla İlişkil NA DC



Göre Filtrele
Yıl: 2024 | Çeyrek: (Tümü)

Göre Filtrele
Eyalet/Börgeler: (Tümü)
İtfaiye: (Tümü)

Göre Filtrele
FEMA Bölgesi: (Tümü)

Seçilen itfaiyenin seçilen eyalette veya bölgede bulunduğundan emin olun. Aksi takdirde, boş veri alanları alacaksınız. İtfaiyeler, İtfaiye kimlikleri tarafından ön eklenir.

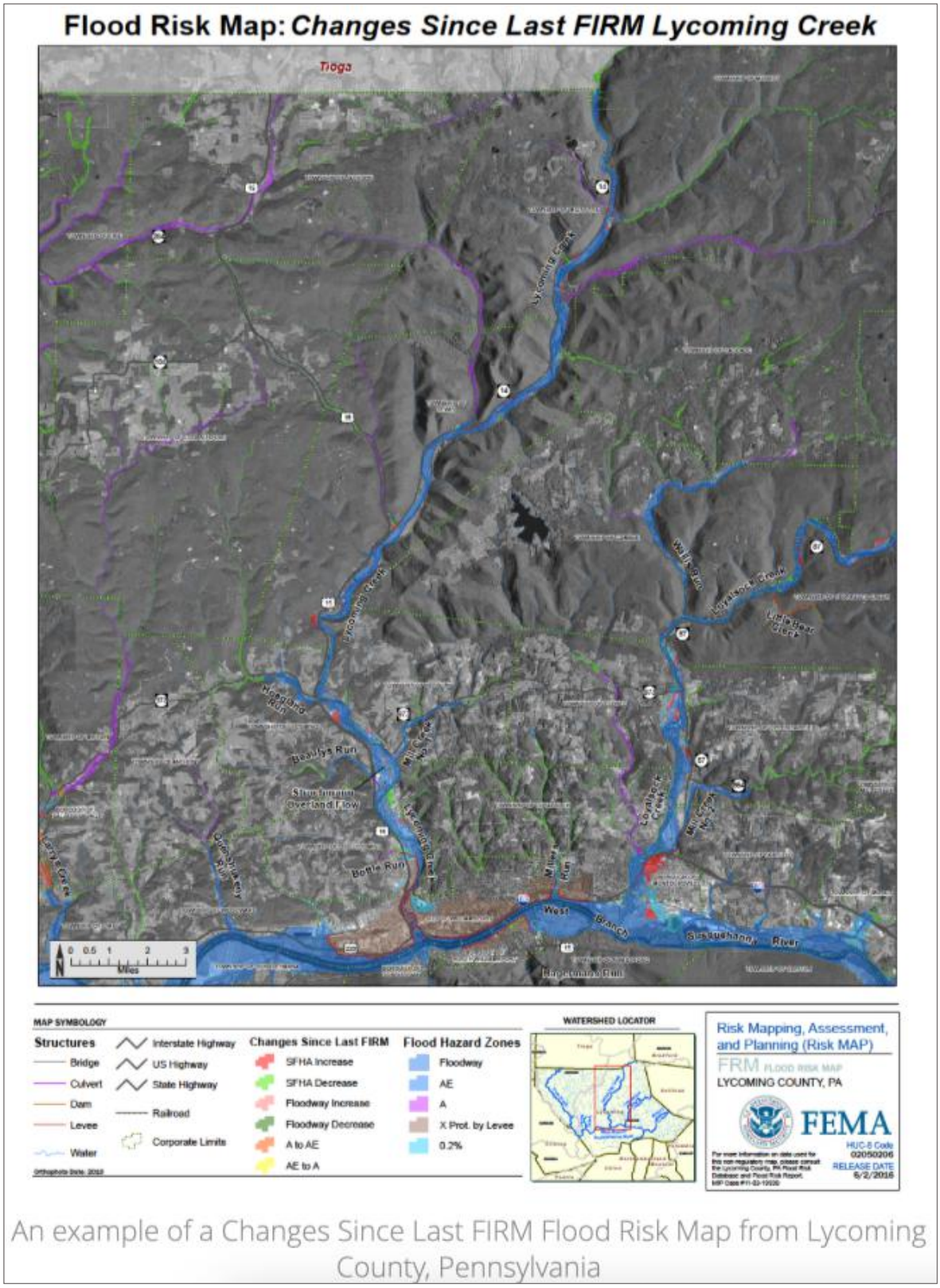
Eyaletler/Böreler	İtfaiyeler	Toplam Olaylar
1	546	3,306,667

Olay Türü Kategorisine Göre Toplam Olay Yanıtları

Kategori	Toplam Olaylar	Yüzde
Yangınlar (100-173)	120,455	3.64%
Aşırı Basınç Rüptürü, Patlama, Aşırı Isınma Çağrıları (200-251)	1,910	0.06%
Kurtarma ve [EMS] Çağrıları (300-381)	2,243,820	67.86%
Tehlikeli Durum Çağrıları (400-482)	50,634	1.53%
Servis Çağrıları (500-571)	198,708	6.01%
İyi Niyetli Aramalar (600-672)	517,485	15.65%
Yanlış Alarm ve Yanlış Çağrılar (700-751)	158,925	4.81%
Şiddetli Hava Durumu ve Doğal Afet Çağrıları (800-815)	2,372	0.07%
Özel Olay Türü Aramalar (900-911)	6,400	0.19%
Bilinmiyor/Bildirilmedi	5,958	0.18%

Burada sunulan veriler yalnızca zaman içindeki bir anlık görüntüyü yansıtır. Ulusal Yangın Olayı Raporlama Sistemi (NFIRS), Amerika Birleşik Devletleri'nde meydana gelen tüm olayların bir deposu değildir. NFIRS gönüllü bir sistemdir ve yalnızca katılan itfaiyeler tarafından sisteme bildirilen olayları içerir. Mevcut veriler, olay raporlama sıklığına ve itfaiye veya eyalet tarafından NFIRS'ye aktarılan verilerin sıklığına bağlı olarak değişebilir. Tüm eyaletler her yıl NFIRS'ye katılmaz ve bir eyalet içindeki NFIRS'ye rapor veren tüm itfaiyeler mutlaka tüm olaylarını bildirmez. Ayrıca, yangın olaylarını bildiren bazı itfaiyeler, ilgili kayıplar veya tahmini dolar kayıpları da dahil olmak üzere bir raporda tüm bilgileri bildirmez. Belirli bir yılda rapor veren eyaletler ve/veya itfaiyeler, bir sonraki yıl NFIRS'ye rapor vermeyebilir. Bu nedenle, NFIRS tüm olayların veya kayıpların bir sayımı değildir. Sonuç olarak, bildirilen NFIRS verileri, ulusal veya eyalet düzeyinde toplam olay sayılarını ve ilgili kayıpları (yani kayıplar ve dolar kaybı) temsil etmek için kullanılmamalıdır.

Son güncelleme: 2/2/2025 03:45:00 EST



Şekil 4-2 Pennsylvania'daki Lycoming Creek çevresinde sel riski bölgelerini ve son FIRM güncellemeleriyle yapılan değişiklikleri renk kodlarıyla gösteren bir sel tehlike haritası örneği (FEMA).

4.2.2 Japonya: MLIT Afet Önleme Haritalama Sistemi

Japonya'nın afet risk yönetimi modeli, özellikle deprem, tsunami ve toprak kayması gibi yüksek yıkıcılık potansiyeline sahip doğa olaylarına karşı geliştirilmiş, dünyada en çok referans verilen sistemlerden biridir. Bu sistemin temel dayanak noktalarından biri, **MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)** tarafından yürütülen ve afet öncesi mekânsal risk farkındalığını artırmaya yönelik **zorunlu afet haritalama stratejisidir.**

Japonya, sismotektonik yapısı nedeniyle Pasifik Ateş Çemberi'nde yer almakta ve bu coğrafi konum, ülkeyi düzenli olarak büyük ölçekli doğal afetlerle karşı karşıya bırakmaktadır. Bu durum, afet yönetiminde **önleyici (proaktif)**yaklaşımların kurumsallaşmasını zorunlu kılmıştır. 1995 Kobe Depremi ve 2011 Tōhoku Depremi sonrası yürürlüğe konan ulusal stratejiler doğrultusunda, afetlerin yalnızca müdahale ve iyileştirme aşamalarına odaklanmak yetersiz görülmüş, **önceden risklerin modellenmesi ve halka açık biçimde haritalanması yasal zorunluluk haline getirilmiştir.**

MLIT, Japonya'nın afet önleme haritalama sisteminden birincil derecede sorumlu olan kuruluştur. Kurum; Japon Jeoloji Araştırmaları Enstitüsü (AIST), Japon Meteoroloji Ajansı (JMA), Yerel Yönetimler, Üniversiteler ve Telekomünikasyon Bakanlığı ile koordineli olarak çalışmaktadır. Haritaların üretimi, denetimi ve güncellenmesi bu çok paydaşlı yapı içinde gerçekleştirilir. MLIT tarafından yürütülen afet haritalama süreci, teknik açıdan oldukça gelişmiş bir sistematik izler:

- **Mikro-zonlama (Microzonation):** Yerel zemin koşullarının sismik dalga davranışına etkisini ölçmek için mikro bölgeleme yapılır. Bu bölgeleme, bina tipi ve yükseklik gibi yapısal faktörlerle birleştirilerek bina performansı senaryoları üretilir.
- **3D Topoğrafik Modelleme:** LIDAR verileri ve dijital yükseklik modelleri (DEM) ile yüksek hassasiyetli tsunami ve taşkın senaryoları oluşturulur.
- **Acil Müdahale Senaryoları:** Olası deprem ve tsunami sonrası acil tahliye yolları, toplanma alanları ve riskli bölgeler eşzamanlı haritalanır.
- **Çok Tehlike Entegrasyonu:** Haritalar sadece tek bir afet türüne değil; deprem, heyelan, tsunami, taşkın ve volkan gibi çoklu afet senaryolarına göre hazırlanır.

İdari Özellikler ve Kurumsal Entegrasyon

- **Yasal Zorunluluk:** Her belediye, yılda en az bir kez afet önleme haritası güncellemek ve kamuya açık biçimde sunmak zorundadır.
- **Halk Katılımı ve Yaygınlaştırma:** Haritalar, mobil uygulamalar (HazardMap Japan), belediye web portalları ve basılı materyallerle vatandaşlara sunulur. Vatandaşlar, kendi ev adresini girerek evlerinin hangi tehlike zonunda kaldığını görebilir.

- **Eğitim Entegrasyonu:** Okullarda afet farkındalık derslerinde bu haritalar zorunlu eğitim materyali olarak kullanılmaktadır.
- **Ulusal Veri Platformu:** Tüm afet haritaları, **Japan Disaster Risk Reduction Platform** üzerinden erişilebilir durumdadır.

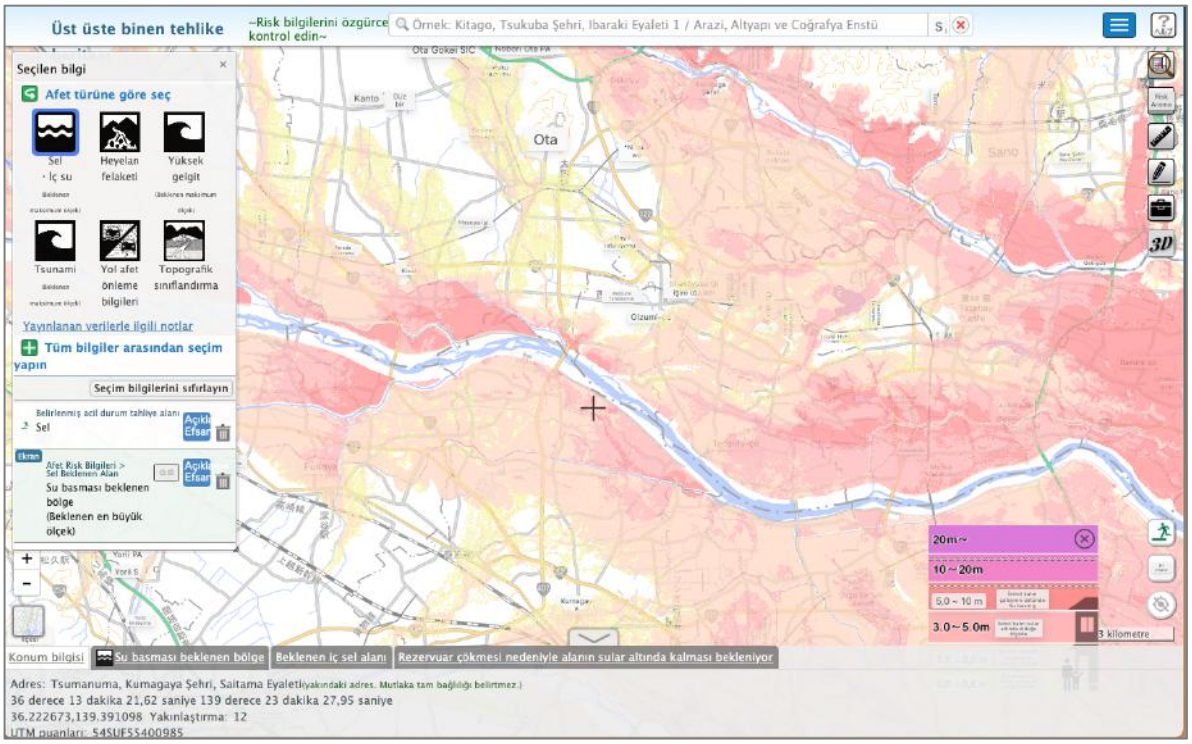
  https://disaportal.gsi.go.jp/index.html

  https://www.bosai-jp.org/en/solution/category

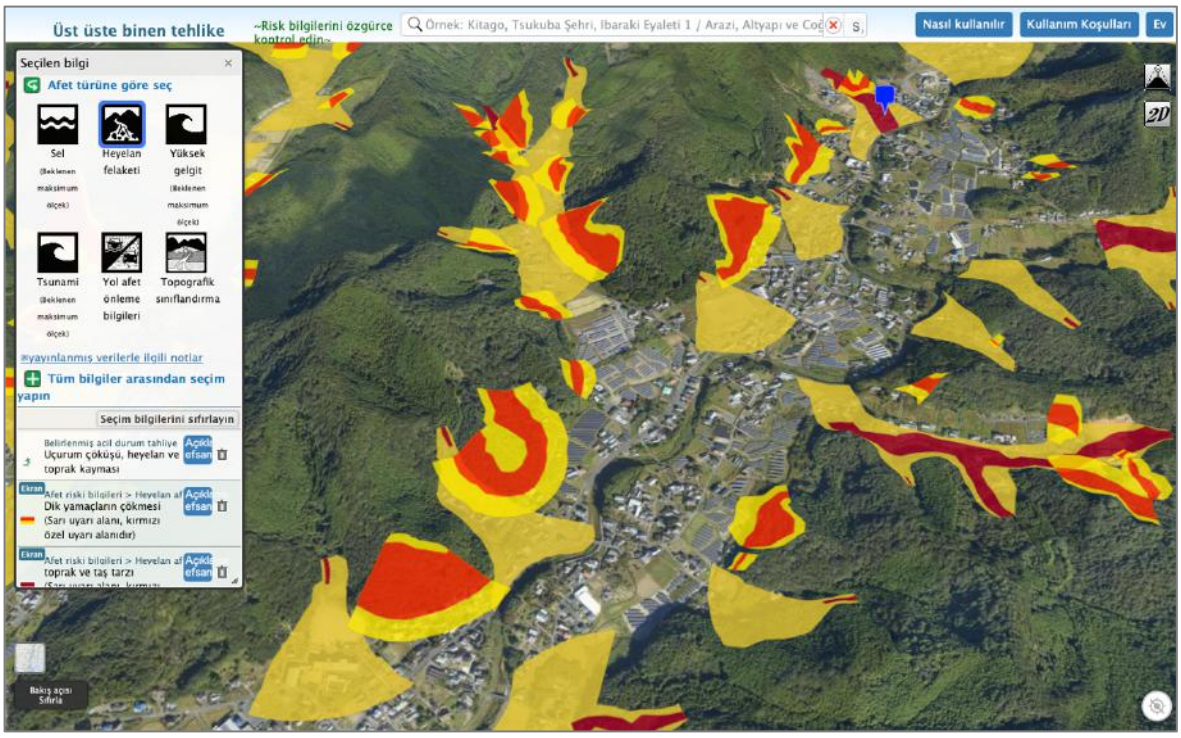
Örnek Uygulama: Tōhoku Afet Haritaları

2011 yılında meydana gelen 9.0 büyüklüğündeki Tōhoku Depremi ve ardından oluşan tsunami, MLIT'nin afet haritalama stratejisinin önemini göstermiştir. Bu olay sonrası tsunami etki sınırları, kıyıdan içeriye yayılma mesafeleri, ölü alanlar ve tahliye yolları yeniden haritalanmış; evsiz kalan nüfusun geçici barınma planları mekânsal olarak CBS ortamında analiz edilmiştir. Bu uygulama, haritaların sadece farkındalık değil, **afete hazırlık ve iyileştirme süreçlerinde de aktif kullanıldığını** göstermektedir (Şekil 4-3, Şekil 4-4).

MLIT tarafından geliştirilen afet haritalama sistemi, teknik doğruluğu, yasal zorunluluğu ve kamusal erişilebilirliği bir araya getiren güçlü bir yapıdır. Türkiye'de MARAP gibi bölgesel risk planlama modelleri için Japonya'nın bu sistematik yaklaşımı, özellikle **çoklu afet senaryolarının mekânsal temsili**, **belediye bazlı yasal haritalama yükümlülükleri** ve **halk katılımı destekli risk iletişimi** açısından örnek teşkil etmektedir.



Şekil 4-3 Japonya tehlike haritası: Sel-su taşkın örneği



Şekil 4-4 Japonya tehlike haritası: Heyelan örneği

4.2.3 *Avrupa Birliği: Copernicus Risk & Recovery Mapping (RRM)*

Avrupa Birliği'nin afet risk yönetiminde geliştirdiği **Copernicus Risk & Recovery Mapping (RRM)** hizmeti (Tablo 4-1) çoklu afet türlerine karşı mekânsal bilgi üretimini temel alan ve Avrupa genelinde hızlı, entegre ve veri odaklı bir destek sunmayı amaçlayan stratejik bir modeldir. Bu sistem, **Copernicus Acil Durum Yönetimi Hizmeti (CEMS)** kapsamında yürütülmekte ve afet öncesi, sırası ve sonrasında farklı kullanıcı düzeylerine bilgi sağlayarak risk yönetimi döngüsüne katkı sağlamaktadır.

Avrupa kıtası genelinde meydana gelen taşkın, orman yangını, deprem, çevresel bozulma ve insan kaynaklı afetlerin etkilerini daha iyi anlayabilmek amacıyla, uydu görüntülerine dayalı dinamik bir risk haritalama ve analiz sistemi geliştirilmiştir. Sistem, özellikle **Sentinel-1 (radar) ve Sentinel-2 (optik) uyduları** ile yüksek çözünürlüklü mekânsal veri üretimini sağlamaktadır. Bu veriler, afet risklerini değerlendirmek, zarar gören alanları tespit etmek ve yeniden inşa stratejilerini mekânsal olarak planlamak için kullanılır.

Copernicus Acil Durum Yönetimi Hizmeti (CEMS), Avrupa Komisyonu'nun **Ortak Araştırma Merkezi (JRC)**koordinasyonunda ve **Avrupa Uzay Ajansı (ESA)** teknik iş birliğiyle yürütülmektedir. Haritalama hizmetleri, ESA'nın uzaktan algılama altyapısı ve veri işleme yetenekleriyle desteklenmektedir. Operasyonel düzeyde RRM bileşeni, yetkili kullanıcılar (üye devlet kurumları, sivil koruma otoriteleri, AB dış yardımları) tarafından talep bazlı aktive edilebilmektedir.

Teknik Özellikler ve Kullanılan Yöntemler

- **Optik ve Radar Tabanlı Görüntüleme:** Sentinel-1 ve Sentinel-2 uydularından gelen çok zamanlı veriler kullanılarak afet öncesi-sonrası değişim analizleri yapılır.
- **Yüksek Çözünürlüklü Haritalar:** 5–10 metre çözünürlüğünde mekânsal doğrulukla kriz haritaları üretilir.
- **Zarar Tespiti ve Yeniden Yapılandırma:** Risk zonları, zarar gören altyapı, hasar yoğunluğu ve toprak kayıpları gibi parametreler otomatik veya yarı otomatik yöntemlerle belirlenir.
- **Yeniden Yapılanma Senaryoları:** Yeniden yapılandırılacak alanlar için kullanıcıya özel mekânsal senaryolar oluşturulur.
- **CBS ve Web Tabanlı Dağıtım:** Haritalar interaktif platformlarda sunulur ve Avrupa'daki sivil koruma kurumlarıyla paylaşılır.
- **İdari Özellikler ve Operasyonel Yapı**
- **Aktivasyon Protokolü:** RRM, talep üzerine etkinleştirilen bir sistemdir. Üye devletler, yerel yönetimler veya AB dış politika birimleri tarafından aktivasyon başvurusu yapılır.
- **Çift Bileşenli Yapı:** Sistem iki ana başlık altında faaliyet gösterir:
    - *Risk Assessment*: Olası afet senaryoları ve etkilerinin önceden haritalanması
    - *Recovery Mapping*: Afet sonrası zarar değerlendirme ve yeniden yapılandırma destek haritaları
- **Çoklu Afet Türü Entegrasyonu:** Deprem, sel, heyelan, orman yangını, volkanik aktivite, çevresel bozulma gibi geniş spektrumda olayları kapsar.
- **Veri Paylaşımı ve Arşiv:** Üretilen tüm haritalar ve analizler **Copernicus Emergency Management Service Portal** üzerinden kamuya açık biçimde yayımlanır. (https://emergency.copernicus.eu/)

Örnek Uygulama: Almanya 2021 Sel Felaketi

2021 yılında Almanya'nın batısında meydana gelen büyük taşkın olayında, RRM sistemi 48 saat içinde aktivasyon alarak selin mekânsal yayılımını ve etki alanını gösteren yüksek çözünürlüklü haritalar üretmiştir. Bu haritalar sayesinde eyalet düzeyinde acil durum müdahalesi yönlendirilmiş, ayrıca hasar gören yol ve köprü sistemlerinin tamir önceliği planlanabilmiştir.

Copernicus RRM sistemi, Avrupa Birliği'nin afet yönetiminde teknolojik altyapıya dayalı stratejik refleksini temsil eder. Uydu destekli hızlı veri üretimi, çoklu afet türü yönetimi ve mekânsal senaryo desteği, bu sistemi hem teknik hem de yönetsel olarak güçlü bir karar destek aracı haline getirmiştir.

Türkiye'nin MARAP modeli gibi bölgesel risk planlamalarında Copernicus RRM, özellikle uzaktan algılama temelli hızlı haritalama, etki-zarar tespiti ve yeniden yapılandırma planlarının mekânsal kurgusu açısından örnek alınabilecek bir sistem olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 4-1 AB NDMA Copernicus RRM sisteminin temel özellikleri

Yürütücü Kurum	European Space Agency (ESA) + European Commission
Odak Alanları	Çok tehlikeli durumlar (deprem, yangın, taşkın, çevresel tahribat)
Teknik Temel	Sentinel-1 ve 2 uyduları, yüksek çözünürlüklü optik ve radar verisi
Özellikler	• Acil durumlara hızlı görüntüleme ve zarar tespiti • Risk zonlaması ve yeniden inşa için durum analizleri • Üye ülkeler için ortak platformda erişim (GIO Emergency Management Service)

4.2.4 Yeni Zelanda: RiskScape Platformu

Yeni Zelanda'nın ***RiskScape*** modeli, afet risk yönetiminde bilimsel analizlerin karar destek mekanizmalarıyla doğrudan entegre edildiği, açık kaynaklı ve kullanıcı dostu bir sistem olarak dikkat çekmektedir. Ülke, jeolojik ve iklimsel çeşitliliği nedeniyle tsunami, volkanik patlamalar, depremler ve sel gibi çok çeşitli afet türlerine maruz kalmakta; bu durum, kapsamlı ve senaryoya dayalı bir risk modellemesini zorunlu kılmaktadır. RiskScape bu gereksinime yanıt olarak geliştirilmiş, yerel ve bölgesel düzeyde karar vericilere teknik analiz desteği sunan etkili bir araç haline gelmiştir.

Yeni Zelanda, Pasifik ve Avustralya tektonik levhaları arasında yer alması nedeniyle sismik aktiviteye son derece açık bir ülkedir. Aynı zamanda iklim değişikliğine bağlı olarak artan aşırı hava olayları da sel ve fırtına gibi meteorolojik afetlerin sıklığını ve şiddetini artırmıştır. Bu çerçevede, RiskScape modeli afet senaryolarının oluşturulması, etkilerinin hesaplanması ve bu etkilerin mekânsal olarak analiz edilmesi temeline oturtulmuştur. Model, afetlerin sosyal, ekonomik ve fiziksel etkilerini eş zamanlı olarak analiz edebilen bir çoklu risk değerlendirme aracı sunmaktadır.

RiskScape, Yeni Zelanda'nın iki önemli kamu araştırma kurumu olan **GNS Science** (jeoloji ve yer bilimleri) ve **NIWA** (National Institute of Water and Atmospheric Research) iş birliğinde geliştirilmiştir. Bu kurumlar, sistemin bilimsel doğruluğunu ve teknik bütünlüğünü sağlamakla birlikte, kamu kurumları ve yerel yönetimlerle entegre şekilde çalışarak modelin sahada uygulanabilirliğini artırmaktadır.

Teknik Özellikler ve Kullanılan Yöntemler

- **Senaryo Tabanlı Risk Hesaplama:** Model, kullanıcıların belirli bir afet türü (örneğin 1/100 yıl taşkını veya 7.5 büyüklüğünde deprem) için senaryo tanımlamasına izin verir.
- **Hasar Fonksiyonları:** Farklı yapı türleri, arazi kullanımı, altyapı elemanları ve sosyal gruplar için tanımlanmış hasar fonksiyonları sayesinde ekonomik, yapısal ve sosyal etkiler nicel biçimde tahmin edilir.
- **Mekânsal Modelleme:** CBS ortamında kullanıcı tanımlı alanlar için sonuç haritaları üretilir. Her sonuç haritası, kayıpların mekânsal dağılımını, nüfus etkilerini ve kritik hizmet kesintilerini gösterir.
- **Çoklu Tehlike Entegrasyonu:** Deprem, sel, tsunami, volkanik patlama ve rüzgar gibi farklı afet türleri eş zamanlı olarak modellenebilir.
- **Modüler Yapı ve Açık Kaynak:** RiskScape Python tabanlı modüler mimarisi sayesinde farklı ülkelere ve yerel ihtiyaçlara göre özelleştirilebilmektedir.

İdari Özellikler ve Kullanıcı Odaklılık

- **Kullanıcı Dostu Arayüz:** Kodlama bilgisi gerektirmeyen grafik kullanıcı arayüzü (GUI) ile yerel yönetimlerin ve saha çalışanlarının sistemden etkin biçimde faydalanması hedeflenmiştir.
- **Eğitim ve Yaygınlaştırma:** RiskScape, üniversiteler, belediyeler ve kamu kurumlarına düzenli eğitimlerle tanıtılmakta ve kullanıcı kitlesi her yıl artmaktadır.
- **Veri Uyumluluğu:** Model, dış kurumlar tarafından sağlanan CBS verileriyle kolay entegre olabilecek biçimde tasarlanmıştır. Özellikle ArcGIS ve QGIS gibi yaygın yazılımlarla sorunsuz veri alışverişi yapabilir.
- **Politika Entegrasyonu:** Modelin çıktıları, yerel ve ulusal düzeyde afet yönetimi, imar planlaması, altyapı yatırımı ve sigorta değerlendirmelerinde doğrudan referans alınmaktadır.

Örnek Uygulama: Christchurch Deprem Senaryosu

2011 Christchurch Depremi sonrası geliştirilen bir senaryo kapsamında, RiskScape modeli kullanılarak şehir merkezindeki yapıların hasar görebilirliği ve müdahale kapasitesi analiz edilmiştir. Model, konut kayıplarının mekânsal dağılımını, sağlık hizmeti erişimindeki aksaklıkları ve altyapı üzerindeki baskıyı gösteren haritalar üretmiştir. Bu veriler, afet sonrası yeniden yapılandırma süreçlerinin önceliklendirilmesinde kritik rol oynamıştır.

RiskScape, kullanıcıya özgü, veri odaklı, şeffaf ve esnek bir afet risk değerlendirme platformu olarak öne çıkmaktadır. Teknik kapasitesi, çok tehlikeli senaryo modellemesi ve kullanıcı dostu yapısıyla özellikle yerel yönetimlerin kapasitesini artırıcı bir karar destek sistemi sunmaktadır. Türkiye'de MARAP benzeri projelerde RiskScape modeli, **afetlerin mekânsal etkilerinin senaryo bazlı analizinde**, **kayıp tahmini** ve **politika odaklı planlama** süreçlerinde etkin biçimde örnek alınabilecek bir araçtır.

Tablo 4-2 Yeni Zelanda RisckSpace sistemi özellikleri

Yürütücü Kurum	GNS Science & NIWA (National Institute of Water and Atmospheric Research)
Odak Alanları	Tsunami, deprem, volkan, sel
Teknik Temel	Senaryo bazlı risk modelleme, hasar fonksiyonları, ekonomik etkiler
Özellikler	• Açık kaynaklı analiz aracı • Kent ölçeğinde sosyal, ekonomik ve yapısal etkilerin modellenmesi • Kullanıcı dostu ara yüz ile karar vericiler için kolay senaryo oluşturma

4.2.5 İtalya: ReRisk (Regional Risk Assessment Model)

İtalya'nın ReRisk modeli (Regional Risk Assessment Model), özellikle volkanik aktivite, heyelan ve taşkın gibi bölgesel nitelikli afet türlerine karşı çok katmanlı ve mekânsal olarak hassas afet risk analizleri yapılmasına olanak tanıyan, bölge-odaklı bir değerlendirme sistemidir. Avrupa Birliği Sivil Koruma Mekanizması çerçevesinde ve ülkenin jeodinamik risk yapısını dikkate alarak geliştirilmiş bu model, karar vericilerin afet öncesi planlama süreçlerinde mekânsal doğruluk temelli kararlar almasına olanak sağlamaktadır.

İtalya, Alpler ve Apenin Dağları boyunca gelişen aktif tektonik yapısı ve Napoli, Vezüv, Etna gibi aktif volkanları nedeniyle Avrupa'nın en yüksek jeolojik risk profiline sahip ülkelerinden biridir. Aynı zamanda yağış rejimlerinin değişkenliği, topografik eğim yapısı ve bölgesel kentsel gelişim dinamikleri, heyelan ve taşkın risklerini daha da artırmaktadır. Bu koşullar altında ReRisk modeli, tehlike, maruziyet ve kırılganlık bileşenlerini entegre eden nicel ve mekânsal analiz sistemleriyle afet riskini kapsamlı biçimde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

ReRisk modeli, İtalya'nın ulusal düzeyde afet yönetiminden sorumlu kurumu olan **Dipartimento della Protezione Civile (İtalya Sivil Koruma Dairesi)** tarafından koordine edilmektedir. Ayrıca modelin geliştirilmesinde **ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)** ve yerel bölgesel sivil koruma daireleri de aktif rol oynamaktadır. Modelin uygulanması, İtalya'nın bölgeler bazında özerk yönetim sistemine uygun olarak bölgesel düzeyde uyarlanmakta ve yerel karar mercilerinin operasyonel kullanımı hedeflenmektedir.

Teknik Özellikler ve Kullanılan Yöntemler

- **Çok Katmanlı Tehlike Modelleme:** Deprem, volkan, heyelan ve taşkın gibi afet türleri için ayrı ayrı tehlike katmanları oluşturulur; bu katmanlar raster analizlerle bölgesel tehlike endeksine dönüştürülür.
- **Uzaktan Algılama Tabanlı Eğim Analizi:** Sentinel-2, COSMO-SkyMed gibi uydu platformlarından alınan görüntülerle arazi eğimi, bitki örtüsü değişimi ve zemin deformasyonları takip edilir.

- **Kırılganlık İndeksi Geliştirme:** Sosyal kırılganlık (nüfus yoğunluğu, yaşlı nüfus, yoksulluk) ile yapısal kırılganlık (bina yaşı, yapı malzemesi, altyapı erişimi) birleştirilerek bölgesel kırılganlık haritaları üretilir.
- **Dinamik Risk Haritalama:** 1:10.000 ve 1:25.000 ölçek aralığında, zaman serisine dayalı, güncellenebilir risk haritaları oluşturulur.
- **Senkronize Senaryo Tabanlı Planlama:** Ulusal Acil Müdahale Planları ile uyumlu olarak, ReRisk çıktıları bölgesel senaryo planlamalarında kullanılır.

İdari Özellikler ve Operasyonel Yapı

- **Yerel Uygulama Yetkisi:** Model, her bölgenin kendi sivil koruma kurumu tarafından bölgesel ihtiyaçlara göre uyarlanmakta ve yerel veri setleriyle güncellenmektedir.
- **Web Tabanlı Platform:** ReRisk veri görselleştirme ve analiz platformu, İtalya Sivil Koruma Dairesi tarafından geliştirilen "Risk WebGIS" arayüzü üzerinden yürütülmektedir.
- **Eğitim ve Kapasite Geliştirme:** Belediyeler, teknik personel ve STK'lar için düzenli çevrim içi ve yüz yüze eğitimler düzenlenmektedir.
- **Acil Müdahale Planlarıyla Entegrasyon:** ReRisk çıktıları, sivil savunma planlarına doğrudan entegre edilmekte ve lojistik, tahliye ve kaynak yönetimi için stratejik veriler sunmaktadır.

Örnek Uygulama: Napoli - Vezüv Volkanik Senaryosu

ReRisk, Napoli metropol alanında yer alan Vezüv Yanardağı çevresinde oluşturulan senaryolarda kapsamlı biçimde kullanılmıştır. Volkanik patlama olasılıkları, kül dağılım simülasyonları, tahliye yolları ve maruz kalan yerleşim birimlerine dair risk yoğunluk haritaları, bölgesel tahliye planlarına temel teşkil etmiştir. Bu çalışmalar, İtalya'da sivil koruma planlarının yer bilimsel senaryolarla doğrudan bütünleşmesini sağlayan ilk örneklerden biri olarak öne çıkmıştır.

Tablo 4-3 İtalya ReRisk Model Özellikleri

Yürütücü Kurum	İtalya Sivil Koruma Dairesi
Odak Alanları	Volkanik aktivite, heyelan, taşkın
Teknik Temel	Uzaktan algılama, eğim analizleri, dinamik modeller
Özellikler	• Bölgesel afet risk analizleri için çok katmanlı modelleme • Ulusal Acil Müdahale Planları ile senkronize • Bölgesel ve yerel yönetim için dijital karar destek

ReRisk modeli, afet risklerinin bölgesel düzeyde analiz edilmesine olanak sağlayan, senaryo tabanlı ve çok katmanlı bir yapıya sahip olup; İtalya'nın bölgesel yönetim sistemine uyumlu olarak çalışmaktadır. Yüksek çözünürlüklü mekânsal veri

kullanımı, senaryoya dayalı planlama kabiliyeti ve sosyal kırılganlık indekslerinin entegre analizi gibi özellikler, modeli hem bilimsel hem de pratik düzeyde güçlü kılmaktadır. Türkiye'de MARAP benzeri projeler için ReRisk modeli, **bölgesel senaryo planlaması**, **idari uygulama esnekliği** ve **mekânsal karar destek sistemleriyle entegrasyon** açısından dikkate değer bir örnek teşkil etmektedir.

4.2.6 Hindistan: National Disaster Management Authority (NDMA) Risk Atlas

Hindistan'ın NDMA Risk Atlas modeli, ülkenin geniş coğrafyası ve afet çeşitliliğine karşı geliştirdiği, ulusal düzeyde kapsayıcı ve çok disiplinli afet risk haritalama yaklaşımını temsil eder. Geniş nüfusu, hızlı kentleşme süreci ve iklim değişikliği kaynaklı risk artışları nedeniyle Hindistan, afet yönetimini yalnızca müdahale değil, aynı zamanda risk azaltma ekseninde yeniden yapılandırmıştır. Risk Atlas, bu dönüşümün merkezinde yer almakta ve afet risklerini mekânsal olarak analiz ederek ulusal ve eyalet düzeyinde politika üretimine yön vermektedir.

Hindistan; depremler, seller, kuraklık, siklonlar ve heyelanlar gibi çok çeşitli doğa kaynaklı afetlerle karşı karşıya olan bir ülkedir. Bu afetlerin farklı bölgelerde farklı şiddetlerde ve sıklıklarda meydana gelmesi, ülke çapında afet risklerinin standartlaştırılmış ve bölgesel farklılıkları dikkate alan bir sistemle yönetilmesini zorunlu kılmıştır. Bu çerçevede geliştirilen NDMA Risk Atlas, tehlike ve kırılganlık temelli, çok tehlikeli, çok katmanlı ve zamana duyarlı bir mekânsal karar destek sistemidir.

Sistemin yürütücüsü Hindistan Ulusal Afet Yönetim Kurumu'dur (**NDMA – National Disaster Management Authority**). Hindistan Jeoloji Araştırma Kurumu (GSI), Hint Meteoroloji Dairesi (IMD), Ulusal Uzay Uygulamaları Merkezi (ISRO-NRSC), Merkez Su Komisyonu (CWC) ve Ulusal Uzaktan Algılama Merkezi (NRSC) gibi teknik uzmanlık kurumları da katkı sunar. Bu kurumlar, Risk Atlas'ın bilimsel veri altyapısını oluşturur.

Teknik Özellikler ve Kullanılan Yöntemler

- **Tehlike Katmanları (Hazard Layers):** Deprem zonları, taşkın havzaları, siklon rotaları ve kuraklık alanları gibi farklı afet türleri için tehlike düzeyleri raster formatta modellenmiştir.
- **Yapı Stoğu ve Nüfus Envanteri:** Bina türleri, yapı yüksekliği, bina malzemesi gibi veriler ISRO destekli haritalama çalışmalarıyla detaylandırılır. Aynı zamanda nüfusun sosyal özelliklerine dayalı kırılganlık indeksleri oluşturulur.
- **Dinamik Görselleştirme:** NDMA Risk Atlas kullanıcılarına, seçilen bölge için afet türüne göre anlık risk görüntüleme imkânı sunar. Sistem hem 2D hem 3D görselleştirme desteklidir.
- **Eğitim ve Lojistik Katmanlar:** Hastaneler, okul binaları, tahliye yolları ve barınma alanları gibi kritik tesisler sistemde ayrı katmanlar olarak işlenmiş ve risk bazlı önceliklendirme yapılmıştır.

- **Çok Ölçekli Analiz Kabiliyeti:** Ulusal, eyalet ve ilçe düzeyinde analiz yapılmasına olanak tanır. Eyalet düzeyindeki afet yönetim planları ile senkronize çalışır.

İdari Özellikler ve Kurumsal Entegrasyon

- **Açık Erişimli Platform:** Sistem, NDMA'nın çevrimiçi arayüzü üzerinden halka ve karar vericilere açıktır. Web: https://gis.ndma.gov.in/RiskAtlas/
- **Politika Yapımıyla Entegrasyon:** Harita çıktıları, eyalet düzeyinde yapı ruhsatlandırma süreçlerinden imar planı üretimine kadar çeşitli aşamalarda kullanılmaktadır.
- **Yaygınlaştırma ve Eğitim:** Yerel yöneticilere yönelik e-eğitim modülleri, kullanım kılavuzları ve teknik dokümanlar sistemle entegredir.
- **Tatbikat ve Simülasyon Senaryoları:** Risk Atlas, NDMA'nın yıllık tatbikat ve hazırlık programlarına mekânsal senaryo katkısı sağlamaktadır.

Örnek Uygulama: Odisha Eyaleti – Siklon Senaryosu

Hint Okyanusu'na kıyısı olan Odisha Eyaleti'nde Risk Atlas sistemi, 2020 yılında yaşanan "Amphan" siklonu öncesi ve sonrasında aktif biçimde kullanılmıştır. Etkilenecek alanların, olası tahliye güzergâhlarının ve sağlık hizmeti ihtiyaçlarının modellenmesi, afet öncesi erken tahliye ve kaynak yönetiminde etkili olmuştur. Ayrıca olay sonrası zarar tespiti için uydu görüntüleriyle entegre veri doğrulaması gerçekleştirilmiştir. NDMA Risk Atlas, Hindistan'ın mekânsal tabanlı, çok disiplinli ve çok kurumlu afet risk yönetimi stratejisinin önemli bir parçasıdır. Hem merkezi hükümet hem de eyalet düzeyinde plan yapıcılar için güçlü bir rehber olan sistem, afet risklerini yalnızca analiz etmekle kalmayıp, müdahale, hazırlık ve iyileştirme aşamalarına dair yönetsel planlamaya da doğrudan katkı sunmaktadır. Türkiye'de MARAP gibi modellerde bu yaklaşım, **ulusal-yerel plan senkronizasyonu**, **açık veri politikaları** ve **çok katmanlı mekânsal karar destek** bağlamında değerli bir örnektir.

Tablo 4-4 Hindistan NDMA Risk Atlas Özellikleri

Yürütücü Kurum	NDMA India
Odak Alanları	Sel, deprem, kuraklık, fırtına
Teknik Temel	Bütünleşik afet veritabanı, yapı stoku analizi, sosyal kırılganlık
Özellikler	• Yüksek çözünürlüklü bölge bazlı haritalama • Devlet ve eyalet düzeyinde planlar için rehberlik • Eğitim, tatbikat ve kapasite artırımıyla ilişkilendirilmiş

4.2.7 Afet Risk Haritalama Modellerinin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi

Yukarıdaki yapılan açıklamalar ve seçilen bazı ülke örneklerinden hareketle düzenlen aşağıdaki karşılaştırmalı Tablo 4-5, uluslararası afet risk yönetimi yaklaşımlarının Türkiye'nin MARAP modeli için nasıl örnek teşkil edebileceğini

karşılaştırmalı bir biçimde ele almaktadır. Farklı ülkelerdeki modeller, coğrafi odak alanları, teknik altyapıları ve tehlike kategorileri açısından çeşitli avantajlar ve özgünlükler sunmaktadır.

Tablo 4-5 Ülke afet risk haritalama sistemlerinin karşılaştırmalı değerlendirme tablosu

Model	***Kapsam***	***CBS Tabanı***	***Senaryo Modelleme***	***Katılım***	***Açık Veri***	***Ana Tehlike Alanı***
FEMA Risk MAP	Ulusal – Yerel	✓	✓	✓	Kısmi	Sel
Japonya MLIT	Ulusal – Bölgesel	✓	✓	✓	✓	Deprem, Tsunami
Copernicus RRM	AB Ülkeleri	✓✓	✓✓	✓	✓✓	Çoklu
RiskScape (NZ)	Kent – Bölge	✓	✓✓	Orta	✓	Çoklu
ReRisk (İtalya)	Bölgesel	✓	✓	✓	Kısmi	Volkan, Heyelan
NDMA Atlas (IN)	Ulusal	✓	✓	✓	✓	Sel, Deprem

**Açıklama notu: Tablodaki (✓) işareti, ilgili MARAP bileşeninin o başlıkla standart veya dolaylı düzeyde ilişkilendiğini; çift tik (✓✓) ise doğrudan, öncelikli veya güçlü bir teknik bağa sahip olduğunu göstermektedir. Böylece tablo, MARAP veri katmanlarının veya analiz modüllerinin hangi stratejik başlıklarla temel düzeyde mi yoksa kritik düzeyde mi örtüştüğünü ayırt etmeyi amaçlamaktadır.*

Türkiye'nin afet risk profili, jeolojik, iklimsel ve sosyo-ekonomik özellikleri nedeniyle oldukça karmaşık ve çok boyutlu bir yapıya sahiptir. Ülkenin büyük bir kısmı aktif fay zonları üzerinde bulunmakta, kıyı şeritleri taşkın ve fırtına gibi meteorolojik tehlikelere açık olmakta ve özellikle büyük şehirler yoğun yapılaşma, düzensiz kentleşme ve sosyo-ekonomik eşitsizliklerden kaynaklanan kırılganlık düzeyleriyle dikkat çekmektedir. Bu yapı, afet risklerinin yalnızca fiziksel değil; mekânsal, sosyal ve yönetsel boyutlarda bütüncül biçimde ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Uluslararası afet risk modelleme yaklaşımları incelendiğinde, her ülkenin afet dinamiklerine ve yönetim sistemine uygun, çok ölçekli ve çok paydaşlı yapıların benimsendiği görülmektedir. Buna göre uluslararası örneklerden Türkiye için alınabilecek çıkarımlar aşağıdaki biçimde özetlenebilir.

FEMA Risk MAP modeli, sel risklerinin modellemesinde uzmanlaşmış olup, karar destek süreçlerini ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) odaklı veri yönetimini ön plana çıkarmaktadır. Bu model, yalnızca taşkın risklerini belirlemekle kalmaz, aynı zamanda sigorta tabanlı risk analizleri ve sigorta sektörünün afet yönetim süreçlerine entegrasyonu gibi alanlarda da önemli bir rol oynar. Ulusal ve yerel

düzeyde kapsayıcı bir yapıya sahip olan FEMA Risk MAP, veri paylaşımı ve senaryo tabanlı planlama yoluyla kamu ve özel sektör arasında iş birliği sağlamayı hedefler. Türkiye'nin taşkın riski yönetimi alanında, bu modelin sunduğu teknik yaklaşımlar, özellikle sigorta-bilim ilişkisi ve karar destek mekanizmalarının geliştirilmesi açısından uygulanabilir örnekler sunabilir.

Japonya'nın MLIT modeli, deprem ve tsunami gibi tehlikelerle ilgili mikro-zonlama ve bina performans senaryoları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu yaklaşım, yapıların dayanıklılığını artırmaya yönelik mühendislik çözümleri sunarken, kentsel dönüşüm süreçlerine de rehberlik etmektedir. Ayrıca, bu modelin detaylı coğrafi analiz ve yerel afet risk haritalaması gibi unsurları, Türkiye'nin özellikle deprem riski yüksek bölgelerinde uygulanabilir örnekler teşkil etmektedir. İstanbul gibi metropollerde, bölgesel özelliklere göre özelleştirilmiş bina performans analizleri ve yerel yönetimlerin afet hazırlık planlamaları bu modeli temel alarak geliştirilebilir. Örneğin, MLIT'nin bina dayanıklılığı ile afet sonrası hızlı müdahale arasındaki ilişkiyi ele alan modülleri, Türkiye'deki yerel yönetimlerin kriz yönetim kapasitelerini artırmak için önemli bir kaynak olabilir.

Avrupa Birliği'nin Copernicus RRM sistemi, afet sonrası zarar tespiti, uzaktan algılama temelli hızlı haritalama ve mekânsal yenilenme planlaması açısından dikkat çeken bir modeldir. Bu sistem, uydu görüntüleri ve gelişmiş veri analiz teknikleri kullanarak afet sonrası bölgelerin durumunu hızla değerlendirme kapasitesine sahiptir. Türkiye'de özellikle sel, yangın ve deprem sonrası yeniden yapılandırma planlamalarının mekânsal çözümlemelere dayalı olarak geliştirilmesi sürecinde Copernicus'un uydu tabanlı değerlendirme modülleri büyük katkılar sağlayabilir. Ayrıca, bu sistemin sunduğu yenilikçi haritalama teknolojisi, yerel yönetimlerin ve afet müdahale ekiplerinin daha etkili kararlar almasına olanak tanır. Yerel ihtiyaçlara uygun şekilde uyarlanabilecek olan bu yaklaşım, afet risk yönetimi stratejilerinin modernize edilmesi ve etkinliğinin artırılması için önemli bir kaynak olabilir.

Yeni Zelanda'nın RiskScape platformu, yerel düzeyde senaryo temelli risk hesaplamaları ve modüler yazılım altyapısı ile ön plana çıkmaktadır. Türkiye'de il ve ilçe düzeyindeki teknik personel için kullanıcı dostu bir yapı sunabilir ve MARAP modeline yönelik etki alanı modelleme ile sosyal hizmet göstergeleri açısından örnek teşkil edebilir.

İtalya'nın ReRisk modeli, çok katmanlı risk analizi ve bölgesel ölçekli uygulama kabiliyeti ile Türkiye'nin afet risk yönetimi senaryolarında bölgesel planlama stratejilerine doğrudan entegre edilebilir. Bu model, sosyal eşitsizliklerin risk üzerindeki etkisini daha açık bir şekilde ele alma olanağı sunmaktadır.

Son olarak, Hindistan'ın NDMA Risk Atlas sistemi, Türkiye'de ulusal-yerel plan senkronizasyonu ve açık veri politikaları geliştirmek için önemli bir örnek oluşturmaktadır. Çok katmanlı mekânsal karar destek altyapısıyla Hindistan'daki

gibi karmaşık bir yönetişim sistemine sahip olan Türkiye'nin afet yönetiminde disiplinler arası iş birliğini artırabilir.

Yukarıda açıklanan altı uluslararası model, afet risk haritalarında ölçek tercihinin yalnızca görsel bir temsil değil, aynı zamanda veri işleme kapasitesi, karar destek yapısı ve müdahale planlarının hassasiyeti açısından belirleyici olduğunu göstermektedir.

Ortak eğilimler (Tablo 4-6):

Tablo 4-6 Uluslararası Afet Risk Haritalama Modelleri Tablosu

Model / Ülke	***Çözünürlük / Ölçek***	***Veri Kaynağı***	***Teknik Özellikler***	***Kullanım Alanları***	***Web Linki***
FEMA Risk MAP (ABD)	1:24.000 – 1:12.000 raster	LiDAR, DEM, yapı envanteri	Çok aşamalı senaryo analizi, sigorta temelli risk haritaları	Sigorta, imar, kamu bilgilendirme	https://www.fema.gov/flood-maps/tools-resources/risk-map
Japonya MLIT	1/25.000 ve altı	Zemin verisi, yapı tipi, JMA senaryoları	Mikrozonlama, mahalle bazlı değerlendirme, tahliye senaryoları	Toplum temelli planlama, bina dayanıklılığı	https://disaportal.gsi.go.jp/hazardmap/index_e.html
Copernicus RRM (AB)	5–10 m raster (1/25.000 – 1/50.000 eşdeğer)	Sentinel-1/2, SAR, optik uydu	Acil durum haritaları, çok zamanlı analiz, açık veri	Zarar tespiti, yeniden yapılandırma	https://emergency.copernicus.eu/mapping
RiskScape (Yeni Zelanda)	Kullanıcı tanımlı / modüler	Afet tehlike katmanları, nüfus, altyapı	Senaryo tabanlı, hasar hesaplamalı, kullanıcı dostu arayüz	Kentsel planlama, politika senaryoları	https://www.riskscape.org.nz/
ReRisk (İtalya)	1/10.000 – 1/25.000	Sosyal kırılganlık, bina yapısı, tahliye yolları	Multi-hazard entegre senaryo modelleme, bölgesel uyarlama	Afet müdahale, tahliye, altyapı yönetimi	https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/
NDMA Risk Atlas (Hindistan)	1/50.000 – 1/25.000	Afet tehlike zonları, altyapı, nüfus	Kritik hizmet analizi, dinamik görselleştirme, interaktif sistem	Eyalet planları, hizmet erişimi, farkındalık	https://gis.ndma.gov.in/RiskAtlas/

- Çözünürlük bazlı yaklaşım (özellikle FEMA, Copernicus, RiskScape),
- Çok tehlike (multi-hazard) senaryo modelleme (MLIT, ReRisk),
- Sosyal kırılganlık ve altyapı etkileşimi (NDMA, ReRisk),
- Açık kaynak/erişilebilir veri platformları (Copernicus, RiskScape, NDMA).

Türkiye'de geliştirilen MARAP gibi bölgesel planlamalar için bu modeller, **ölçek belirleme, veri modelleme, plan uygulama ve kamu katılımı** açısından bilimsel referans niteliği taşımaktadır. İlgili web sayfaları ve örnek veri ürünleri, yerel planlamacıların ve karar vericilerin kapasite geliştirmesi için aktif kullanılabilir.

Bu karşılaştırmalı değerlendirmeler, MARAP gibi projeler için çok ölçekli modelleme, senaryo bazlı risk yönetimi ve açık veri entegrasyonu gibi kritik unsurların önemini vurgulamaktadır. Türkiye'nin afet risk yönetimi stratejileri, bu uluslararası modellerin güçlü yönlerini adapte ederek daha dirençli ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşabilir.

4.3 Afet Risk Haritalama Modellerine İlişkin Teknik Analiz

MARAP, yalnızca risk haritalama projesi değil; **politik karar destek platformu**, **veri yönetim sistemi** ve **planlama stratejisi aracı** olarak tasarlanmalıdır. Türkiye, deprem, sel ve diğer doğal afetlerin sıkça yaşandığı coğrafi konumu nedeniyle afet risk yönetimi ve planlama konularında sürekli olarak yenilikçi yaklaşımlar geliştirmek zorunda kalmıştır. Bu süreçte, uluslararası modellerden alınan ilhamla oluşturulan yöntemler, ülkenin afetlere karşı daha dirençli bir yapıya kavuşmasında önemli bir rol oynamaktadır. MARAP gibi projeler, bu kapsamda büyük bir potansiyel taşımakta olup, etkili ve sürdürülebilir afet yönetimi için dünya genelindeki başarılı uygulamalardan faydalanmayı hedeflemektedir. Bu çerçevede, ölçeklendirme, teknoloji entegrasyonu ve çok disiplinli iş birliği gibi konular ön plana çıkmaktadır.

4.3.1 MARAP Projeleri İçin Ölçeklendirme ve Modelleme

MARAP gibi projelerin başarılı olabilmesi için çok ölçekli modelleme ve senaryo bazlı risk yönetimi anlayışı merkeze alınmalıdır. Bu tür projelerde, bölgesel planlamalar için 1:100.000 – 1:25.000 gibi ara ölçekler kullanılmalıdır. Bu ara ölçekler, geniş alanları detaylı bir şekilde analiz etmeye olanak tanırken, gerektiğinde daha küçük ve spesifik alanlar için mikro ölçekte detaylandırmalar yapılabilir. Örneğin, büyük bir deprem riskine sahip bir bölge, önce geniş ölçekli bir haritada analiz edilmeli, ardından belirli mahalleler veya kritik altyapılar için daha detaylı mikro ölçekli planlamalarla desteklenmelidir.

4.3.2 Açık Veri Tabanları ve Teknolojik Entegrasyon

Uluslararası modellerde olduğu gibi, Türkiye'de de açık veri tabanlarının oluşturulması, kurumlar arası veri entegrasyonu ve halkla etkileşimli haritaların geliştirilmesi gerekmektedir. Açık veri tabanları, kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşlarının afet planlama süreçlerine daha aktif katılımını sağlar. Ayrıca, mobil uygulamalar aracılığıyla halkın bu verilere erişimi mümkün kılınarak, bireylerin afetler karşısındaki hazırlık düzeyi artırılabilir.

4.3.3 Teknik Kapasite Geliştirme ve Eğitim

Teknik kapasitenin geliştirilmesi, yalnızca teknolojik yatırımlarla sınırlı kalmamalıdır; aynı zamanda yerel yönetimler ve kamu personeline yönelik kapsamlı

eğitim programları düzenlenmelidir. Bu eğitimlerde, afet risk haritalaması, veri analizi, senaryo oluşturma ve kriz yönetim teknikleri gibi konular ele alınmalıdır. Eğitim programları, MARAP çıktılarının yaygınlaştırılmasını ve bu projelere olan genel farkındalığı artırmayı hedeflemelidir.

4.3.4 Uydu Verisi ve LiDAR Teknolojisi Kullanımı

Uydu verisi ve LiDAR teknolojisi tabanlı veri üretimi teşvik edilmelidir. Bu tür teknolojiler, afet sonrası durum değerlendirmeleri için kritik bir öneme sahiptir. Uydu verileri, geniş kapsamlı bir analiz sağlar ve LiDAR, özellikle yapıların ve arazilerin detaylı incelenmesinde yüksek doğruluk sunar. Örneğin, deprem sonrası binaların hasar durumunun hızlı bir şekilde değerlendirilmesi, LiDAR teknolojisi sayesinde mümkün hale gelebilir.

4.3.5 MARAP'ın Çok Amaçlı Bir Platform Olarak Tasarımı

MARAP, yalnızca bir risk haritalama projesi olarak değil, aynı zamanda politik karar destek platformu, veri yönetim sistemi ve planlama stratejisi aracı olarak tasarlanmalıdır. Bu tür çok amaçlı bir yaklaşım, projeyi daha etkili ve sürdürülebilir kılacaktır. MARAP, afet yönetimi süreçlerinde bilimsel veriye dayalı kararların alınmasını desteklemek, farklı paydaşları bir araya getiren bir iş birliği platformu oluşturmak ve planlama süreçlerine stratejik bir yönlendirme sağlamak gibi işlevleri bir arada sunmalıdır.

MARAP gibi projelerin dünya ölçeğindeki başarılı modellerin kavramsal çerçevelerini, teknolojik bileşenlerini ve yönetişim yapılarını dikkate alarak yerelleştirmesi, Türkiye'nin afetlere karşı dirençli bölgeler oluşturma hedefinde stratejik bir kaldıraç işlevi görecektir. Bu raporun sunduğu karşılaştırmalı analiz, MARAP'ın hem teknik hem yönetsel tasarımının daha bilimsel, uygulanabilir ve sürdürülebilir bir temele oturtulmasına katkı sunmayı amaçlamaktadır.

a) Türkiye'de MARAP gibi bölgesel afet planlama girişimleri için **Copernicus ve Japonya modelleri** örnek alınabilir. Özellikle sismik zonlamalar için Japonya, çok tehlikeli senaryo temelli karar destek için Copernicus öne çıkmaktadır.

b) Açık veri tabanları ve mobil uyumlu halk bilgilendirme sistemleri açısından **RiskScape** modeli Türkiye'deki yerel yönetimlerin kapasite artırımı için örnek teşkil edebilir.

c) Harita ölçeği ve karar destek katmanları açısından **FEMA ve ReRisk**, bölge bazlı karar süreçlerine teknik katkı sunan modellerdir.

Sonuç olarak, afet risk haritalaması ve planlamasında dünya genelindeki uygulamalar, entegre veri altyapısı, katılımcı süreçler ve çoklu ölçekli modelleme araçlarının önemini ortaya koymaktadır. Türkiye'de MARAP gibi projelerin başarılı olabilmesi için bu örneklerin hibrit bir modeli oluşturacak biçimde referans alınması önerilmektedir. Bu hibrit model, uluslararası standartları dikkate alarak yerel ihtiyaçlara uygun çözümler geliştirme kapasitesine sahip olmalıdır. Aynı zamanda,

afet senaryolarının farklı ölçeklerde detaylandırılmasını ve bu senaryoların etkili müdahale stratejilerine dönüştürülmesini sağlamalıdır. Bu tür bir yaklaşım, MARAP'ın yalnızca teknik bir araç değil, aynı zamanda karar alma süreçlerini destekleyen stratejik bir platform olarak işlev görmesini mümkün kılabilir. Ek olarak, çeşitli paydaşların bir araya geldiği iş birliği mekanizmalarını destekleyen ve halkın farkındalığını artıran bir yapının oluşturulması, planlama süreçlerinin daha kapsayıcı ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlayabilir.

4.4 Afet Risk Haritalarında Mekânsal Ölçek Tercihi: Bilimsel ve Stratejik Değerlendirme

Marmara Bölgesi Mekânsal Gelişme Stratejik Çerçeve Belgesi (MSÇB)[1] ve FEMA Risk MAP[2] gibi uluslararası kabul görmüş modeller, bölgesel afet risk planlamasında "harita ölçeği belirleme" konusunun salt bir kartografik tercih değil, aynı zamanda mekânsal analiz gücü, veri çözünürlüğü, stratejik yönlendirme kapasitesi ve planlar arası entegrasyon açısından son derece kritik bir planlama unsuru olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, harita ölçeği sadece teknik bir gösterim parametresi değil, aynı zamanda planlama kararlarının doğruluğunu, uygulama kolaylığını, kaynak tahsisinin mekânsal adaletini ve çok ölçekli yönetişim mekanizmalarının işlerliğini doğrudan etkileyen bir unsurdur.

Kentsel ve bölgesel planlamada klasik anlamda izlenen ölçek hiyerarşisi, üst ölçeklerde stratejik yönlendirme, orta ölçeklerde sektörel entegrasyon ve alt ölçeklerde detay uygulama planları biçiminde yapılandırılmıştır. Bu yapı içinde her bir ölçek düzeyi, yalnızca kapsadığı alan büyüklüğü ya da veri detay düzeyiyle değil; aynı zamanda üst ve alt planlarla olan ilişki biçimi, veri akış yönü ve karar üretme kapasitesi ile tanımlanır. Bu ölçek sistematik, afet risk planlaması gibi çok disiplinli, çok paydaşlı ve yüksek karar baskısı içeren konularda daha da önemli hale gelmektedir.

Nitekim MSÇB'de ve benzer plan belgelerinde yer alan analizler incelendiğinde, afet risklerinin mekânsal olarak değerlendirilmesinde kullanılacak

[1] **Marmara Bölgesi Mekânsal Gelişme Stratejik Çerçeve Belgesi (MSÇB),** Türkiye'nin Marmara Bölgesi için mekânsal gelişme vizyonunu, hedeflerini ve stratejik önceliklerini belirleyen üst ölçekli bir rehber dokümandır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda Trakya, Doğu Marmara ve İstanbul Kalkınma Ajansları iş birliğiyle hazırlanmıştır. Bu belge, Marmara Bölgesi'nin; a) Kentsel gelişim dinamikleri, b) Sanayi ve lojistik altyapısı, c) Ulaşım ve çevresel sürdürülebilirlik gibi temel temalar doğrultusunda entegre bir mekânsal planlama anlayışıyla yönlendirilmesini amaçlar. MSÇB, aynı zamanda 1/100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planları ve bölgesel stratejiler için üst çerçeve niteliği taşır. Özellikle iklim değişikliği, afet riski, nüfus baskısı ve altyapı entegrasyonu gibi konularda karar vericilere yön gösterir. Türkiye'nin mekânsal strateji belgesi türünde ilk bölgesel ölçekli uygulamalarından biridir ve Marmara 2050 vizyonu çerçevesinde şekillendirilmiştir. [Kaynak: Marmara Belediyeler Birliği (2021). Marmara Bölgesi Mekânsal Gelişme Stratejik Çerçeve Belgesi (MSÇB). İstanbul: Marmara Belediyeler Birliği Yayınları, Yayın No: 14, ISBN No: 978-605-74910-9-1

https://www.marmara.gov.tr/tr/marmara-bolgesi-mekansal-gelisme-stratejik-cerceve-belgesi-basina-tanitildi

[2] https://www.fema.gov/flood-maps/tools-resources/risk-map

ölçeğin, yalnızca mevcut veri yapısına değil; aynı zamanda karar alınacak coğrafi düzeye, etkilenme zonlarının yayılım karakterine ve risk kaynaklarının çoğulluğuna göre belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Örneğin, bir deprem zonu ile taşkın havzası aynı idari sınırlar içinde yer alabilir; ancak etkileri farklı dinamiklere ve zaman ölçeklerine sahiptir. Bu nedenle, bölgesel afet risk planlamasında kullanılacak harita ölçekleri, yalnızca tematik içerikle değil; aynı zamanda karar üretim bağlamıyla da ilişkilendirilmelidir.

Sonuç olarak, harita ölçeği belirleme süreci; veri setlerinin çözünürlüğü, risk türünün yayılım geometrisi, idari kapasite, karar düzeyi, planlarla entegrasyon uyumu ve kullanıcı profili gibi çok sayıda faktörü dikkate alarak yapılandırılmalıdır. Bu çok değişkenli yaklaşım, MARAP gibi projelerde uygulanacak risk planlama modellerinin başarısını doğrudan etkileyecek kritik bir başlangıç parametresi olarak değerlendirilmelidir. Aksi halde, ölçek uyumsuzluğu nedeniyle planlar arası çakışmalar, veri yorum hataları ve uygulama kademelerinde koordinasyon sorunları ortaya çıkabilecektir. Dolayısıyla, ölçek seçimi teknik değil, stratejik bir karar olarak ele alınmalı; her bir planlama düzeyi için önerilecek harita üretim ölçekleri, bu stratejik yaklaşımla sistematik biçimde kurgulanmalıdır.

4.5 Mekânsal Strateji Planlarında Bölgesel Konum ve Ölçek Hiyerarşisi

Planlama disiplini içinde ölçek kavramı, yalnızca kartografik bir gösterim biçimi olarak değil; aynı zamanda kararların üretildiği, uygulandığı ve yönetişim düzeyleriyle ilişkilendiği bir çerçeve olarak ele alınmalıdır. Özellikle büyük ölçekli bölgelerin stratejik planlamasında, mekânsal ölçek hiyerarşisinin plan türleri ve kurumsal karar düzeyleriyle doğrudan senkronize olması gerekmektedir. Marmara Bölgesi Mekânsal Gelişme Stratejik Çerçeve Belgesi (MSÇB), bu anlayışa dayalı olarak ölçekler arası yönlendirici bir yapı önermektedir.

MSÇB planlama sistematiği; vizyon belirleyen üst düzey strateji planlarından uygulamaya dönük imar planlarına kadar farklı kademelerde kurgulanmıştır. Bu yapının temelini, **1/250.000 – 1/100.000** arası mekânsal strateji planları, **1/100.000 – 1/25.000** arası çevre düzeni planları, **1/25.000 – 1/5.000** arası nazım imar planları ve **1/5.000 – 1/1.000** arası uygulama planları oluşturmaktadır. Her plan ölçeği, üst düzeyden gelen stratejik yönlendirmeyi alt ölçeklere aktarırken, aynı zamanda alt planlardan gelen geri bildirimlerle bütüncül bir planlama ağı oluşturur.

Bölgesel düzeyde ölçeklendirme, özellikle Marmara gibi çok merkezli, yoğun nüfuslu, yüksek kentsel yoğunluklu ve stratejik altyapılara sahip bölgelerde daha da karmaşık bir işlev kazanır. Bu bağlamda, **bölgesel planlama düzeyi**, yalnızca teknik ölçek çözünürlüğüyle değil; çok aktörlü yönetişim, sektörler arası entegrasyon ve politik karar süreçleriyle olan etkileşimleriyle değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, MSÇB'nin tanımladığı ölçek yapısı, plan türlerinin koordinasyonu kadar, mekânsal strateji belgeleriyle sektörel gelişme eğilimlerinin birleştirilmesini de mümkün kılar.

Afet risklerinin mekânsal düzeyde değerlendirilebilmesi için, sadece mikro düzeyde tehlike haritaları değil, aynı zamanda makro düzeyde bölgesel yönlendirme kararları gereklidir. Plan ölçekleri bu bağlamda, riskin neden olabileceği yayılım etkilerinin sınırlarını, müdahale gereksinimlerinin düzeyini ve etki altındaki altyapı sistemlerinin ölçeğini belirlemede önemli bir rol oynar. Marmara gibi çok bileşenli bir coğrafyada, deprem, taşkın, iklimsel afetler ve teknolojik riskler gibi birden fazla senaryoya aynı anda cevap verebilecek esnek ve çok ölçekli bir sistem gereklidir.

Bu bağlamda MARAP gibi bölgesel afet risk planlama girişimlerinin, MSÇB tarafından öngörülen ölçek hiyerarşisiyle tam uyumlu bir yapıda kurgulanması büyük önem arz etmektedir. Bu uyum hem teknik analizlerin hassasiyetini artıracak hem de plan kararlarının üst düzey stratejik belgelerle çelişmesini önleyecektir. Ayrıca veri üretimi, haritalama çözünürlüğü ve kurumlar arası etkileşimler açısından da ölçekler arası tutarlılık, riskin doğru modellenmesini ve yönetişim sisteminde uygulanabilirliğini artıracaktır. Sonuçta, ölçek kavramı sadece mekânsal temsiliyetin değil, aynı zamanda planlama sisteminin bütünlüğünün, karar süreçlerinin yönlendiriciliğinin ve çok düzeyli afet risk yönetiminin temel bileşeni olarak değerlendirilmelidir. MARAP gibi bir planın başarısı, bu ölçek bütünlüğüne ne ölçüde uyum sağladığıyla doğrudan ilişkilidir.

Planlama disiplini içinde ölçek, yalnızca bir kartografik temsil değil; aynı zamanda karar alma, uygulama düzeyinin belirlenmesi, kaynak dağıtımı ve yönetişim mekanizmalarının yapılandırılması açısından stratejik bir araçtır. Bu nedenle ölçek kavramı hem teorik hem uygulamalı düzeyde kentleşme, arazi kullanımı ve risk planlaması gibi pek çok alanın temel parametresi olarak değerlendirilir. Marmara Bölgesi Mekânsal Gelişme Stratejik Çerçeve Belgesi (MSÇB), bu bağlamda planlama ölçekleri arasında güçlü bir hiyerarşi kurarak mekânsal strateji üretimini yönlendirmektedir.

MSÇB çerçevesinde planlama kademeleri; stratejik vizyon belirleyen üst ölçek planlardan başlayarak detay uygulama seviyesine kadar giden çok katmanlı bir yapı olarak tanımlanmıştır. Bu yapı genel hatlarıyla **mekânsal strateji planı (1/250.000 - 1/100.000) > çevre düzeni planı (1/100.000 - 1/25.000) > nazım imar planı (1/25.000 - 1/5.000) > uygulama imar planı (1/5.000 - 1/1.000)** şeklinde kurgulanmıştır. Burada her plan türü bir önceki ölçek düzeyinin rehberliğinde hazırlanmakta, planlama kararları üst ölçekten alt ölçeğe doğru süzülerek yönlendirici olmaktadır.

Marmara Bölgesi özelinde bu hiyerarşi, bölgenin karmaşık coğrafi yapısı, yüksek nüfus yoğunluğu, ekonomik işlevselliği ve çok odaklı mekânsal gelişme dinamikleri nedeniyle daha da kritik hale gelmektedir. Bu nedenle **bölgesel düzeyde stratejik planlama**, hem üst politika belgelerinin (örneğin kalkınma planları, ulusal mekânsal stratejiler) hem de alt düzey uygulama planlarının bağlayıcılığını sağlayan bir **bağlantı düzlemi** olarak konumlandırılmıştır. MSÇB'de tanımlanan stratejik bölgesel planlama, yalnızca hedef belirleyen değil; aynı

zamanda mekânsal gelişmenin yönünü çizen, önceliklendirme yapan, kaynak tahsisini şekillendiren bir "karar matrisi" niteliğindedir.

Afet risk yönetimi gibi çok boyutlu ve çapraz etkileri olan bir politika alanında, bu tür planlama hiyerarşisi yaşamsal öneme sahiptir. Çünkü afet riski; arazi kullanımı, yapılaşma kararı, ulaşım sistemi, altyapı planlaması, nüfus yerleşimi gibi birçok parametreyle doğrudan ilişkilidir ve bu parametreler farklı ölçeklerde analiz gerektirir. Stratejik planlama düzeyi, bu çoklu ilişkilerin çözümlendiği ve riskin "makro düzeyde" sistematik olarak tanımlandığı düzlemdir. Özellikle Marmara Bölgesi gibi yoğun yapılaşmış ve yüksek ekonomik değer taşıyan alanlarda, riskin sadece yerel değil bölgesel ölçekte değerlendirilmesi ve yönlendirilmesi gerekir.

Bu bağlamda, **ölçekler arası entegrasyonun sağlanması**, afet risklerinin mekânsal planlama sistemine etkili bir şekilde yansıtılması açısından da kritik önemdedir. MSÇB kapsamında önerilen ölçek sistemi, MARAP gibi bölgesel afet risk azaltma projelerinin hem teknik analiz düzeyinde (veri çözünürlüğü, modelleme hassasiyeti) hem de yönetsel uygulama düzeyinde (kurumlar arası senkronizasyon, politika uyumu) bütünlük içinde çalışabilmesini destekleyecek bir çerçeve sunmaktadır. Bu nedenle, bölgesel düzeyli afet risk planlamasında kullanılacak her türlü harita, analiz ve strateji, bu ölçeksel hiyerarşiyle tutarlı olacak şekilde kurgulanmalı; aksi takdirde planlama sisteminin bütünlüğü ve etkililiği zedelenmiş olacaktır.

MSÇB kapsamında Marmara Bölgesi, Türkiye'nin en yoğun nüfuslu ve ekonomik faaliyetlerin en fazla gerçekleştiği bölgesi olarak ele alınmıştır. Bu bağlamda, planlama ölçekleri arasında **mekânsal strateji planı > çevre düzeni planı > imar planı** şeklinde bir üst-alt ölçek hiyerarşisi tanımlanmıştır. Bu hiyerarşi doğrultusunda **bölgesel düzeyde mekânsal planlamanın stratejik belge statüsünde** olması gerektiği vurgulanmıştır.

4.5.1 MSÇB Belgesinde Kullanılan Harita Ölçekleri ve Plan Kademeleri

Marmara Bölgesi Mekânsal Gelişme Stratejik Çerçeve Belgesi (MSÇB), Türkiye'de planlama ölçeği seçiminin yalnızca teknik bir karar değil; aynı zamanda yönetişim yapısı, karar üretim süreci ve sektörel entegrasyon açısından stratejik bir belirleyici olduğunu vurgular. Bu doğrultuda MSÇB'nin plan hiyerarşisinde kullandığı harita ölçekleri hem içerik düzeyi hem de yönlendirdiği uygulama mekanizmaları açısından kritik işlevler üstlenir.

MSÇB içerisinde tanımlanan ölçek kademeleri, planlama düzeyine ve kararın etkilediği alana göre şekillenmiştir. Üst ölçekli kararların yer aldığı mekânsal strateji belgeleri için 1/250.000 ve 1/100.000 ölçekler temel alınırken, çevre düzeni planlarında 1/100.000 ila 1/25.000 ölçek aralığı öne çıkmaktadır. Bu planlar, arazi kullanım kararları, koruma ve kullanma dengesi, kırsal-kentsel gelişme eksenleri gibi mekânsal yönlendirme içeren ana strateji ve politikaların uygulama zeminini oluşturmaktadır. Nazım ve uygulama imar planları ise daha alt ölçeklerde, sırasıyla

1/25.000–1/5.000 ve 1/5.000–1/1.000 aralığında çalışılarak yapısal kararların hayata geçirilmesini sağlar.

Bu ölçek sistemi yalnızca planları ayırmakla kalmaz; aynı zamanda planlar arası bilgi aktarımını sağlayan bir koordinasyon düzeneği görevi de görür. Örneğin, bir çevre düzeni planında belirlenen taşkın riski alanı, bu riskin nazım ve uygulama imar planlarına yansıtılması ve yapılaşma kararlarının buna göre şekillendirilmesi ile somutlaşır. Bu durumda 1/100.000 ölçekli plan çıktıları, 1/25.000 ve daha küçük ölçekli planlar için yönlendirici, çerçeve oluşturucu nitelik taşır.

MSÇB örneğinde, Trakya Alt Bölgesi Çevre Düzeni Planı (1/100.000 ölçekli) gibi çalışmalar, afet riskleri başta olmak üzere doğal kaynakların korunması, sanayi yer seçimi ve ulaşım kararlarının bölgeler arası entegrasyonu bağlamında referans alınmaktadır. Bu bağlamda, afet risklerinin haritalanması ve plan kararlarına entegre edilmesi için en uygun aralığın, 1/100.000–1/25.000 ölçek aralığı olduğu belirtilmektedir. 1/100.000 ölçek genel risk değerlendirme ve yönlendirme için yeterliyken, 1/50.000 ve 1/25.000 ölçekler, risk türlerine göre daha detaylı analizlerin yapılabileceği, hassasiyetin artırılabileceği düzeyler olarak önerilmektedir.

Bu yaklaşım, MARAP gibi bölgesel afet risk azaltma planlarının uygulanabilirliğini artırmakta; teknik analizlerin karar süreçleriyle buluştuğu etkili bir ölçekleme modeli ortaya koymaktadır. Ölçeklerin yalnızca temsil gücü değil, aynı zamanda yönetsel işlevi olduğu kabul edildiğinde, MSÇB'nin sunduğu bu ölçek sistemi, karar destek araçlarının optimize edilmesi ve bölgesel düzeyli afet risk planlamasının farklı sektörlerle entegre yürütülmesi açısından stratejik bir çerçeve sunmaktadır.

MSÇB çalışmaları, kalkınma planları ve çevre düzeni planlarının da içerdiği çok ölçekli yaklaşımları benimsemiştir. Bu belgede doğrudan **1/100.000 ölçekli planlar**, örneğin Trakya bölgesine ait çevre düzeni planı gibi, “bölgesel düzey” için referans alınmıştır. Bu bağlamda, afet risk planlaması için de **bölgesel ölçekli bir risk haritası üretiminde minimum 1/100.000, idealde ise 1/50.000 veya 1/25.000 ölçeklerinin** tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılabilir.

4.5.2 FEMA Risk MAP Modeli ile Ölçeksel Yaklaşım Karşılaştırması

FEMA'nın Risk MAP (Risk Mapping, Assessment and Planning) modeli, afet risklerinin mekânsal olarak analiz edilmesi ve yönetilmesine yönelik bütüncül bir çerçeve sunmakta, veri çözünürlüğüne dayalı dinamik bir yaklaşım benimsemektedir. Bu modelde doğrudan harita ölçekleri yerine, kullanılan verinin çözünürlüğü, hassasiyet düzeyi ve kullanım amacı temel alınarak planlama düzeyine uygun analiz altyapıları oluşturulmaktadır. Bu yaklaşım, afet türüne, veri mevcudiyetine ve karar düzeyine göre farklı ölçek çözünürlüklerinin esnek biçimde entegre edilmesini mümkün kılmaktadır.

Risk MAP modelinde, özellikle taşkın ve sel gibi afet türlerinde yüksek çözünürlüklü LiDAR verileri ve sayısal arazi modelleri (DEM/DSM) kullanılmakta, bu

sayede 1:24.000 ya da 1:12.000 gibi raster tabanlı mekânsal altlıklarla çok hassas bölgeleme çalışmaları yapılabilmektedir. Haritalama süreci "Discovery" (keşif), "Risk Analysis" (analiz), "Preliminary Map Release" (ön harita yayını) ve "Map Adoption & Resilience" (harita kabulü ve dirençlilik) fazlarından oluşmakta ve her fazda farklı çözünürlük düzeyleri kullanılmaktadır. Örneğin, keşif aşamasında 1:100.000 gibi genel bir çerçeve harita kullanılırken, analiz ve senaryolaştırma aşamalarında raster çözünürlüğü 1:5.000'e kadar inebilmektedir.

Bu yapı, plan ölçeği ile veri ölçeği arasında birebir bir eşleştirme yerine, "ihtiyaca göre çözünürlük" yaklaşımını esas alır. Türkiye özelinde MARAP gibi bir projede, FEMA'nın bu yaklaşımı örnek alınarak ölçek belirleme süreçlerinde sabit ve katı hiyerarşiler yerine, veri çözünürlüğü, risk karakteristiği ve kurumsal karar düzeyi esas alınmalıdır. Özellikle yüksek riskli bölgelerde, detaylı yapı stoku, altyapı sistemi ve sosyal kırılganlık verileri 1:5.000-1:10.000 düzeyinde analiz gerektirirken, bölgesel eğilim haritaları 1:100.000 gibi genelleştirilmiş seviyelerde tutulabilir.

FEMA modelinin önemli katkılarından biri, planlamada kullanılan harita ölçeğini yalnızca teknik bir gösterim değil, aynı zamanda halkla ilişkiler ve yönetişim aracı haline getirmesidir. Açık ev toplantıları, interaktif haritalar ve çevrimiçi erişim araçları aracılığıyla her vatandaş kendi mahallesinin afet risk profilini öğrenebilmekte, bu durum yerel katılımı ve kabulü artırmaktadır. Bu bağlamda Türkiye'de MARAP kapsamında oluşturulacak haritaların da yalnızca karar vericilere değil, halka açık, okunabilir ve farklı çözünürlükte erişilebilir olması gerekir.

Sonuç olarak, FEMA'nın Risk MAP modeli, ölçek kullanımını sabit bir çerçeveye hapsetmeden, mekânsal çözünürlük, analiz hedefi, afet türü ve kullanıcı profiline göre esnek biçimde düzenlenmiş, veri temelli ve stratejik bir planlama altyapısı sunmaktadır. Türkiye'de bölgesel düzeyde uygulanacak afet risk planlamalarında bu yaklaşım örnek alınarak, sabit ölçek kademeleri yerine, karar destek ihtiyaçlarına ve veri altyapısına dayalı çözünürlük tabanlı dinamik ölçek sistematiği önerilmelidir. Bu yönüyle FEMA Risk MAP modeli, MARAP'ın teknik kurgusunda yönlendirici ve uygulanabilir bir referans oluşturmaktadır.

FEMA'nın Risk MAP modeli, "Discovery", "Risk Analysis", "Map Release" ve "Resilience" fazlarından oluşmakta ve özellikle sel gibi afet türlerinde **yüksek çözünürlüklü LiDAR ve CBS tabanlı analizleri** esas alarak çalışmaktadır. Bu modelde **ölçek verilmekten çok veri çözünürlüğü (örneğin LiDAR-DTM veya DSM) üzerinden mekânsal hassasiyet sağlanmaktadır**. Ancak FEMA uygulamaları bağlamında yerel yönetim düzeyinde planlama kararlarının desteklenebilmesi için genelde **1/24.000 ve 1/12.000** gibi detaylı raster altlıklar kullanılmaktadır.

4.5.3 MSÇB ile Uyumlu Teknik Yaklaşım: İBBS Düzey II Temelli Alanlar

Marmara Bölgesi Mekânsal Gelişme Stratejik Çerçeve Belgesi (MSÇB), planlama düzeylerini sadece teknik temsiller üzerinden değil, mekânsal karar destek sistemleriyle entegre yönetsel bölgeler üzerinden ele almakta ve bu kapsamda

İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması (İBBS) Düzey II alanlarını esas almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından belirlenen bu sınıflandırma, bölgesel kalkınma ajanslarının faaliyet alanları ve mekânsal analizlerin uygulanabilirliği açısından önemli bir yönetsel ve istatistiki çerçeve sunmaktadır. Marmara Bölgesi özelinde bu düzeyler TR10 (İstanbul), TR21 (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli), TR22 (Balıkesir, Çanakkale), TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik) ve TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova) alanlarını kapsamaktadır.

Bu sınıflandırma, MARAP gibi afet risk planlama çalışmalarında bölgesel ölçekte veri bütünlüğünü sağlamak, planlama düzeyinde kurumsal yetki alanlarıyla mekânsal risk analizlerini senkronize etmek ve aynı zamanda farklı kaynaklardan gelen verileri (demografik, ekonomik, yapısal, çevresel) karşılaştırmalı olarak değerlendirebilmek için önemli bir altyapı sunar. İBBS Düzey II, ulusal veri setlerinin bölgesel düzeyde ayrıştırılması ve kıyaslanabilir hale getirilmesini sağladığı için, risklerin yalnızca mekânsal değil aynı zamanda istatistiksel temsiliyetini de mümkün kılar.

MSÇB, bu yaklaşımı esas alarak bölgesel düzeyde stratejik planlama ölçeklerinin uygulanabilirliğini ve geçerliliğini artırmakta; afet risklerinin sadece tematik ve fiziksel değil, aynı zamanda yönetsel ve kurumsal düzeyde tanımlanmasına olanak vermektedir. Bu bağlamda MARAP gibi risk azaltma planları, İBBS düzeyli bölge tanımları üzerinden yürütüldüğünde hem veri erişimi hem de karar üretimi açısından yüksek koordinasyon avantajı sağlar.

Teknik olarak, bu alanlarda uygulanabilecek ölçekler 1/100.000 ile 1/25.000 aralığında kurgulanmalıdır. Çünkü bu ölçek aralığı, hem İBBS bölgelerinin tümünü kapsayacak geniş bir temsil kabiliyeti sağlar, hem de yerel düzeyde kırılganlık analizleri, altyapı haritalaması, arazi kullanımı ve nüfus yoğunluğu gibi parametrelerin hassas analizine imkân tanır. Ayrıca, bu ölçek düzeyi MARAP kapsamında CBS tabanlı afet senaryo modellemelerinin bölgesel düzeyde uygulanabilirliğini artırır ve planların yatay ve dikey entegrasyonunu kolaylaştırır.

Sonuç olarak, İBBS Düzey II temelli mekânsal birimlerin MARAP gibi bölgesel planlarda referans alınması, MSÇB ile teknik ve kurumsal uyumun sağlanması bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu sayede bölgesel afet risk planlaması yalnızca teknik değil, aynı zamanda kurumsal, hukuki ve istatistiksel olarak da sürdürülebilir ve yönetilebilir bir yapıya kavuşacaktır.

MSÇB'nin çalışma alanı, İBBS Düzey II bölgelerini kapsayacak şekilde tanımlanmıştır (TR10, TR21, TR22, TR41, TR42). Bu alanlar mekânsal analizlerin bölgesel ölçekli yapılmasını zorunlu kılmakta, bu da 1/100.000 ila 1/25.000 arası ölçeklerin teknik olarak uygulanabilirliği anlamına gelir.

4.5.4 Afet Risk Planlaması Açısından Mekânsal Ölçek Hiyerarşisi

Afet risk planlaması, mekânsal veri üretimi ve yönetimi açısından çok düzeyli ölçek kullanımı gerektiren kompleks bir süreçtir. Farklı afet türlerinin mekânsal

yayılım desenleri, etkilediği nüfus yapıları, altyapı sistemleri ve doğal varlıklar dikkate alındığında, her bir risk senaryosu için uygun ölçek seçimi yalnızca harita üretiminde değil, aynı zamanda karar destek mekanizmalarının doğruluğunda da belirleyici olmaktadır. Bölgesel afet risk planlamasında temel olarak üç ölçek bandı kritik öneme sahiptir:

- **Makro (Üst) Ölçek (1/250.000 ve üzeri):** Afet eğilimlerinin geniş coğrafyalardaki dağılımını gösteren eğilim haritaları için kullanılır. Bu ölçek genellikle risklerin genel dağılımını göstermek ve stratejik karar öncesi bir çerçeve oluşturmak için uygundur. Ancak karar verme süreçleri için yetersiz düzeyde ayrıntı sağlar.
- **Mezo (Orta) Ölçek (1/100.000 – 1/25.000):** Stratejik karar alma düzeyine en uygun ölçektir. Risk sınıflamasının hassas yapılabildiği, tehlike zonlarının detaylı ayrıştırıldığı, yapı stoku, altyapı ve demografik verilerle entegre analizlerin yapılabildiği ideal aralıktır. MSÇB ve uluslararası örneklerde bu ölçek bandı, hem karar üretiminde hem de plan-uygulama entegrasyonunda önerilmektedir. Örneğin deprem senaryoları, taşkın yayılım alanları, orman yangını risk zonları bu çözünürlükte analiz edildiğinde hem analitik hem de uygulama düzeyinde bütüncül çıktılar sunmaktadır.
- **Mikro (Alt) Ölçek (1/10.000 – 1/1.000):** Kritik tesis analizi, bina performans tahmini, tahliye güzergâhları, hassas altyapı noktaları gibi uygulamalarda kullanılır. Afet sonrası müdahale planlaması, yapısal iyileştirme öncelikleri ve kentsel dönüşüm kararları için bu çözünürlük zorunludur.

Ölçek seçiminin teknik boyutu, kullanılan verilerin çözünürlüğü, raster vektör uyumu, uydu görüntüsü tabanlı analizlerin doğruluğu ve CBS tabanlı modelleme yazılımlarının işleyiş mantığı ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin LiDAR tabanlı dijital yüzey modelleri ile yapılan taşkın simülasyonları, 1/5.000 ve daha hassas ölçeklerde anlamlı sonuçlar üretirken, bu verilerin 1/100.000 gibi genellenmiş bir ölçekte sunulması, hatalı plan kararlarına yol açabilir.

Bu bağlamda MARAP kapsamında önerilecek haritalar ve analizler, afet türü, analiz amacı ve planlama düzeyi dikkate alınarak çok ölçekli bir sistem içinde kurgulanmalıdır. Stratejik planlama aşamasında 1/100.000 ölçekli risk öngörü haritaları yeterli olurken, uygulamaya dönük kararlar ve önceliklendirme süreçlerinde 1/25.000 ve altı ölçeklere inilmesi gereklidir. Her ölçek, sadece görsel temsil değil; aynı zamanda farklı kullanıcı gruplarının (merkezi idare, yerel yönetim, mühendis, halk) bilgiye erişim düzeyini ve karar üretme kabiliyetini de belirleyecektir.

Sonuç olarak, afet risk planlamasında ölçek; analiz edilen riskin doğası, yayılım potansiyeli, etki alanı, veri çözünürlüğü, plan uygulama düzeyi ve kullanıcı profili gibi çok sayıda değişkenin dinamik bir bileşimi olarak ele alınmalıdır. Bu nedenle MARAP gibi projelerde ölçek seçimi, sabit bir kalıp üzerinden değil; bilimsel ve teknik değerlendirmelere dayalı esnek, senaryo-temelli ve ihtiyaç odaklı olarak yapılmalıdır. Aksi halde, riskin yeterince temsil edilemediği, müdahale stratejilerinin eksik kaldığı ve kamu kaynaklarının etkin kullanılamadığı bir planlama süreciyle

karşı karşıya kalınacaktır. Bilimsel literatür ve uluslararası iyi uygulamalar da bu yaklaşımı desteklemektedir (örneğin bkz. FEMA, RiskScape, Copernicus RRM).

4.6 CBS ile Dinamikleşen Ölçek Kavramı ve Harita Sunumlarında Seviye Düzeyleri

Geleneksel kartografyada, haritalar belirli bir ölçekte (örneğin 1:10.000, 1:50.000) basılır ve bu ölçek, haritanın temsil ettiği alan ile gerçek dünya arasındaki orantıyı ifade eder. Bu oran, harita üzerindeki bir birimin (örneğin, 1 cm) gerçek dünyada ne kadar mesafeye karşılık geldiğini gösterir. Ölçek, haritanın temel bir özelliğidir ve haritanın kullanım amacını doğrudan etkiler. Örneğin, bir şehir planı için 1:10.000 ölçekli bir harita kullanılırken, bir ülke haritası için 1:500.000 ölçekli bir harita tercih edilebilir. 1:10.000 ölçekli bir harita, 1 cm'lik mesafenin gerçekte 10.000 cm'ye (100 metreye) karşılık geldiğini gösterir ve bu ölçek, bir şehrin sokaklarını, binalarını ve diğer ayrıntılarını göstermek için uygundur. Bu tür haritalar, kentsel planlamacılar, inşaat mühendisleri ve emlakçılar gibi kullanıcılar için vazgeçilmezdir. Çünkü bu ölçek, yapıların yerleşimini, altyapı hatlarını ve diğer ince detayları doğru bir şekilde gösterir. Öte yandan, 1:500.000 ölçekli bir harita, 1 cm'lik mesafenin gerçekte 500.000 cm'ye (5 kilometreye) karşılık geldiğini gösterir ve bu ölçek, bir ülkenin sınırlarını, büyük şehirlerini ve önemli coğrafi özelliklerini göstermek için daha uygundur. Bu tür haritalar ise coğrafyacılar, seyahat acenteleri ve politika yapıcılar tarafından kullanılır. Çünkü bu ölçek, geniş alanlardaki ilişkileri ve genel eğilimleri anlamak için idealdir. Başka bir deyişle, ölçek, haritanın ne kadar detay göstereceğini ve ne kadar alanı kapsayacağını belirler. Basılı haritalarda bu ölçek sabittir ve değiştirilemez. Yani, basılı bir harita bir kez belirli bir ölçekte oluşturulduktan sonra, o ölçekte kalır ve farklı bir ölçekte görüntülenemez veya kullanılamaz. Bu durum, basılı haritaların kullanımını belirli amaçlarla sınırlar. Örneğin, bir kullanıcı basılı bir şehir haritasında belirli bir sokağı daha yakından görmek isterse, bu mümkün değildir. Aynı şekilde, bir ülke haritasında belirli bir bölgenin detaylarını incelemek de zordur.

Ancak, dijital verinin ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) yaygınlaşmasıyla birlikte, harita ölçeği kavramı önemli ölçüde değişime uğramıştır. CBS yazılımları ve dijital harita platformları, kullanıcılara haritayı istedikleri gibi yakınlaştırma ve uzaklaştırma imkanı sunarak, ölçeği dinamik olarak değiştirebilme olanağı sağlamıştır. Bu özellik, harita kullanımını daha interaktif ve kişiselleştirilmiş hale getirmiştir. Artık kullanıcılar, bir haritayı kendi ihtiyaçlarına ve ilgi alanlarına göre ölçeklendirebilir, böylece haritadan en iyi şekilde yararlanabilirler. Bu durum, harita kullanımının demokratikleşmesi anlamına da gelir, çünkü artık herkes, coğrafi verilere erişebilir ve kendi haritalarını oluşturabilir.

4.6.1 Statik Ölçekten Dinamik Ölçeğe Geçiş

Dijital Verinin Esnekliği: Dijital veriler, farklı ölçeklerde görüntülenebilir ve analiz edilebilir. Bir CBS yazılımında, kullanıcılar sahip oldukları alanı

yakınlaştırabilir (zoom in) veya uzaklaştırabilir (zoom out), böylece haritanın ölçeğini dinamik olarak değiştirebilirler. Bu özellik, dijital haritaları basılı haritalardan ayıran en önemli farklardan biridir. Örneğin, bir CBS yazılımında, bir şehir haritasını açtığınızda, önce şehrin genel bir görünümünü görürsünüz. Ardından, ilgilendiğiniz bir mahalleye yakınlaştırdığınızda, sokakları, binaları ve hatta parkları detaylı bir şekilde görebilirsiniz. Daha da yakınlaştırdığınızda, bina numaralarını ve diğer küçük detayları bile fark edebilirsiniz. Aynı şekilde, bir ülke haritasını açtığınızda, ülkenin sınırlarını ve büyük şehirlerini görürsünüz. Ancak, ilgilendiğiniz bir bölgeye yakınlaştırdığınızda, o bölgedeki dağları, nehirleri ve diğer coğrafi özellikleri daha ayrıntılı bir şekilde inceleyebilirsiniz. Bu özellik, kullanıcılara büyük bir esneklik sağlar ve haritayı kendi ihtiyaçlarına göre özelleştirmelerine olanak tanır. Ayrıca, dijital verilerin farklı ölçeklerde analiz edilebilmesi, coğrafi araştırmalar için de büyük bir avantajdır. Örneğin, bir araştırmacı, bir bölgedeki nüfus yoğunluğunu farklı ölçeklerde inceleyerek, farklı sonuçlara ulaşabilir ve daha kapsamlı bir analiz yapabilir.

Veri Tabanı Yapısı: CBS'de veriler, coğrafi veri tabanlarında saklanır. Bu veri tabanları, farklı çözünürlüklerdeki verileri bir arada tutabilir ve kullanıcının ihtiyacına göre farklı ölçeklerde haritalar oluşturulmasına olanak tanır. Geleneksel haritalarda, her ölçek için ayrı bir harita oluşturulması gerekirken, CBS'de tek bir veri tabanından farklı ölçeklerde haritalar oluşturulabilir. Bu durum, veri yönetimini kolaylaştırır ve veri tutarlılığını sağlar. Örneğin, bir şehir veri tabanında, binaların konumları, sokakların genişlikleri ve parkların büyüklükleri gibi farklı çözünürlükteki veriler saklanabilir. Kullanıcı, bu veri tabanını kullanarak, 1:10.000 ölçekli bir şehir planı veya 1:50.000 ölçekli bir ulaşım haritası oluşturabilir. Aynı şekilde, bir ülke veri tabanında, şehirlerin konumları, nehirlerin uzunlukları ve dağların yükseklikleri gibi farklı çözünürlükteki veriler saklanabilir. Kullanıcı, bu veri tabanını kullanarak, 1:500.000 ölçekli bir coğrafi harita veya 1:1.000.000 ölçekli bir siyasi harita oluşturabilir. Bu özellik, CBS'nin çok yönlülüğünü ve kullanım kolaylığını artırır.

Çok Ölçekli Gösterim: Özellikle web tabanlı harita uygulamalarında, kullanıcılar haritayı farklı ölçeklerde görüntüleyebilirler. Örneğin, bir şehir haritası önce genel bir bakış sunarken, yakınlaştıkça sokak ve bina detaylarını gösterebilirler. Bu durum, haritanın dinamik bir ölçek yapısına sahip olduğunu gösterir. Web tabanlı harita uygulamaları, kullanıcıların haritayı interaktif bir şekilde keşfetmelerine olanak tanır. Örneğin, Google Haritalar veya Yandex Haritalar gibi uygulamalar, kullanıcıların bir şehri veya ülkeyi farklı ölçeklerde görüntülemelerine olanak tanır. Kullanıcılar, bir şehri genel bir bakışla görüntülerken, ilgilendikleri bir bölgeye yakınlaşarak sokakları, binaları ve hatta iş yerlerini detaylı bir şekilde görebilirler. Bu özellik, kullanıcıların haritayı kendi ihtiyaçlarına göre özelleştirmelerine ve haritadan en iyi şekilde yararlanmalarına olanak tanır. Ayrıca, web tabanlı harita uygulamaları, kullanıcıların harita üzerinde arama yapmalarına, yol tarifi almalarına ve farklı yerleri keşfetmelerine de olanak tanır. Bu özellikler, bu uygulamaları günlük yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir.

Analiz ve Modelleme: CBS, farklı ölçeklerdeki verilerin bir arada analiz edilmesine olanak tanır. Örneğin, yerel ölçekteki bir sel risk analizi için yüksek çözünürlüklü veriler kullanılırken, bölgesel bir analiz için daha düşük çözünürlüklü veriler kullanılabilir. Bu durum, analiz sonuçlarının ölçeğe bağımlı olarak değişebileceğini gösterir. CBS, coğrafi verileri analiz etmek ve modellemek için güçlü araçlar sunar. Bu araçlar, farklı ölçeklerdeki verileri bir araya getirerek, karmaşık coğrafi sorunları çözmek için kullanılabilir. Örneğin, bir sel risk analizi yapılırken, yerel ölçekteki yüksek çözünürlüklü veriler (örneğin, bina yükseklikleri, arazi eğimi) kullanılarak, selin etkileyeceği alanlar belirlenebilir. Aynı zamanda, bölgesel ölçekteki düşük çözünürlüklü veriler (örneğin, nehir yatakları, yağış miktarları) kullanılarak, selin bölgesel etkileri analiz edilebilir. Bu analizler, sel riskini azaltmak için alınacak önlemlerin belirlenmesine yardımcı olur. Aynı şekilde, bir deprem risk analizi yapılırken, yerel ölçekteki yüksek çözünürlüklü veriler (örneğin, bina dayanımı, zemin yapısı) kullanılarak, depremin binalar üzerindeki etkileri tahmin edilebilir. Bölgesel ölçekteki düşük çözünürlüklü veriler (örneğin, fay hatları, deprem geçmişi) kullanılarak, deprem riski yüksek olan bölgeler belirlenebilir. Bu analizler, depreme dayanıklı binalar tasarlamak ve deprem sonrası müdahale planları yapmak için kullanılabilir.

4.6.2 Dinamik Ölçeğin Avantajları

Kullanıcı Odaklılık: Dinamik ölçek, kullanıcının ihtiyaçlarına göre haritanın ölçeğini ayarlayabilmesini sağlar. Bu, haritanın daha etkili bir şekilde kullanılmasını ve anlaşılmasını kolaylaştırır. Örneğin, bir kullanıcı bir şehir haritasını incelerken, önce şehrin genel görünümünü görebilir. Ardından, ilgilendiği bir mahalleye yakınlaşarak o bölgedeki sokakları, binaları ve parkları detaylı bir şekilde inceleyebilir. Bu özellik, kullanıcının haritayı kendi ilgi alanına ve amacına uygun hale getirmesini sağlar. Özellikle turizm, emlak veya acil durum yönetimi gibi alanlarda, kullanıcıların haritayı farklı ölçeklerde inceleyebilmesi büyük önem taşır.

Veri Entegrasyonu: Farklı ölçeklerdeki verilerin bir arada kullanılmasına olanak tanır. Bu, daha kapsamlı ve doğru analizler yapılmasına yardımcı olur. CBS, farklı kaynaklardan ve farklı ölçeklerde elde edilen verileri bir araya getirerek, zenginleştirilmiş haritalar oluşturulmasını sağlar. Örneğin, bir bölgenin nüfus yoğunluğu haritası oluşturulurken, uydu görüntüleri, nüfus sayımı verileri ve yerel yönetim kayıtları gibi farklı kaynaklardan elde edilen veriler kullanılabilir. Bu veriler, farklı ölçeklerde olabilir; uydu görüntüleri geniş bir alanı kapsarken, nüfus sayımı verileri daha yerel detaylar sunar. CBS, bu farklı ölçekteki verileri bir araya getirerek, nüfus yoğunluğunun mekansal dağılımını daha doğru ve ayrıntılı bir şekilde gösteren bir harita oluşturulmasını sağlar. Bu tür bir entegrasyon, karar alıcıların daha bilinçli ve etkili kararlar vermesine yardımcı olur.

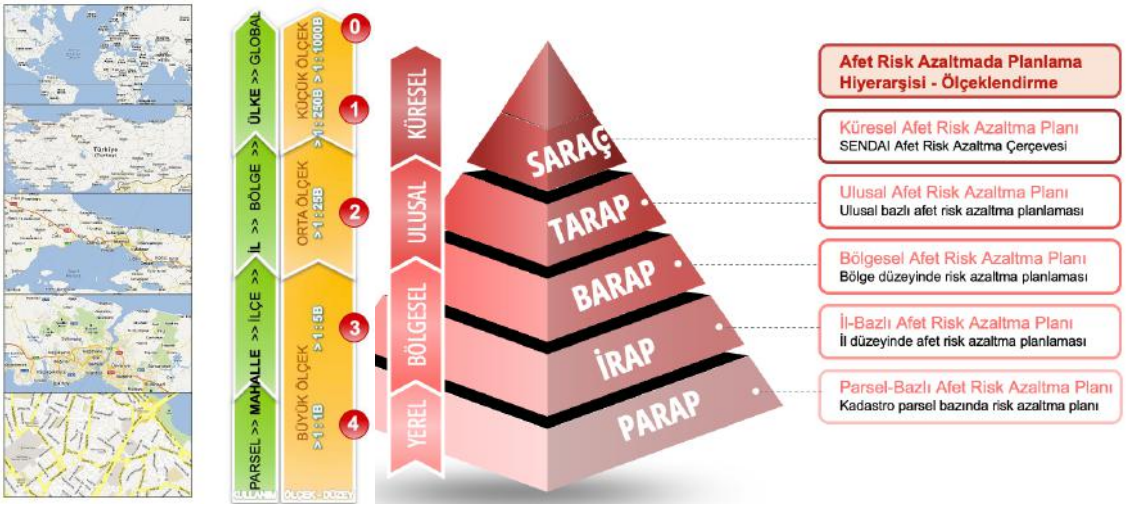
Zaman ve Maliyet Tasarrufu: Geleneksel yöntemde, farklı ölçeklerdeki haritaların ayrı ayrı üretilmesi gerekirken, CBS ile tek bir veri tabanından farklı ölçeklerde haritalar oluşturulabilir. Bu durum, zaman ve maliyet tasarrufu sağlar.

Geleneksel kartografya yöntemleriyle, farklı ölçeklerdeki haritaların oluşturulması uzun zaman alır ve yüksek maliyetlidir. Her bir ölçek için ayrı bir tasarım, çizim ve baskı süreci gerekir. Oysa CBS, tek bir veri tabanından farklı ölçeklerde haritaların otomatik olarak oluşturulmasını sağlar. Örneğin, bir şehir veri tabanı oluşturulduktan sonra, bu veri tabanından hem 1:10.000 ölçekli bir şehir planı hem de 1:50.000 ölçekli bir ulaşım haritası kolayca elde edilebilir. Bu durum hem zaman hem de maliyet açısından önemli avantajlar sunar. Özellikle büyük ölçekli projelerde ve sık güncellenmesi gereken haritalarda, CBS'nin sağladığı tasarruf daha da belirginleşir.

4.6.3 CBS Harita Sunum Standartları ve Hiyerarşik Ölçeklendirme

Geleneksel haritacılıkta, haritalar belirli bir ölçekte basılır ve bu ölçek sabittir. Bu durum, haritanın kullanım amacını ve gösterebileceği detay seviyesini sınırlar. Örneğin, 1:10.000 ölçekli bir şehir haritası, bir şehrin sokaklarını ve binalarını detaylı bir şekilde gösterebilirken, 1:500.000 ölçekli bir ülke haritası, daha geniş bir alanı kapsar ancak daha az detay sunar. Bu geleneksel yaklaşımda, farklı ölçeklerdeki verilerin bir arada kullanılması ve yönetilmesi zordur. Her bir ölçek için ayrı bir harita oluşturulması ve güncellenmesi gerekir, bu da zaman ve maliyet açısından önemli bir yük oluşturur. Özellikle büyük coğrafi alanları kapsayan projelerde veya sık güncellenmesi gereken haritalarda bu durum daha da karmaşık hale gelir. Düşünün ki, bir ülkenin tüm şehirlerinin 1:10.000 ölçekli haritalarını oluşturmak ve bunları güncel tutmak ne kadar büyük bir çaba gerektirirdi. Her bir şehir için ayrı ayrı haritalar hazırlanmalı, basılmalı ve dağıtılmalıydı. Bu süreç hem çok fazla zaman alır hem de ciddi bir maliyet yaratır. Ayrıca, farklı ölçeklerdeki verilerin bir araya getirilmesi gerektiğinde, örneğin bir şehrin 1:10.000 ölçekli haritası ile aynı şehrin daha geniş bir alanı kapsayan 1:50.000 ölçekli haritasını karşılaştırmak veya birleştirmek istendiğinde, bu işlem oldukça karmaşık ve hataya açık olurdu. Çünkü farklı ölçeklerdeki haritaların detay seviyeleri ve temsil ettikleri alanlar farklı olduğu için, bu haritaları bir araya getirmek ve anlamlı bir analiz yapmak zordur.

Ancak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve dijital harita platformlarının gelişimiyle birlikte, harita ölçeği kavramı dinamik bir yapıya dönüşmüştür. Günümüzde, elektronik cihazlarda ve web tabanlı harita uygulamalarında, harita verileri genellikle hiyerarşik bir yapıda sunulmaktadır. Bu yaklaşım, farklı ölçeklerdeki verilerin etkin bir şekilde yönetilmesini, görüntülenmesini ve analiz edilmesini sağlamaktadır. Hiyerarşik ölçeklendirme, harita verilerinin farklı çözünürlüklerdeki katmanlar halinde düzenlenmesini içerir (Şekil 4-5). Bu sayede, kullanıcılar haritayı yakınlaştırıp uzaklaştırarak farklı detay seviyelerine erişebilir ve ihtiyaçlarına en uygun ölçekte veriyi görüntüleyebilirler. Bu da harita kullanımını çok daha esnek ve kullanıcı dostu hale getirir. Artık kullanıcılar, tek bir harita uygulaması üzerinden bir ülkenin genel görünümünden bir şehrin en ince ayrıntılarına kadar farklı ölçeklerdeki verilere kolayca erişebilirler.



Şekil 4-5 Afet risk azaltmada plan hiyerarşisi ve ölçek-seviye sınıflandırmasına göre Ulusal Afet Risk Azaltma Planı

4.6.4 CBS'de Seviye Sınıflandırması ve Ölçek Bağlantılı Teknik Yapı

Bu bölümde, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kapsamında hiyerarşik görüntü düzeyleri olan "Level of Detail (LoD)" kavramını teknik ve bilimsel açıdan incelemekte; seviye kavramının ölçek ile olan ilişkisini, uluslararası sistemlerdeki karşılıklarını ve veri yönetimindeki rolünü ortaya koymaktadır. Harita sunumlarında veri çözünürlüğünün dinamik olarak değişmesini sağlayan LoD yapıları hem performans iyileştirici hem de karar destek sistemleri için vazgeçilmezdir. Bu çalışmada, tile-based haritalama yapıları, INSPIRE ve TUCBS standartları ile Google Maps ve ArcGIS gibi uygulamalar üzerinden teknik analiz yapılmış, ayrıca afet yönetimi bağlamında çok seviyeli veri mimarisi önerilmiştir.

Dijital harita sistemlerinde, kullanıcının konumsal bilgiye erişim talebi, detay seviyelerine göre farklı veri çözünürlüklerinin dinamik bir yapıda sunulmasını gerekli kılmıştır. Bu ihtiyaç doğrultusunda geliştirilen "seviye" veya "görüntü düzeyi" kavramı, CBS uygulamalarının yalnızca görselleştirme işleviyle değil, aynı zamanda karar destek sistemleri, afet yönetimi, şehir planlama ve büyük veri analitiği gibi çok katmanlı analiz süreçleriyle bütünleşik bir şekilde işlemesini sağlar.

"Level of Detail (LoD)" olarak da adlandırılan bu yapı, kullanıcı etkileşimine bağlı olarak farklı çözünürlüklerde veri sunma yeteneğiyle sistem performansını artırırken, kullanıcıya da odaklandığı mekânsal seviyeye göre bilgi sağlayabilme esnekliği tanır. Örneğin, kıta ölçeğinde bir bakışla başlayan bir analiz, giderek ülke, bölge, şehir ve nihayetinde parsel düzeyine kadar ayrıntılı hale getirilebilir. Bu bağlamda, LoD kavramı sadece kartografik sunumun değil, aynı zamanda veri yönetimi, depolama ve güncelleme süreçlerinin optimizasyonunu da beraberinde getirir. Çalışmanın amacı, LoD kavramını kavramsal ve teknik boyutlarıyla açıklamak, uluslararası uygulamalardaki yeriyle birlikte CBS sistemleri içerisindeki operasyonel önemini bilimsel bir bakış açısıyla değerlendirmektir.

4.6.5 LoD Kavramının Teknik Yapısı

CBS tabanlı tile-based sistemlerde LoD yapısı, raster karolar (tiles) üzerinden işlemektedir ve bu yapı, web tabanlı harita servislerinin temelini oluşturmaktadır. Her bir LoD seviyesi, bir öncekine göre 2 kat artan doğrusal çözünürlükle temsil edilirken, bu durum iki boyutta 4 kat daha fazla piksel yoğunluğu anlamına gelmektedir. Örneğin, Seviye 0'da dünya genel görünümünü temsil eden tek bir tile (256x256 piksel) bulunurken, Seviye 1'de bu görünüm dört tile'a bölünür. Bu artış, Seviye N'de 2^N x 2^N tile yapısına ulaşır (Tablo 4-7). Bu mimari, sadece veri sunumunda değil, aynı zamanda veri yönetiminde, sunucu yükünün azaltılmasında ve kullanıcı deneyiminin iyileştirilmesinde önemli avantajlar sağlar. Kullanıcı ekranında sadece gerekli çözünürlükteki karoların yüklenmesi sayesinde, harita uygulamaları daha hızlı, akıcı ve kaynak verimli şekilde çalışır. Aynı zamanda, bu yapı senaryo tabanlı afet modelleme ve müdahale planlamaları gibi kritik uygulamalarda yüksek çözünürlükte analiz yapabilmeyi mümkün kılar.

Tablo 4-7 Tile Tabanlı CBS Sistemlerinde LoD (Level of Detail) Seviyeleri, Çözünürlük ve Yaklaşık Ölçek İlişkisi

Seviye	Tile Sayısı	Çözünürlük (m/piksel)	Yaklaşık Harita Ölçeği
0	1 x 256x256	156543	1:500.000.000
5	32 x 32	4891	1:18.000.000
10	1024 x 1024	152	1:577.000
15	32.768 x 32.768	4.7	1:18.000
20	1.048.576 x 1.048.576	0.15	1:500

4.6.6 Hiyerarşik Geometrik Görünüm Düzeni "Seviyeler/Düzeyler"

Günümüz CBS harita sunum standartlarında, harita verileri genellikle "düzey" veya "seviye" olarak adlandırılan hiyerarşik bir yapıda düzenlenir. Bu yapıda, her bir düzey farklı bir çözünürlüğü temsil eder ve farklı detay seviyelerini gösterir. Örneğin, en alt düzeyde (en yüksek çözünürlükte), bir binanın gerçek geometrik şekli, kapı numarası, pencere detayları ve en ince detayları görülebilirken, daha üst düzeylerde (daha düşük çözünürlükte) aynı bina bir nokta, bir sembol veya basit bir poligon olarak temsil edilebilir. Bu durum, haritanın farklı ölçeklerdeki detay seviyesini dinamik olarak ayarlamasını sağlar. Her bir düzey, bir önceki düzeyin daha genel bir temsilini sunar ve daha az detay içerir. Bu sayede, kullanıcılar haritayı uzaklaştırdıkça, daha az önemli detaylar ortadan kalkar ve harita daha sade bir görünüm kazanır. Bu durum, haritanın okunabilirliğini artırır ve kullanıcının ilgilendiği bilgilere odaklanmasını kolaylaştırır.

Örneğin, bir şehir haritasını ilk açtığınızda, şehrin genel bir görünümüyle karşılaşırsınız. Bu düzeyde, şehrin ana yolları, büyük parkları ve önemli binaları gibi genel bilgiler görüntülenir. Ancak, ilgilendiğiniz bir mahalleye yakınlaştıkça, o mahallenin sokakları, binaları, dükkanları ve diğer ayrıntıları belirginleşir. En yüksek

yakınlaştırma düzeyinde ise, binaların girişleri, kapı numaraları ve hatta bazı durumlarda bina içindeki odaların yerleşimi gibi en ince detaylar bile görülebilir.

Teknik ve bilimsel açıdan bakıldığında, hiyerarşik geometrik görünüm düzeninde kullanılan seviyeler, genellikle 2'nin katları şeklinde artan çözünürlüklerle ifade edilir. Bu durumun temelinde, dijital verinin işlenmesi ve saklanması süreçlerinde verimliliği artırmak yatar. Her bir seviye, bir önceki seviyenin 4 katı fazla piksel içerir (2 boyutlu olarak düşünüldüğünde). Bu sayede, verinin farklı çözünürlüklerdeki temsilleri arasında kolayca geçiş yapılabilir ve veri kaybı minimize edilir. Örneğin, bir harita uygulamasında kullanılan seviyeler şu şekilde olabilir:

- **Seviye 0:** En düşük çözünürlükte, genellikle tüm dünya veya bir kıta gibi çok geniş bir alanı temsil eder. Bu seviyede, detaylar oldukça azdır ve sadece genel coğrafi özellikler (örneğin, kıtalar, okyanuslar) görülür.
- **Seviye 1:** Bir önceki seviyeye göre 4 kat daha fazla piksel içerir ve daha küçük bir alanı (örneğin, bir ülke) temsil eder. Bu seviyede, ana hatlar belirginleşir ve bazı temel coğrafi özellikler (örneğin, sınırlar, büyük nehirler) görülür.
- **Seviye 2:** Bir önceki seviyeye göre yine 4 kat daha fazla piksel içerir ve daha küçük bir alanı (örneğin, bir bölge) temsil eder. Bu seviyede, daha fazla detay ortaya çıkar ve bazı önemli coğrafi özellikler (örneğin, şehirler, dağlar) görülür.
- **Seviye 3:** Bir önceki seviyeye göre 4 kat daha fazla piksel içerir ve bir şehri veya büyük bir kasabayı temsil eder. Bu seviyede, ana yollar, büyük parklar ve önemli binalar gibi kentsel özellikler görülür.
- **Seviye 4:** Bir önceki seviyeye göre 4 kat daha fazla piksel içerir ve bir mahalle veya semti temsil eder. Bu seviyede, sokaklar, binalar ve diğer kentsel detaylar belirginleşir.
- **Seviye 5 ve üzeri:** Daha da yüksek çözünürlükleri temsil eder ve binaların girişleri, kapı numaraları ve hatta bina içindeki odaların yerleşimi gibi en ince detayları gösterir.

Her bir seviyenin kendine özgü özellikleri ve kullanım alanları vardır. Düşük seviyeler, geniş alanların genel görünümünü sunmak için kullanılırken, yüksek seviyeler, dar alanların detaylı incelemesi için kullanılır. Bu hiyerarşik yapı, harita verisinin etkin bir şekilde yönetilmesini, depolanmasını ve sunulmasını sağlar.

Bu hiyerarşik yapı, özellikle büyük miktarda coğrafi verinin yönetimi ve sunumu için önemlidir. Verinin farklı çözünürlüklerde saklanması ve kullanıcının etkileşimine göre uygun düzeyin seçilmesi, performansın artırılmasını ve veri miktarının azaltılmasını sağlar. Geleneksel yöntemde, tüm detayların tek bir ölçekte saklanması ve işlenmesi gerekirdi, bu da büyük veri boyutlarına ve yavaş işlem hızlarına yol açardı. Oysa hiyerarşik yapıda, sadece kullanıcının ihtiyaç duyduğu detaylar işlenir ve görüntülenir, bu da sistem performansını önemli ölçüde artırır. Örneğin, bir web tabanlı harita uygulamasında, kullanıcı bir şehri görüntülerken,

uygulamanın sunucudan sadece o ölçekteki verileri indirmesi yeterlidir. Kullanıcı yakınlaştırdıkça, sunucu daha detaylı verileri gönderir ve kullanıcı uzaklaştırdıkça daha genel veriler gönderilir. Bu sayede hem sunucu üzerindeki yük azalır hem de kullanıcının internet bağlantısı daha az kullanılır. Ayrıca, verinin farklı düzeylerde düzenlenmesi, veri yönetimini ve güncellemeyi de kolaylaştırır. Her bir düzeydeki veriler bağımsız olarak güncellenebilir ve bu güncellemeler diğer düzeyleri etkilemez. Örneğin, bir binanın kapı numarası değiştiğinde, sadece en yüksek çözünürlüklü verilerin güncellenmesi yeterlidir. Bu değişiklik, diğer düzeylerdeki verileri etkilemez ve bu da güncelleme sürecini hızlandırır ve kolaylaştırır.

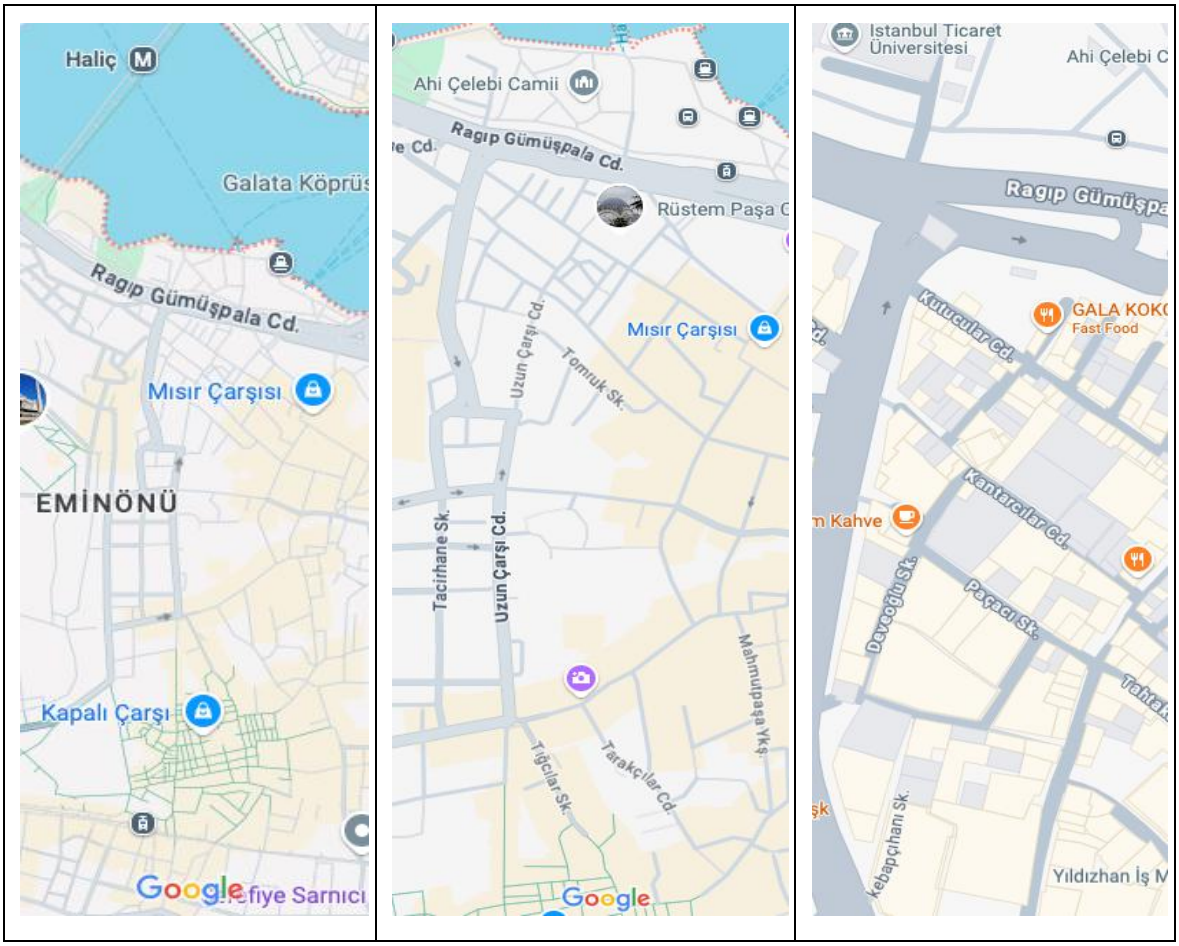
4.6.7 Uluslararası Uygulamalar

Level of Detail (LoD) sınıflandırması, küresel CBS platformları tarafından yaygın biçimde uygulanmaktadır. Bu sistemlerin sunduğu seviyeler, hem kullanıcı etkileşimli yakınlaştırma/uzaklaştırma işlemlerini destekler hem de farklı coğrafi çözünürlüklerde detaylı veri sunumu sağlar. Her platform, kendi uygulama amacına göre belirli bir seviye aralığını destekler ve karşıladığı çözünürlük gereksinimlerine uygun veri yapılarına sahiptir:

- **Google Maps**: LoD kavramının en yaygın ve pratik uygulamalarından biridir. Harita sunumu 0'dan 21'e kadar değişen seviyelerde gerçekleşir. Bu yapı, geniş alanları genel görselleştirme seviyesinden (örn. kıtalar) başlayarak, mahalle ve bina detaylarına kadar uzanır. Özellikle yol tarifleri, bina konumları ve kullanıcı navigasyon sistemleri açısından yüksek düzeyde etkileşimli harita sunumu sağlar.
- **OpenStreetMap (OSM)**: Topluluk tabanlı bir platform olan OSM, 0–19 seviye aralığını destekler. Seviye geçişleri genellikle sunucudan alınan tile veriler ile yönetilir. Harita verilerinin çok katmanlı sunumu ve detay seviyesinin bölgeye göre değişebilirliği nedeniyle, veri güncelliği ve LoD yapısının optimizasyonu kullanıcı katkısına dayanır.
- **ESRI ArcGIS**: Kurumsal ve profesyonel CBS çözümleri sunan ESRI'nin ArcGIS platformu, LoD yapısını resmi tile schema standardına göre tanımlar. Seviye 0'dan 23'e kadar detaylı görüntüleme sağlar. Özellikle büyük şehir planlaması, mühendislik projeleri ve afet yönetimi uygulamalarında yüksek çözünürlüklü veri analizine olanak tanır.
- **Mapbox ve Leaflet**: Geliştirici dostu, açık kaynak harita kütüphaneleri olan bu sistemler, özelleştirilebilir LoD yapıları sunar. Tipik olarak 0–22 seviyeleri arasında çalışır. Yüksek performanslı web haritaları için tercih edilir ve mobil uygulamalarla entegrasyonu yaygındır.
- Bu platformlar, LoD yapısının hem veri işleme kapasitesine hem de kullanıcı deneyimine katkılarını ortaya koymakta, seviye tabanlı mimarilerin dijital kartografideki yerini güçlendirmektedir.

Google Haritalar Örneği

Google Haritalar, bu hiyerarşik yapının tipik bir örneğidir. Uygulamada, bir konuma ilk girildiğinde, geniş bir alanın genel bir görünümü sunulur. Bu aşamada, yollar, büyük yapılar ve önemli yerler gibi temel coğrafi unsurlar görülür. Bu düzeyde, veriler düşük çözünürlüklüdür ve genel bir bakış sağlamak için yeterlidir. Kullanıcı haritayı yakınlaştırdıkça (zoom in), daha alt düzeylere geçilir ve daha fazla detay görüntülenir. Örneğin, binaların şekilleri, sokak adları, küçük işletmeler ve diğer ayrıntılar belirginleşir. Her bir yakınlaştırma adımı, daha yüksek çözünürlüklü verilerin yüklenmesini ve görüntülenmesini tetikler (Şekil 4-6).



Şekil 4-6 Google haritalarda farklı seviyelerde detay gösterimleri (From zoom out to in)

Bu süreç, kullanıcının internet bağlantısına bağlı olarak biraz zaman alabilir, ancak genellikle oldukça hızlı ve sorunsuz bir şekilde gerçekleşir. En yüksek yakınlaştırma düzeyünde ise, binaların girişleri, kapı numaraları ve diğer ince detaylar görülebilir. Bu düzeyde, veriler en yüksek çözünürlüğe sahiptir ve en fazla detayı sunar. Hatta bazı durumlarda, binaların içindeki odaların yerleşimi, asansörlerin konumu ve diğer iç mekan detayları bile görüntülenebilir.

Aynı şekilde, haritayı uzaklaştırdıkça (zoom out), daha üst düzeylere geçilir ve detaylar azalır. Binalar yerini bloklara, sokaklar yerini ana yollara bırakır ve şehirler birer nokta veya sembol olarak temsil edilir. Bu durum, kullanıcının haritayı farklı ölçeklerde sorunsuz bir şekilde incelemesini ve ilgilendiği detay seviyesine

ulaşmasını sağlar. Kullanıcı, bir şehri genel bir bakışla incelerken, ilgilendiği bir bölgeye yakınlaşarak o bölgenin detaylarını da görebilir. Bu özellik, harita kullanımını daha esnek ve kullanıcı dostu hale getirir. Google Haritalar'ın bu özelliği, sadece harita görüntüleme için değil, aynı zamanda yol tarifi, yer arama ve navigasyon gibi diğer işlevler için de önemlidir. Örneğin, bir yere yol tarifi alırken, harita önce genel bir güzergahı gösterir. Kullanıcı yakınlaştırdıkça, yol üzerindeki dönüşler, kavşaklar ve diğer detaylar belirginleşir. Bu sayede, kullanıcı yolunu daha kolay bulabilir ve doğru bir şekilde takip edebilir.

4.7 TUCBS'de Ölçek-Çözünürlük ve Genelleştirme Yaklaşımı

Mekânsal Veri Altyapısı (SDI) projeleri, coğrafi verilerin toplanması, paylaşılması ve kullanılması için oluşturulan çerçevelerdir. Bu projeler, farklı kurumlar tarafından üretilen coğrafi verilerin bir araya getirilmesini, standartlaştırılmasını ve kullanıcılara sunulmasını amaçlar. Bu projelerin temel amacı, coğrafi verilere erişimi kolaylaştırmak, veri paylaşımını teşvik etmek ve coğrafi verilerin farklı uygulamalarda kullanılmasını sağlamaktır. **INSPIRE** (Avrupa Birliği) ve **Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS)** gibi SDI projeleri, hiyerarşik ölçeklendirme konusunu önemle ele almaktadır. Çünkü bu projelerin başarısı, büyük ölçüde farklı ölçeklerdeki verilerin etkin bir şekilde yönetilmesine ve sunulmasına bağlıdır. Bu projeler, farklı kurumlar tarafından üretilen coğrafi verilerin farklı ölçeklerde olabileceğini ve bu verilerin bir araya getirilerek kullanıcılara sunulması gerektiğini kabul ederler. Bu nedenle, hiyerarşik ölçeklendirme yaklaşımını benimseyerek, verilerin farklı çözünürlüklerde düzenlenmesini ve kullanıcıların bu verilere kolayca erişebilmesini ve kullanabilmesini amaçlarlar.

INSPIRE: INSPIRE Direktifi, Avrupa Birliği'nde coğrafi verilerin uyumlu bir şekilde paylaşımını amaçlamaktadır. Bu kapsamda, farklı ölçeklerdeki verilerin yönetimi ve sunumu için teknik standartlar ve yönergeler belirlenmiştir. INSPIRE, verilerin farklı düzeylerde düzenlenmesini ve kullanıcının ihtiyacına göre uygun düzeyin seçilmesini teşvik etmektedir. Bu standartlar, verilerin nasıl toplanacağını, saklanacağını, güncelleneceğini ve sunulacağını belirler. Ayrıca, farklı ülkelerdeki ve bölgelerdeki verilerin bir araya getirilmesini ve uyumlu bir şekilde kullanılmasını da sağlar. INSPIRE, hiyerarşik ölçeklendirme yaklaşımını benimseyerek, verilerin farklı çözünürlüklerde düzenlenmesini ve kullanıcıların bu verilere kolayca erişebilmesini ve kullanabilmesini amaçlar. Bu sayede, Avrupa Birliği'ndeki farklı ülkeler tarafından üretilen coğrafi veriler, tek bir platformda bir araya getirilerek, kullanıcıların bu verilere kolayca erişmesi ve kullanması sağlanır. Bu durum, özellikle sınır ötesi projelerde ve Avrupa genelindeki analizlerde büyük avantaj sağlar.

TUCBS: Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi, Türkiye'deki coğrafi verilerin entegrasyonunu ve paylaşımını hedeflemektedir. TUCBS, farklı kurumlar tarafından üretilen verilerin bir araya getirilmesini ve standartlaştırılmasını sağlayarak, kullanıcıların bu verilere kolayca erişebilmesini amaçlamaktadır. Bu süreçte,

verilerin farklı ölçeklerde düzenlenmesi ve sunulması da önemli bir yer tutmaktadır. TUCBS, INSPIRE standartlarına uyumlu olarak, verilerin hiyerarşik bir yapıda yönetilmesini ve kullanılmasını desteklemektedir. Bu sayede, Türkiye'deki farklı kurumlar tarafından üretilen coğrafi veriler, tek bir platformda bir araya getirilerek, kullanıcıların bu verilere kolayca erişmesi ve kullanması sağlanır. Örneğin, bir araştırmacı, Türkiye'deki orman yangınlarını incelerken, hem genel orman alanlarını gösteren düşük çözünürlüklü verilere hem de yangın bölgelerinin detaylarını gösteren yüksek çözünürlüklü verilere aynı platform üzerinden erişebilir. TUCBS, aynı zamanda, coğrafi verilerin kalitesini artırmak, güncelliğini sağlamak ve güvenilirliğini artırmak için de çalışmalar yapmaktadır.

Her iki SDI örneği, farklı düzeylerdeki coğrafi verinin tek bir platformda birlikte çalışabilir şekilde sunulmasını mümkün kılmakta; LoD mimarisinin, çok katmanlı CBS sistemleri için birleştirici bir omurga oluşturduğunu göstermektedir.

4.7.1 TUCBS'de Ölçek-Çözünürlük

Kullanılacak coğrafi veri, uygulama ihtiyaçlarına göre uygun ölçek veya çözünürlükte üretilmelidir. Ölçek kavramı, üretilen haritalarda ve harita içeren bilgi ürünlerinde verinin sabit ölçekte sunumu ile ilgili kullanılmaktadır. Ancak dijital ortamda coğrafi veri tabanlarında aynı coğrafi nesnenin farklı ölçeklerde temsili mümkün olmuştur. Böylelikle ölçek ve çözünürlük kavramı birlikte irdelenerek, detaylar belirli ölçek grubunda ve karşılık gelen anlamlı çözünürlük eşiğinde kullanım/detay düzeyi (LoD- Level of Detail) ile ifade edilmesi gereksinim haline gelmiştir. Örnek olarak bina detay sınıfı, büyük ölçek grubunda 1:1000 ve 1:5000 arasındaki uygulamalarda kullanılmak üzere üretilmekte ve birçok uygulamada görüldü ki 5dm den büyük çözünürlükte üretilmelidir. Benzer mantıkta, detay sınıfları için en uygun çözünürlük ve doğrulukta veri üretilmelidir. Ayrıca yoğun kentleşmiş alanlarda yüksek çözünürlükte veri kullanılıyor iken nüfus yoğunluğu az kırsal alanlarda düşük çözünürlükte veri kullanılabilir. Yükseklik verisi, dağlık alanlarda düz alanlardan daha yüksek çözünürlükte üretilebilir. Bu nedenle coğrafi veri, gerekli esneklik ve değişken çözünürlüğü olanaklı hale getirecek şekilde üretilmelidir.

TUCBS'de coğrafi veriler arasında tutarlılığın sağlanması, verilerin LoD ile ifade edilen belirli ölçek / çözünürlük düzeylerinde bütünleştirilmesi ile mümkündür (Yücel vd., 2009). INSPIRE veri standartlarında; Avrupa, Ulusal, Bölgesel ve Yerel olmak üzere dört düzey tanımlanmıştır. Esasen topografik haritaların ölçek grupları kesin olarak belirli değildir. Birçok kartografın kabul ettiği sınıflandırmaya göre; büyük ölçek ≥1:50b, orta ölçek <1:50b ve >1:500b, küçük ölçek ≤1:500b'dir. Bazı yaklaşımlara göre, veri yoğunluğuyla ilişkili olduğundan topografik haritalardaki kullanım düzeyleri nüfus yoğunluğuna göre yapılmalıdır. Örneğin Almanya'da; büyük ölçek ≥1:10b, orta ölçek <1:10b ve >1:250b, küçük ölçek ≤1:250b'dir. Rusya'da ise; büyük ölçek ≥1:200b, orta ölçek <1:200b ve >1:1.000b, küçük ölçek ≤1:1.000b'dir.

Türkiye'de ise "Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgilerini Temin ve Kullanma Yönetmeliği'ne (BÖHHBÜY) (Resmi Gazete, 1994)" göre; büyük ölçek ≥1:5k olarak tanımlanmış, diğer ölçek kullanım düzeyleri için genellikle 1:25b ve 1:250b ifadeleri kullanılmıştır. BÖHHBÜY'e göre, büyük ölçekli haritalar ≥1:5k ölçekte ifade edildiğinden TUCBS temel veri modelinde bu ölçek sınırı anlamlı kabul edilmiştir. TUCBS kapsamında dünyada kabul görmüş yaklaşımlar ve Türkiye'nin mevcut durumu göz önüne alınarak coğrafi veri; TUCBS coğrafi veri kullanım düzeyleri ifade edilmiştir (TUCBS, 2012). Coğrafi Veri kullanımı yerelden ulusala 5 ayrı düzeyde tanımlanmıştır (Şekil 4-7). Bunlar:

4. Düzey: Verilerin en detaylı tutulduğu ve mühendislik projelerinde etkin kullanılan >1b ölçeğinden büyük tanımlanan düzeydir.

3. Düzey: Temel veritabanı olarak TUCBS büyük-ölçek düzeyi olan <0.50m çözünürlükte ve 1:5b ve 1b arası ölçekte tanımlanmıştır.

2. Düzey: TUCBS orta-ölçek düzeyi olan 1:25b ve 1:5b arası ölçekte tanımlanmıştır. Coğrafi veriler <2.5m çözünürlüktedir.

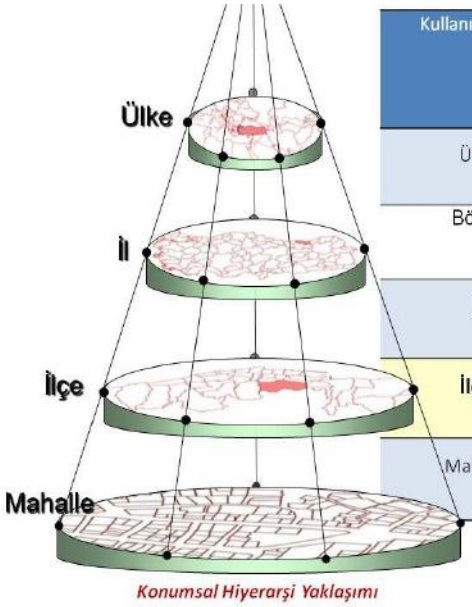
1. Düzey: TUCBS küçük-ölçek düzeyi olan 1:250b ve 1:25b ölçekleri arasında tanımlanmıştır.

O. Düzey: genel harita kullanım düzeyleri dışında <1:250b ölçekten küçük coğrafi veri setleri için tanımlanmıştır.

4.7.2 TUCBS'de Genelleştirme Yaklaşımı

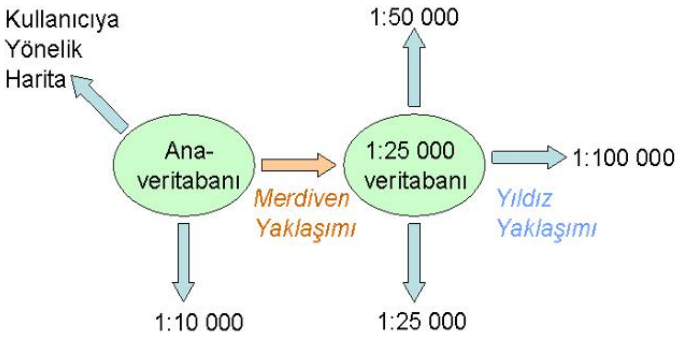
Bugüne kadar coğrafi veritabanları ile belirli ölçeklerde haritalar üretilmekteyken, günümüzde belirli ölçek grubundaki veritabanlarını farklı uygulama ihtiyaçlarına göre yönetmek olanaklı hale gelmiştir. Dünyadaki Ulusal Haritacılık Kurumları ve HGM (Harita Genel Müdürlüğü), coğrafi verilerini vektör veri modelinde belirli ölçeklerde harita üretimine yönelik kullanmakta ve her ölçek için veritabanlarını üretmektedir. Bu veritabanları arasında dinamik ve ölçek-bağımsız genelleştirme uygulanabilir değildir. Farklı ölçeklerdeki veritabanları ihtiyaca göre birbirinden bağımsız güncellenmekte ve aralarında ilişkiden söz etmek olanaksızdır. Coğrafi veri tabanları arasında otomatik genelleştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu anlamda coğrafi veritabanları, farklı ölçekler arasındaki ilişkilerle birlikte otomatik genelleştirmeye olanaklı hale getirilmelidir (Şekil 4-7) (TUCBS, 2025; Başaraner vd.,2005).

EuroGeographics'in tanımladığı genelleştirme iş akışı, Şekil 4-8 gibi Merdiven (Ladder Approach) ve Yıldız (Star Approach) yöntemlerinin oluşturduğu bütünleşik yaklaşım ile ifade edilmektedir. Yıldız yaklaşımı, belirli bir ölçek grubunu oluşturan veri tabanından yakın ölçekte harita ve uygulamaların grafik genelleştirme ile üretilmesidir. Merdiven Yaklaşımı ile ifade edilen, bir ölçek grubunu ifade eden veri tabanının diğer ölçek gruplarında temel olarak kullanılabilecek veri tabanlarına model genelleştirilmesidir (Aydınoğlu vd., 2011).



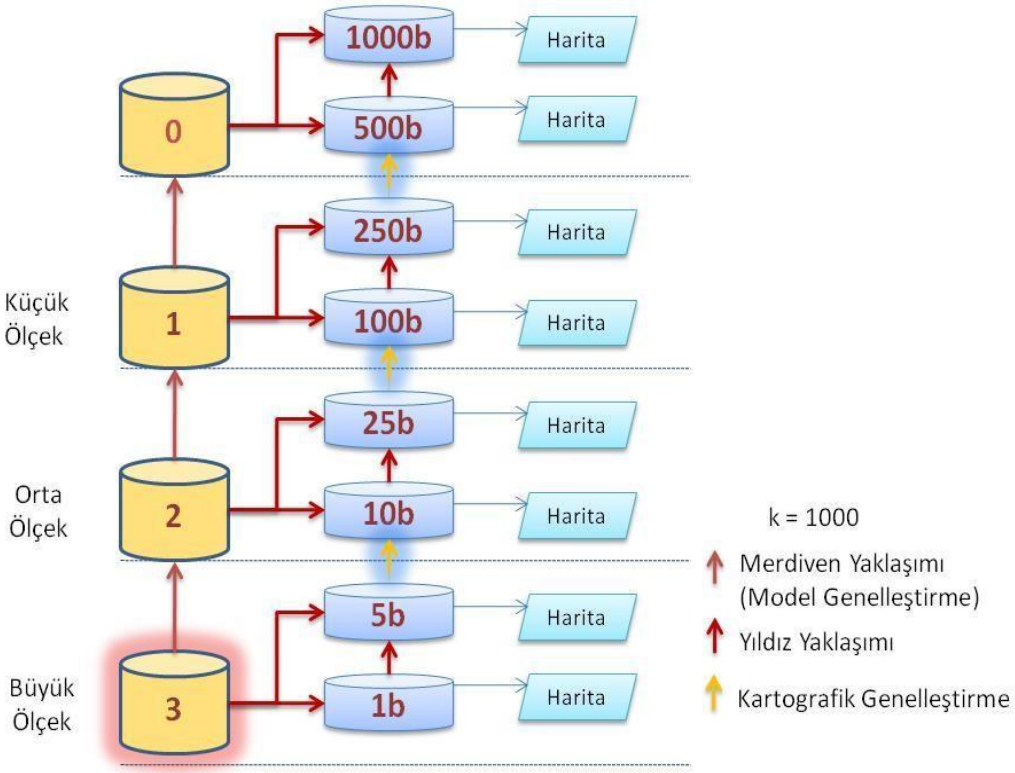
Kullanım Alanı	Veri Çözünürlüğü (raster)	Veri Düzeyi (vektör/matris)	Temel Ölçek
Ülke	< 100,00 m	0	> 1 : 1.000b
Bölge	< 25,00 m	1	> 1 : 250b
		(Küçük Ölçek)	
İl	< 2,50 m	2	> 1 : 25b
		(Orta Ölçek)	
İlçe	**< 0,50 m**	**3**	**> 1 : 5b**
		(Büyük Ölçek)	
Mahalle	< 0,05 m	4	> 1 : 1b
			b= 1000

Şekil 4-7 TUCBS'de coğrafi veri kullanım düzeyleri (Aydınoğlu, 2009)



Şekil 4-8 Genelleştirmede bütünleşik yaklaşım (Aydınoğlu, 2009)

TUCBS'de tanımlanan veri setleri, diğer ölçek düzeylerindeki veri setlerine genelleştirilebilir (TUCBS, 2025). Örneğin; Şekil 4-9'deki gibi yerelde 1>5b ölçek grubunda üretilen ve bütünleştirilen coğrafi veri tabanı, yereldeki uygulama ihtiyaçlarına yönelik ürünlerde kullanılabilir. Merdiven Yaklaşımı ile daha küçük ölçek gruplarındaki veri kullanım düzeylerinde coğrafi veritabanları üretilebilir. Yıldız Yaklaşımı ile aynı coğrafi veri tabanından yakın ölçekteki uygulama ve harita üretim ihtiyaçlarına yönelik kartografik veritabanları üretilebilir. Kullanıcı ihtiyaçlarına göre gerek duyulduğunda da farklı düzeylerdeki veritabanları arasında kartografik genelleştirme ile farklı Kartografik Modeller arasında dönüşümler tanımlanabilir. Örneğin; 3. Düzeyde tanımlanan detay sınıfları temel alınarak yıldız yaklaşımı ile aynı ölçek grubunda Dijital Kent Atlası üretimine yönelik kartografik veri tabanı üretilebilir. TUCBS arazi örtüsü uygulama şemasına göre üretilen büyük ölçekteki arazi örtüsü veri tabanı, belirlenen model genelleştirme kurallarına göre merdiven yaklaşımıyla farklı kullanım düzeylerindeki coğrafi veri tabanlarına genelleştirilebilir.



Şekil 4-9 TUCBS Genelleştirme Modeli

Hiyerarşik Ölçeklendirmenin Avantajları

Performans Artışı: Verinin farklı çözünürlüklerde saklanması ve kullanıcının etkileşimine göre uygun düzeyin seçilmesi, veri işleme ve görüntüleme performansını artırır. Bu durum, özellikle büyük veri kümeleriyle çalışırken önemlidir. Kullanıcının sadece ihtiyaç duyduğu detayların işlenmesi, sistem kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlar ve uygulamanın daha hızlı çalışmasına olanak tanır. Örneğin, bir 3D şehir modelini görüntülerken, kullanıcı uzak bir mesafedeyse, binaların sadece genel şekilleri ve konumları yüklenir. Kullanıcı şehre yaklaştıkça, binaların cephe detayları, pencereleri ve diğer mimari özellikleri yüklenir. Bu sayede, tüm şehrin en ince detaylarıyla birlikte yüklenmesi gerekmez ve uygulama daha hızlı ve sorunsuz çalışır.

Veri Miktarının Azaltılması: Kullanıcının ihtiyaç duymadığı detayların gösterilmemesi, aktarılan ve işlenen veri miktarını azaltır. Bu durum, özellikle internet üzerinden veri aktarımı yapılırken önemlidir. Daha az veri aktarımı, daha az bant genişliği kullanımına ve daha hızlı yükleme sürelerine yol açar. Bu da hem kullanıcı deneyimini iyileştirir hem de internet servis sağlayıcılarının ağ trafiğini azaltır. Örneğin, bir mobil harita uygulamasında, kullanıcı bir bölgeyi görüntülerken, uygulamanın sadece o bölge için gerekli olan verileri indirmesi yeterlidir. Kullanıcı haritayı kaydırdıkça veya yakınlaştırdıkça, uygulama yeni verileri indirir ve eski verileri siler. Bu sayede, kullanıcının mobil veri kullanımı minimize edilir ve uygulama daha hızlı açılır.

Kullanıcı Deneyiminin İyileştirilmesi: Haritanın farklı ölçeklerde sorunsuz bir şekilde incelenebilmesi, kullanıcıların istedikleri detay seviyesine kolayca ulaşmasını sağlar. Bu özellik, harita kullanımını daha keyifli ve verimli hale getirir. Kullanıcılar, aradıkları bilgiyi daha hızlı bulabilir ve haritayı daha etkili bir şekilde kullanabilirler. Örneğin, bir turizm uygulamasında, kullanıcı bir şehri ziyaret etmeden önce genel bir bakış elde etmek isteyebilir. Bu durumda, uygulama kullanıcının şehrin önemli turistik yerlerini, ulaşım ağını ve genel yapısını gösteren bir harita sunar. Kullanıcı ilgilendiği bir turistik yere tıkladığında, uygulama o yerin detaylı bir haritasını, fotoğraflarını, videolarını ve diğer bilgilerini görüntüler. Bu sayede, kullanıcı seyahatini daha iyi planlayabilir ve ziyaret edeceği yerler hakkında daha fazla bilgi edinebilir.

Veri Yönetiminin Kolaylaştırılması: Verinin hiyerarşik bir yapıda düzenlenmesi, farklı ölçeklerdeki verilerin tutarlı bir şekilde yönetilmesini ve güncellenmesini kolaylaştırır. Bu durum, veri tabanının daha düzenli ve bakımı daha kolay olmasını sağlar. Örneğin, bir şehir planlama veri tabanında, binaların, yolların, parkların ve diğer altyapı unsurlarının farklı ölçeklerdeki verileri saklanır. Bu veriler, farklı kurumlar tarafından farklı zamanlarda güncellenebilir. Hiyerarşik yapı sayesinde, her bir kurum kendi sorumlu olduğu ölçekteki verileri güncelleyebilir ve bu güncellemeler diğer ölçeklerdeki verileri etkilemez. Bu durum, veri tabanının tutarlılığını ve doğruluğunu artırır ve veri yönetimini kolaylaştırır.

4.8 Hiyerarşik Ölçeklendirmede Teknik Gereksinimler

Hiyerarşik ölçeklendirme konusuna ek olarak, CBS harita sunumunda teknik ve bilimsel açıdan ele alınması gereken başka önemli konular da bulunmaktadır:

4.8.1 Veri Kaynakları ve Doğruluğu

Farklı kaynaklardan (uydu görüntüleri, hava fotoğrafları, GPS ölçümleri, saha çalışmaları vb.) elde edilen coğrafi verilerin doğruluğu ve güvenilirliği, harita sunumunun temelini oluşturur. Bu verilerin kalitesi, haritanın doğruluğunu ve kullanılabilirliğini doğrudan etkiler. Bu nedenle, veri toplama yöntemleri, veri işleme teknikleri ve doğruluk değerlendirme yöntemleri büyük önem taşır.

a) **Veri Toplama Yöntemleri:** Coğrafi veri toplama yöntemleri, verinin türüne ve kullanım amacına göre değişiklik gösterir. Örneğin, uydu görüntüleri geniş alanların genel görünümünü elde etmek için kullanılırken, hava fotoğrafları daha detaylı bilgi sağlar. GPS ölçümleri, noktaların hassas konumlarını belirlemek için kullanılırken, saha çalışmaları belirli alanlardaki özellikleri yerinde incelemek için yapılır. Her bir yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Örneğin, uydu görüntüleri geniş alanları kapsar ancak çözünürlüğü sınırlıdır, hava fotoğrafları daha yüksek çözünürlük sunar ancak maliyetlidir, GPS ölçümleri hassas konum bilgisi sağlar ancak her zaman erişilebilir değildir, saha çalışmaları yerinde bilgi sağlar ancak zaman alıcıdır. Farklı sensörler ve platformlar kullanılarak çeşitli veri türleri elde edilebilir. Örneğin, optik sensörler

görünür ve kızılötesi spektrumda veri toplarken, radar sensörleri bulutlu koşullarda bile veri elde edebilir. Lidar (Light Detection and Ranging) teknolojisi, yeryüzünün yüksek çözünürlüklü 3B modellerini oluşturmak için kullanılır. İnsansız hava araçları (İHA'lar veya dronlar), esnek ve düşük maliyetli bir şekilde yüksek çözünürlüklü görüntüler ve diğer veriler toplayabilir.

b) **Veri İşleme Teknikleri:** Toplanan ham veriler, doğrudan kullanılabilir olmayabilir. Bu nedenle, verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi gerekir. Veri işleme teknikleri arasında, geometrik düzeltme (görüntülerin veya haritaların bozulmalarını düzeltmek için), radyometrik düzeltme (görüntülerin parlaklık ve renk değerlerini düzeltmek için), mozaikleme (birden fazla görüntüyü bir araya getirerek daha geniş bir alan elde etmek için), sınıflandırma (görüntüdeki pikselleri farklı kategorilere ayırmak için), vektörleştirme (raster veriyi vektör veriye dönüştürmek için) gibi işlemler bulunur. Bu işlemler, verinin kalitesini artırır ve analiz için uygun hale getirir. Örneğin, geometrik düzeltme uydu görüntülerindeki bozulmaları düzelterek harita projeksiyonuna uygun hale getirirken, radyometrik düzeltme atmosferik etkilerden kaynaklanan hataları giderir. Sınıflandırma algoritmaları, uydu görüntülerindeki farklı arazi örtüsü türlerini (örneğin, orman, tarım, yerleşim) belirlemek için kullanılır.

c) **Doğruluk Değerlendirme Yöntemleri:** Haritanın veya coğrafi verinin doğruluğunu değerlendirmek için farklı yöntemler kullanılır. Bu yöntemler arasında, referans verilerle karşılaştırma (örneğin, GPS ile ölçülen noktaların haritadaki konumlarıyla karşılaştırılması), hata matrisi analizi (sınıflandırma sonuçlarının doğruluğunu değerlendirmek için), çapraz doğrulama (verinin bir kısmını doğrulama için ayırarak modelin performansını değerlendirmek için) gibi işlemler bulunur. Doğruluk değerlendirme, haritanın veya verinin ne kadar güvenilir olduğunu gösterir ve kullanıcıların bu bilgiyi doğru bir şekilde yorumlamasını sağlar. İstatistiksel yöntemler, doğruluk değerlendirmesinde önemli bir rol oynar. Örneğin, kök ortalama kare hatası (RMSE), konum doğruluğunu değerlendirmek için yaygın olarak kullanılırken, Kappa katsayısı sınıflandırma doğruluğunu değerlendirmek için kullanılır.

4.8.2 Koordinat Sistemleri ve Projeksiyonlar

Dünya'nın küresel şeklini düz bir yüzeye aktarmak için kullanılan koordinat sistemleri ve projeksiyonlar, harita sunumunda önemli bir rol oynar. Farklı projeksiyonlar, farklı bozulmalara (alan, şekil, uzaklık veya yön) neden olur. Bu nedenle, haritanın kullanım amacına en uygun projeksiyonun seçilmesi gerekir.

a) **Koordinat Sistemleri:** Dünya üzerindeki herhangi bir noktanın konumunu belirlemek için kullanılan sistemlerdir. En yaygın kullanılan koordinat sistemleri arasında, Coğrafi Koordinat Sistemi (enlem ve boylam değerlerini kullanır) ve Kartezyen Koordinat Sistemi (düzlem üzerindeki noktaları x ve y değerleriyle ifade eder) bulunur. Coğrafi koordinat sistemi, küresel yüzeydeki konumları ifade etmek için kullanılırken, Kartezyen koordinat sistemi düzlemsel yüzeydeki

konumları ifade etmek için kullanılır. Farklı elipsoitler ve datumlar, yeryüzünün şeklini ve boyutunu farklı hassasiyetlerde tanımlar. Örneğin, WGS84 (World Geodetic System 1984), GPS tarafından kullanılan küresel bir datumdur.

b) **Projeksiyonlar:** Dünya'nın küresel şeklini düz bir yüzeye aktarmak için kullanılan matematiksel dönüşümlerdir. Farklı projeksiyonlar, farklı özellikleri korur veya bozar. Örneğin, bazı projeksiyonlar alanları doğru gösterirken, bazıları şekilleri doğru gösterir, bazıları ise uzaklıkları veya yönleri doğru gösterir. En yaygın kullanılan projeksiyonlar arasında, Mercator projeksiyonu (denizcilik haritalarında kullanılır), Albers eşit alanlı konik projeksiyonu (alanları doğru göstermek için kullanılır), Lambert konformal konik projeksiyonu (şekilleri doğru göstermek için kullanılır) ve UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonu (bölgeleri dar şeritlere ayırarak bozulmaları minimize eder) bulunur.

c) **Projeksiyon Seçimi:** Haritanın kullanım amacına göre en uygun projeksiyonun seçilmesi gerekir. Örneğin, bir denizcilik haritası için Mercator projeksiyonu uygunken, bir ülke haritası için Albers eşit alanlı konik projeksiyonu daha uygun olabilir. Projeksiyon seçimi, haritanın doğruluğunu ve kullanılabilirliğini doğrudan etkiler. Projeksiyon seçiminde, haritanın kapsadığı alanın büyüklüğü, şekli ve konumu da önemli rol oynar. Örneğin, kutup bölgeleri için farklı projeksiyonlar kullanılır.

4.8.3 Veri Modelleri ve Veri Tabanları

Coğrafi verilerin bilgisayar ortamında saklanması ve yönetilmesi için farklı veri modelleri (örneğin, vektör, raster) ve veri tabanı sistemleri kullanılır. Bu modeller ve sistemler, verinin yapısını, ilişkilerini ve nasıl sorgulanacağını belirler.

a) **Vektör Veri Modeli:** Coğrafi özellikleri noktalar, çizgiler ve poligonlar olarak temsil eder. Örneğin, bir şehir haritasında binalar poligonlarla, yollar çizgilerle ve ağaçlar noktalarla temsil edilir. Vektör veri modeli, coğrafi özellikleri hassas bir şekilde temsil eder ve topolojik ilişkileri (örneğin, bir yolun hangi binaların önünden geçtiği) ifade edebilir. Vektör verileri, topolojik ilişkileri (komşuluk, bağlantı, kesişim gibi) açıkça ifade edebilir, bu da mekânsal analiz için önemlidir.

b) **Raster Veri Modeli:** Coğrafi alanı düzenli bir hücre ağı (piksel) olarak temsil eder. Her bir hücre, belirli bir özelliği veya değeri ifade eder. Örneğin, bir uydu görüntüsü, her bir pikselin farklı renk veya parlaklık değerlerini ifade ettiği bir raster veri modelidir. Raster veri modeli, geniş alanların homojen özelliklerini (örneğin, arazi kullanımı, sıcaklık dağılımı) temsil etmek için uygundur. Raster verileri, hücre boyutu arttıkça detay kaybına uğrar, bu nedenle çözünürlük önemlidir.

c) **Veri Tabanı Sistemleri:** Coğrafi verilerin saklanması, yönetilmesi ve sorgulanması için kullanılan yazılımlardır. İlişkisel veri tabanı sistemleri (örneğin, PostgreSQL/PostGIS, Oracle Spatial) ve nesne yönelimli veri tabanı sistemleri gibi farklı türleri vardır. Coğrafi veri tabanı sistemleri, büyük miktarda coğrafi

veriyi etkin bir şekilde yönetebilir, karmaşık sorguları işleyebilir ve veri bütünlüğünü sağlar. SQL (Structured Query Language), coğrafi veri tabanlarında veri sorgulamak ve analiz etmek için yaygın olarak kullanılır.

4.8.4 Görselleştirme ve Semboloji

Harita üzerindeki coğrafi özelliklerin (noktalar, çizgiler, alanlar) nasıl temsil edileceği, haritanın okunabilirliğini ve anlaşılabilirliğini etkiler. Bu nedenle, uygun renkler, semboller ve desenlerin seçilmesi, haritanın amacına uygun ve etkili bir şekilde iletişim kurmasını sağlar.

a) **Renk Seçimi:** Renkler, harita üzerindeki farklı özellikleri ayırt etmek, önemlerini vurgulamak veya belirli bir temayı iletmek için kullanılır. Örneğin, mavi genellikle su kütlelerini, yeşil bitki örtüsünü, kahverengi ise yükseltileri temsil etmek için kullanılır. Renk seçiminde, renklerin algılanabilirliği, renk körlüğü olan kişiler için uygunluğu ve renklerin duygusal çağrışımları gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Renk şemaları (örneğin, sıralı, ıraksak, niteliksel) farklı veri türlerini temsil etmek için kullanılır.

b) **Sembol Seçimi:** Nokta, çizgi ve alan özellikleri için farklı semboller kullanılır. Örneğin, bir şehir haritasında hastaneler için kırmızı bir artı sembolü, okullar için mavi bir kitap sembolü kullanılabilir. Semboller, harita üzerindeki bilgiyi hızlı ve kolay bir şekilde iletmeyi sağlar. Sembol seçiminde, sembollerin okunabilirliği, ayırt edilebilirliği ve evrensel olarak anlaşılabilirliği gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Sembollerin boyutu, şekli ve rengi, temsil ettikleri özelliğin önemini veya türünü vurgulayabilir.

c) **Desen Seçimi:** Alan özelliklerini temsil etmek için farklı desenler kullanılabilir. Örneğin, bir arazi kullanım haritasında ormanlık alanlar için ağaç deseni, tarım alanları için çizgi deseni kullanılabilir. Desenler, harita üzerindeki farklı alanları ayırt etmeyi ve alanların özelliklerini ifade etmeyi sağlar. Desen seçiminde, desenlerin okunabilirliği, ayırt edilebilirliği ve haritanın genel estetiği gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

4.8.5 Web Haritacılığı ve Standartları

İnternet üzerinden harita sunumu için geliştirilen teknolojiler (örneğin, HTML5, JavaScript, WebGL) ve standartlar (örneğin, WMS, WFS, GeoJSON), farklı platformlarda ve cihazlarda haritaların sorunsuz bir şekilde görüntülenmesini ve kullanılmasını sağlar.

a) **HTML5:** Web sayfalarının yapısını oluşturmak için kullanılan bir işaretleme dilidir. HTML5, harita uygulamaları için gerekli olan temel bileşenleri (örneğin, harita görüntüleme alanı, etkileşimli kontroller) sağlar. HTML5 ile zengin ve etkileşimli web uygulamaları oluşturulabilir.

b) **JavaScript:** Web sayfalarına dinamik özellikler kazandırmak için kullanılan bir programlama dilidir. JavaScript, harita üzerinde kullanıcı etkileşimini (örneğin,

yakınlaştırma, uzaklaştırma, tıklama) yönetmek, harita verilerini yüklemek ve görüntülemek için kullanılır. JavaScript kütüphaneleri (örneğin, Leaflet, OpenLayers, Mapbox GL JS) web harita uygulamaları geliştirmeyi kolaylaştırır.

c) **WebGL:** Web tarayıcılarında 3B grafiklerin görüntülenmesini sağlayan bir teknolojidir. WebGL, 3B harita uygulamaları ve sanal gerçeklik uygulamaları için önemlidir. WebGL, GPU (Graphics Processing Unit) hızlandırmasını kullanarak yüksek performanslı 3B grafikler sunar.

d) **WMS (Web Map Service):** Harita sunucularından harita görüntüleri almak için kullanılan bir standarttır. WMS, farklı kaynaklardan gelen harita verilerinin bir araya getirilmesini ve farklı uygulamalarda kullanılmasını sağlar. WMS servisleri, harita görüntülerini farklı formatlarda (örneğin, PNG, JPEG, GIF) sunabilir.

e) **WFS (Web Feature Service):** Harita sunucularından coğrafi verileri (vektör verileri) almak için kullanılan bir standarttır. WFS, harita verilerinin sorgulanmasını, düzenlenmesini ve analiz edilmesini sağlar. WFS servisleri, coğrafi verileri farklı formatlarda (örneğin, GeoJSON, GML) sunabilir.

f) **GeoJSON:** Coğrafi verileri (vektör verileri) temsil etmek için kullanılan bir formattır. GeoJSON, hafif ve kolay okunabilir bir format olduğu için web uygulamalarında yaygın olarak kullanılır. GeoJSON, JSON (JavaScript Object Notation) tabanlı bir formattır.

4.8.6 3B Haritacılık ve Sanal Gerçeklik

Üç boyutlu haritalar ve sanal gerçeklik teknolojileri, coğrafi verilerin daha gerçekçi ve etkileyici bir şekilde sunulmasını sağlar. Bu teknolojiler, özellikle kentsel planlama, mimari ve turizm gibi alanlarda yeni olanaklar sunar.

a) **3B Haritalar:** Binaların, yolların, arazinin ve diğer coğrafi özelliklerin üç boyutlu olarak temsil edildiği haritalardır. 3B haritalar, kentsel alanların daha gerçekçi bir şekilde görselleştirilmesini, mimari projelerin daha iyi anlaşılmasını ve doğal afetlerin etkilerinin daha doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlar. 3B haritalar, farklı perspektiflerden görüntülenebilir ve kullanıcıların mekanı daha iyi anlamasını sağlar.

b) **Sanal Gerçeklik (VR):** Kullanıcıların sanal bir ortamda etkileşimde bulunmasını sağlayan bir teknolojidir. VR, kullanıcıların 3B haritaları daha etkileyici bir şekilde deneyimlemesini, sanal turlara katılmasını ve coğrafi verileri daha interaktif bir şekilde keşfetmesini sağlar. Örneğin, bir VR uygulaması ile kullanıcılar tarihi bir şehri sanal olarak gezebilir, bir binanın içini dolaşabilir veya bir doğal afetin etkilerini simülasyon olarak izleyebilir. VR, kullanıcıların mekanı "içindeymiş" gibi deneyimlemesini sağlar.

4.8.7 Zaman Serisi Verileri ve Animasyon

Coğrafi verilerin zaman içindeki değişimini göstermek için kullanılan zaman serisi verileri ve animasyon teknikleri, dinamik süreçlerin (örneğin, iklim değişikliği,

nüfus artışı, arazi kullanımı değişimi) görselleştirilmesini ve analiz edilmesini kolaylaştırır.

a) **Zaman Serisi Verileri:** Coğrafi verilerin farklı zaman noktalarında kaydedilmesiyle elde edilen verilerdir. Örneğin, bir şehrin nüfusunun yıllara göre değişimi, bir ormanın zaman içindeki büyüme süreci veya bir nehrin su seviyesinin mevsimlere göre değişimi zaman serisi verisi olarak ifade edilebilir. Zaman serisi verileri, düzenli veya düzensiz zaman aralıklarında kaydedilebilir.

b) **Animasyon:** Zaman serisi verilerinin görselleştirilmesi için kullanılan bir tekniktir. Animasyon, coğrafi verilerin zaman içindeki değişimini bir video veya hareketli grafik şeklinde gösterir. Örneğin, bir animasyon ile bir şehrin büyüme süreci, bir ormanın yangın sonrası iyileşme süreci veya bir kasırganın ilerleyişi görselleştirilebilir. Animasyon, dinamik süreçlerin daha iyi anlaşılmasını ve iletişimini sağlar. Animasyon, farklı zaman noktalarındaki verileri ardışık olarak göstererek değişimi vurgular.

Günümüz CBS harita sunum standartlarında, hiyerarşik ölçeklendirme yaklaşımı, harita verilerinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve sunulması için vazgeçilmez bir unsurdur. Bu yaklaşım hem teknik avantajlar sunmakta hem de kullanıcı deneyimini iyileştirmektedir. INSPIRE ve TUCBS gibi SDI projeleri, bu konuyu önemle ele alarak, coğrafi verilerin daha etkin bir şekilde paylaşılmasını ve kullanılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Hiyerarşik ölçeklendirme, gelecekteki harita teknolojilerinin de temelini oluşturacak ve coğrafi verilerin daha geniş kitleler tarafından kullanılmasını sağlayacaktır. Özellikle artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) gibi teknolojilerin gelişmesiyle birlikte, harita verilerinin daha da interaktif ve dinamik bir şekilde sunulması gerekecektir. Hiyerarşik ölçeklendirme, bu tür teknolojilerin gereksinimlerini karşılamak için de uygun bir temel oluşturur. Örneğin, bir AR uygulamasında, kullanıcı bir şehri gezerken, telefonunun kamerasından gördüğü gerçek dünyaya ek olarak, o bölgeye ait coğrafi veriler de görüntülenebilir. Bu veriler, kullanıcının konumuna ve bakış açısına göre farklı ölçeklerde ve detay seviyelerinde sunulabilir. Bu sayede, kullanıcı hem gerçek dünyayı hem de coğrafi verileri bir arada görerek, çevresini daha iyi anlayabilir ve daha zengin bir deneyim yaşayabilir.

4.9 MARAP İçin Ölçeklendirme ve Harita Sunumu Stratejileri

Bölgesel afet risk planlaması, mekânsal karar alma süreçlerinde stratejik düzeyde yönlendirici bir rol oynamakta ve özellikle veri çözünürlüğü, mekânsal yayılım analizleri, karar üretme yetkisi ve yönetişim ölçeği gibi teknik parametrelerin hassas biçimde senkronize edilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle MARAP gibi projelerde harita ölçeği sadece görsel temsil unsuru değil, aynı zamanda risk senaryolarının mekânsal doğruluğu, karar destek çıktılarının geçerliliği ve uygulama kademelerinde kurumsal işlevsellik açısından belirleyici bir araçtır.

Öncelikle, stratejik düzeyde karar üretim süreçleri için 1/100.000 ölçekli genel risk haritaları, afet türlerine göre risk yoğunluklarının bölgesel düzeyde dağılımını anlamak ve makro eğilimleri analiz etmek adına yeterlidir. Ancak, bu haritalar uygulamaya dönük kararlar için sınırlı bir çözünürlük sunmaktadır. Bu noktada 1/50.000 ila 1/25.000 aralığındaki mezo ölçekler, MARAP'ın afet senaryo modelleme, kırılganlık analizi, yapı stoku sınıflandırması, sosyal etki değerlendirmesi gibi analitik katmanlarını üretmek için teknik olarak en uygun çözünürlükleri sunar. Mikro ölçekte (1/10.000 ve altı), yapı bazlı müdahale kararları, tahliye ve barınma planları, kritik altyapı kesişim noktalarının analizi gibi detay uygulamalar yapılabilir hale gelmektedir.

Teknik olarak, bu ölçeklerin CBS tabanlı analizlerde veri kaybı, genelleştirme hatası ve analiz sapması oluşturmaması için raster-vektör dönüşüm parametreleri, çözünürlük eşiği, topolojik duyarlılık ve semantik veri sınıflandırması kriterleri dikkate alınmalıdır. LiDAR ve uydu tabanlı DEM/DSM verilerinin 1/5.000 ve altı ölçekte daha verimli çalıştığı; sosyo-ekonomik anket, bina envanteri, altyapı sistemleri gibi verilerin ise 1/25.000 seviyesinde senaryo bazlı analizlerde etkin biçimde kullanılabildiği literatürce de doğrulanmıştır.

Bu bağlamda MARAP kapsamında üretilecek tehlike/risk harita çıktılarının TARAP ve İRAP ile entegrasyonu, sadece planlar arası içerik uyumu değil, aynı zamanda **ölçekler arası teknik senkronizasyon** açısından da yeniden yapılandırılmalıdır. Örneğin, MARAP'ta 1/50.000 ölçekle belirlenen taşkın zonu, İRAP kapsamında 1/5.000'e detaylandırılarak eylem planı üretmeli; aynı veri TARAP düzeyinde genel afet içerikli eylem girdisi olmalıdır. Böylece, ölçek birimleri arasında sadece kartografik değil; fonksiyonel bir etkileşim sağlanmış olur. Sonuç olarak MARAP gibi projelerde önerilecek ölçek yapısı, **çok ölçekli ve çok fonksiyonlu bir sistematik** ile tanımlanmalıdır. Sabit ölçek reçeteleri yerine, her analiz tipi ve karar düzeyi için teknik gereksinimlere göre belirlenen, veri tabanlı ve karar odaklı ölçek seçimleri esas alınmalıdır. Bu yaklaşım, MARAP'ın bilimsel dayanaklarını güçlendirecek, uygulama kabiliyetini artıracak ve ulusal strateji belgeleriyle tam uyum içinde çalışmasını sağlayacaktır. Türkiye'de afet risklerinin mekânsal yönetimi için **ölçek bazlı karar üretimi**, plan sistematiğinin en önemli bileşenlerinden biri haline gelmelidir. afet risk planlamasında:

- Genel stratejik planlamalar için 1/100.000,
- Risk zonlaması ve detaylı yer bilimsel analizler için 1/50.000 ila 1/25.000 arası ölçekler önerilmelidir.
- Kentsel dönüşüm, yapı stoku analizi ve afet sonrası eylem planları için ise daha alt ölçekli analizlere (örneğin 1/5.000) geçiş yapılabilir.
- Bu yaklaşımlar, TARAP ve İRAP sistematiğiyle entegrasyon sağlayacak, MARAP gibi bölgesel projelerde teknik-taktik kararların uygulanabilirliğini artıracaktır.

Marmara Afet Risklerini Azaltma Planı Projesi (MARAP), afet risklerinin azaltılması gayesini taşıyan bir proje olarak, hem bölgesel bazda klasik ölçekli haritaların, hem de dijital ortamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı interaktif haritaların bir araya getirilmesini amaçlamalıdır. Bu iki yaklaşımın entegrasyonu, afet yönetimi süreçlerinin etkinliğinin artırılmasına ve muhtelif kullanıcı gruplarının ihtiyaçlarının karşılanmasına hizmet edecektir.

4.9.1 Ölçek ve Seviye (LoD) Tabanlı Yaklaşımların Entegrasyonu

Afet yönetimi, çok ölçekli ve çok düzeyli analizlerin bütünleşik kullanımını zorunlu kılan disiplinlerarası bir alandır. Riskin belirlenmesi, senaryo üretimi, tahliye planlaması ve müdahale stratejilerinin yapılandırılması gibi süreçlerin her biri, farklı çözünürlüklerde detaylandırılmış mekânsal bilgiye ihtiyaç duyar. Bu nedenle **ölçeklendirme yaklaşımı** ve **Level of Detail (LoD)** kavramı birlikte ele alınmalı; karar destek sistemlerinin temel veri altyapısı olarak yapılandırılmalıdır.

4.9.1.1 LoD Tabanlı Afet Yönetimi Modeli

LoD yapısı, afet yönetiminde yalnızca görselleştirme aracı olarak değil, aynı zamanda mekânsal veri işleme süreçlerini, analiz hassasiyetini ve karar destek sistemlerinin performansını doğrudan etkileyen bir altyapı olarak işler. Her seviye, özgül bir mekânsal çözünürlük ve veri yoğunluğu ile tanımlanır; bu da afetin türüne, etki alanına ve karar ölçeğine göre farklılaşan bilgi gereksinimlerini karşılamayı mümkün kılar (Tablo 4-8). LoD katmanlarının uyumlu biçimde entegrasyonu, çok ölçekli senaryo analizleri ve dinamik risk değerlendirmeleri için kritik önemdedir.

Tablo 4-8 LoD tabanlı afet yönetim modelleri

Seviye	Yaklaşık Ölçek Aralığı	Kullanım Amacı
LoD 2–3	1:250.000 – 1:100.000	Fay zonları, taşkın havzaları, bölgesel tehlike yayılım senaryoları ve sosyal kırılganlık indeksleri gibi makro temsillerin üretimi. MARAP kapsamındaki bölgesel analizlerde kullanılır.
LoD 4–5	1:25.000 – 1:5.000	İl ve ilçe düzeyinde kritik altyapı (hastane, okul, tahliye alanı) konumları, mahalle bazlı afet riski analizleri, ulaşım ağlarının süreklilik değerlendirmeleri. İRAP kapsamında tahliye ve acil müdahale planlamalarında kullanılır.
LoD 6 ve üzeri	1:5.000 – 1:1.000 ve altı	Bina tipi, yaşı, taşıyıcı sistem özellikleri gibi yapı ölçekli detaylarla hasar tahmini, can kaybı modellemesi, tahliye simülasyonları, mikrozonlama ve parsel bazlı risk değerlendirmeleri. PARAP düzeyinde detay analizlerde kullanılır.

4.9.1.2 Ölçeklendirme Yaklaşımı ve Tematik Uyum

MARAP gibi kapsamlı afet risk azaltma planlarında, analiz ölçeği seçimi hem mekânsal veri çözünürlüğü hem de modelleme doğruluğu açısından dikkatlice belirlenmelidir. Teknik olarak, kullanılan ölçek; veri kaynaklarının detay seviyesi, analiz edilecek tehlike ve risk türlerinin gereksinimleri ile uygulanabilir senaryo çeşitliliği gibi faktörleri karşılayacak biçimde seçilmelidir.

Tablo 4-9, planlama düzeyine göre önerilen ölçek ve analiz kapsamını bütüncül olarak sunmaktadır:

Tablo 4-9 Planlama düzeyine göre ölçek ve tematik kapsam

Planlama Düzeyi	Ölçek Aralığı	Tematik Kapsam / Analiz Düzeyi
Bölgesel	1:50.000 – 1:250.000	İl bazında afet yayılım zonları, risk yoğunluğu haritaları, kırılganlık eğilimleri, stratejik senaryo planlaması.
Kentsel	1:10.000 – 1:25.000	Mahalle bazlı risk dağılımı, altyapı kesintileri, kentsel dönüşüm öncelik alanları, barınma lojistiği.
Yerel / Parsel	1:1.000 – 1:5.000	Yapı bazlı hasar görebilirlik, zemin sıvılaşma riski, bina içi tahliye rotaları, mikro bölgeleme ve bina güçlendirme önerileri.

4.9.1.3 Entegratif Değerlendirme

Bu çok düzeyli yapı, yalnızca görsel haritalama açısından değil; aynı zamanda dinamik modelleme, kaynak planlaması ve gerçek zamanlı karar destek süreçleri için de kritik bir altyapıdır. Özellikle:

- **Bölgesel LoD ve ölçek yapıları**, afet türlerinin mekânsal yayılımı ve sosyal kırılganlık gibi makro verilerin genelleştirilmesiyle MARAP'ın stratejik yönünü destekler.
- **Kentsel seviyede**, tahliye ve hizmet erişimi analizleri CBS destekli senaryolarla detaylandırılarak İRAP ölçeğinde uygulanabilir hale gelir.
- **Yerel düzeyde ise**, mikro mekânsal kararlar (örneğin, bina önceliklendirme, tahliye sırası, müdahale noktaları) LoD6+ seviyelerinde ayrıntılı olarak modellenebilir.

Bu bağlamda, CBS sistemlerinin afet yönetimine entegre edilmesinde LoD tabanlı veri modellemesi; önleyici strateji geliştirme, kaynak tahsisi ve gerçek zamanlı müdahale etkinliği açısından kilit bir rol oynamaktadır.

LoD yapısı, günümüz CBS uygulamalarının yalnızca görselleştirme bileşeni değil, aynı zamanda bilgi sistemlerinin analitik çekirdeği haline gelmiştir. Özellikle çok ölçekte veri sunumu gerektiren alanlarda — afet risk yönetimi, şehir planlama, çevresel izleme, altyapı yönetimi ve mekânsal karar destek sistemleri gibi — LoD sistematiği, veri erişim verimliliği, analiz hassasiyeti ve işlem performansını eş zamanlı olarak iyileştiren stratejik bir araç olarak değerlendirilmektedir. Afet yönetimi özelinde, LoD yapılandırması senaryo bazlı risk tahmininden, gerçek zamanlı müdahale koordinasyonuna kadar tüm süreçlerde farklı çözünürlüklerde karar destek olanağı sunar. Bölgesel planlamalarda orta ölçekli LoD seviyeleriyle risk eğilimleri belirlenebilirken, yerel müdahale planlarında mikro seviyelerde bina bazlı analizler gerçekleştirilebilir. Bu durum, yalnızca planlamanın değil, müdahale ve iyileştirme süreçlerinin de çok katmanlı ve bütünleşik bir veri altyapısıyla yönetilmesine olanak tanır.

Ulusal ve uluslararası örneklerde olduğu gibi, INSPIRE ve TUCBS gibi SDI projeleri LoD odaklı veri standardizasyonunu desteklemektedir. Türkiye özelinde ise, TUCBS çatısı altında İRAP, MARAP ve TARAP gibi planlama araçlarına entegre şekilde çok düzeyli CBS mimarilerinin kurulması hem veri paylaşımında hem de mekânsal stratejilerin yaygınlaştırılmasında önemli bir potansiyel sunmaktadır. Sonuç olarak, LoD sınıflandırmasının teknik ve yönetsel olarak kurumsallaştırılması, yalnızca harita hizmetlerinin değil; veri odaklı kamu yönetiminin, afet stratejilerinin ve akıllı şehir uygulamalarının da başarısını doğrudan etkileyecek temel bir bileşen olarak değerlendirilmelidir.

4.9.2 Harita Sunum Stratejileri

MARAP haritalarının sunumunda hem klasik hem de dijital yöntemler kullanılmalıdır. Klasik haritalar, afet durumlarında hızlı erişim ve dayanıklılık sağlarken, dijital haritalar kullanıcılar arasında interaktivite ve detaylı analizler için bir platform sunar. Bu iki yöntemin bir arada kullanılması, afet yönetimi süreçlerinde kapsamlı ve esnek bir yaklaşımın benimsenmesine olanak tanıyacaktır. Örneğin, dijital haritalar üzerinden veri güncellemeleri ve senaryo tahminleri yapılabilirken, basılı haritalar özellikle saha çalışmaları ve acil durumlarda kritik bir rol oynayacaktır.

4.9.2.1 Klasik Harita Sunumu

Basılı haritalar, özellikle afet durumlarında elektrik kesintisi gibi durumlarda önemli bir bilgi kaynağıdır. Bu nedenle, bölgesel ve kentsel ölçekte basılı haritalar hazırlanmalı ve ilgili kurumların (belediyeler, valilikler, AFAD) kullanımına sunulmalıdır. Basılı haritaların tasarımında, okunabilirlik, anlaşılırlık ve taşınabilirlik gibi faktörler ön planda tutulmalıdır.

- **Bölgesel Ölçekte Klasik Harita Sunumu (1:50.000 - 1:250.000):** Bu ölçekteki basılı haritalar, Marmara Bölgesi'nin genel afet risk durumunu göstermek için kullanılabilir. Fay hatlarının bölgedeki dağılımı, olası deprem senaryoları, tsunami risk alanları, büyük su kaynakları ve taşkın risk alanları gibi bilgiler bu haritalarda yer alabilir. Ayrıca, bölgedeki idari sınırlar, önemli ulaşım hatları ve kritik altyapı tesisleri de gösterilerek, afet durumunda koordinasyonun sağlanmasına yardımcı olunabilir. Bu haritalar, bölgesel afet planlarının hazırlanmasında ve güncellenmesinde önemli bir rol oynayabilir. Özellikle AFAD, valilikler ve büyükşehir belediyeleri gibi kurumlar, bu haritaları kullanarak bölgesel risk değerlendirmesi yapabilir ve afet müdahale stratejilerini belirleyebilir.
- **Kentsel Ölçekte Klasik Harita Sunumu (1:10.000 - 1:25.000):** Bu ölçekteki basılı haritalar, şehirlerin içindeki afet risklerini daha detaylı bir şekilde göstermek için kullanılabilir. Mahalle bazında zemin sıvılaşma riski, bina hasar görebilirlik durumları, acil toplanma alanları, hastaneler, itfaiye istasyonları gibi kritik tesislerin konumları bu haritalarda yer alabilir. Ayrıca, ulaşım ağındaki olası aksaklıklar, köprülerin ve viyadüklerin durumu gibi bilgiler de gösterilerek, afet

durumunda tahliye ve kurtarma çalışmalarının planlanmasına yardımcı olunabilir. Bu haritalar, belediyeler, ilçe kaymakamlıkları ve ilgili sivil toplum kuruluşları tarafından kullanılabilir. Özellikle kentsel dönüşüm projeleri ve acil durum planları için önemli bir bilgi kaynağı olabilir.

Klasik Harita Sunumunda Dikkat Edilmesi Gerekenler:

- **Okunabilirlik**: Haritaların üzerindeki yazıların ve sembollerin kolayca okunabilir olması sağlanmalıdır.
- **Anlaşılırlık**: Haritaların üzerindeki bilgilerin açık ve anlaşılır bir şekilde sunulması gerekmektedir. Karmaşık teknik terimlerden kaçınılmalı ve gerekirse ek açıklamalar veya lejantlar kullanılmalıdır.
- **Taşınabilirlik**: Haritaların kolayca taşınabilir ve saklanabilir olması önemlidir. Özellikle afet durumlarında hızlıca erişilebilir olmaları için uygun boyutlarda ve malzemelerde üretilmelidirler.
- **Dayanıklılık**: Haritaların suya, yırtılmaya ve diğer dış etkenlere karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Bu nedenle, uygun baskı teknikleri ve malzemeler kullanılmalıdır.
- **Güncellenme Sıklığı**: Haritaların düzenli olarak güncellenmesi ve yeni verilerle desteklenmesi önemlidir. Özellikle kentsel alanlardaki hızlı değişimler göz önünde bulundurularak, haritaların güncelliği sağlanmalıdır.

4.9.2.2 Dijital Harita Sunumu

CBS tabanlı dijital haritalar, interaktif özellikleri vasıtasıyla kullanıcıların farklı ölçeklerde ve detay seviyelerinde bilgiye erişmesini sağlar. MARAP kapsamında geliştirilecek dijital harita platformu aşağıdaki özellikleri içermelidir:

- **Hiyerarşik Ölçeklendirme:** Kullanıcıların haritayı yakınlaştırıp uzaklaştırarak farklı detay seviyelerine erişmesini sağlayan bir yapıda olmalıdır. Bu sayede, kullanıcılar hem bölgesel riskleri hem de yerel riskleri aynı platform üzerinden inceleyebilir.
- **Seviye 0 (1:1.000.000 - 1:5.000.000):** Marmara Bölgesi'nin genel görünümünü sunar. Bu seviyede, bölgenin coğrafi sınırları, ana fay hatları, büyük şehirler ve önemli su kütleleri gibi temel bilgiler yer alır.
- **Seviye 1 (1:250.000 - 1:1.000.000):** Bölgedeki illerin sınırları, önemli karayolları ve demiryolları, büyük nehirler ve barajlar gibi bilgiler detaylanır.
- **Seviye 2 (1:50.000 - 1:250.000):** İllerin içindeki ilçeler, önemli sanayi bölgeleri, orman alanları ve tarım arazileri gibi bilgiler daha ayrıntılı olarak gösterilir.
- **Seviye 3 (1:10.000 - 1:50.000):** İlçelerin içindeki mahalleler, ana caddeler, önemli kamu binaları, hastaneler, okullar ve itfaiye istasyonları gibi bilgiler yer alır.

- **Seviye 4 (1:1.000 - 1:10.000):** Mahallelerdeki sokaklar, binalar, parklar, acil toplanma alanları ve bina hasar görebilirlik durumları gibi en ince detaylar sunulur.

Her bir seviye, bir önceki seviyenin daha detaylı bir görünümünü sunar. Kullanıcılar, ilgilendikleri bölgeye yakınlaştıkça daha fazla ayrıntıya ulaşabilirler. Bu özellik, kullanıcıların farklı ihtiyaçlarına ve bilgi düzeylerine göre haritayı kullanmalarını sağlar. Örneğin, bir afet yöneticisi bölgesel riskleri incelerken 1. veya 2. seviyeyi kullanırken, bir vatandaş kendi mahallesindeki risk durumunu öğrenmek için 4. seviyeye kadar yakınlaşabilir.

- **Katmanlı Yapı:** Farklı tematik bilgilerin (örneğin, fay hatları, zemin özellikleri, bina hasar görebilirliği) farklı katmanlarda sunulması, kullanıcıların istedikleri bilgilere odaklanmasını kolaylaştırır.
    - ***Fay Hatları Katmanı:*** Bölgedeki aktif ve pasif fay hatlarının konumları, uzunlukları, derinlikleri ve olası deprem büyüklükleri gibi bilgiler yer alır.
    - ***Zemin Özellikleri Katmanı:*** Zeminin jeolojik yapısı, sıvılaşma riski olan alanlar, zemin hakim periyodu gibi bilgiler sunulur.
    - ***Bina Hasar Görebilirlik Katmanı:*** Binaların yaşı, yapım malzemesi, kat sayısı gibi özelliklerine göre hasar görebilirlik düzeyleri gösterilir.
    - ***Altyapı Katmanı:*** Ulaşım ağındaki köprüler, viyadükler, tüneller, enerji nakil hatları, su ve kanalizasyon şebekeleri gibi kritik altyapı tesislerinin konumları ve durumları yer alır.
    - ***Acil Durum Tesisleri Katmanı:*** Hastaneler, itfaiye istasyonları, arama kurtarma ekiplerinin konuşlanma yerleri, acil toplanma alanları ve geçici barınma merkezleri gibi tesislerin konumları ve kapasiteleri gösterilir.

Her bir katman, kullanıcıların harita üzerindeki belirli bir konuya odaklanmasını sağlar. Kullanıcılar, istedikleri katmanları açıp kapatarak haritayı özelleştirebilir ve ihtiyaç duydukları bilgilere daha hızlı ulaşabilirler. Örneğin, bir kullanıcı sadece fay hatları ve zemin özellikleri katmanlarını açarak deprem riskini değerlendirebilirken, bir başka kullanıcı bina hasar görebilirlik ve acil durum tesisleri katmanlarını açarak afet durumunda nereye gidebileceğini öğrenebilir.

- **Veri Sorgulama ve Analiz Araçları:** Kullanıcıların harita üzerindeki verilere sorgular sorabilmesini (örneğin, "Bu bölgedeki binaların ortalama hasar görebilirlik düzeyi nedir?") ve basit analizler yapabilmesini (örneğin, "En riskli bölgeler hangileridir?") sağlayan araçlar içermelidir.
    - ***Sorgulama Araçları:*** Kullanıcıların harita üzerindeki belirli bir konumu veya alanı seçerek o bölgeyle ilgili detaylı bilgi almasını sağlar. Örneğin, bir kullanıcı bir mahalleyi seçerek o mahalledeki binaların ortalama yaşı, kat sayısı ve hasar görebilirlik düzeyi gibi bilgilere ulaşabilir.

- ***Analiz Araçları:*** Kullanıcıların harita üzerindeki verileri kullanarak basit analizler yapmasını sağlar. Örneğin, bir kullanıcı farklı bölgelerdeki zemin sıvılaşma riskini karşılaştırabilir veya en riskli bölgeleri belirleyebilir.
- ***Mekânsal İstatistik Araçları:*** Kullanıcıların harita üzerindeki verilerin dağılımını ve yoğunluğunu analiz etmesini sağlar. Örneğin, bir kullanıcı hasarlı binaların yoğunlaştığı bölgeleri tespit edebilir veya deprem sonrası hasarın mekânsal örüntüsünü inceleyebilir.
- ***Senaryo Modelleme Araçları:*** Kullanıcıların farklı afet senaryolarının etkilerini harita üzerinde görmesini sağlar. Örneğin, bir kullanıcı farklı büyüklükteki depremlerin binalar üzerindeki etkisini simüle edebilir veya tsunami risk alanlarını görebilir.

- **Mobil Uyumlu Tasarım:** Harita platformunun, farklı cihazlarda (bilgisayar, tablet, akıllı telefon) sorunsuz bir şekilde çalışmasının temin edilmesi gerekmektedir. Bu sayede, afet durumlarında sahada çalışan ekiplerin ve vatandaşların da haritalara kolayca erişmesi sağlanır.
  - ***Duyarlı Tasarım:*** Web sitesinin veya uygulamanın ekran boyutuna göre otomatik olarak uyum sağlamasıdır. Bu sayede, farklı cihazlarda aynı içeriğin sorunsuz bir şekilde görüntülenmesi ve kullanılması mümkün olmaktadır.
  - ***Mobil Uygulama:*** Harita platformunun mobil uygulama olarak da geliştirilmesi, kullanıcıların platforma daha hızlı ve kolay bir şekilde erişim sağlamasına yardımcı olacaktır. Mobil uygulama, çevrimdışı kullanım özelliği de sunabilir, bu da afet durumlarında internet erişimi kesildiğinde bile haritalara erişimi mümkün kılar.
  - ***Hafif ve Hızlı Yüklenme:*** Mobil cihazlarda internet hızı genellikle daha düşük olduğundan, harita platformunun hafif ve hızlı yüklenmesi önem arz etmektedir. Bu, kullanıcıların beklemeden haritalara erişmesini sağlar.
  - ***Kullanıcı Dostu Arayüz:*** Mobil cihazların küçük ekranları göz önünde bulundurularak, harita platformunun kullanıcı dostu ve kolayca kullanılabilir bir arayüze sahip olması gerekmektedir.
- **Açık Veri ve Standartlar:** Harita platformunda kullanılan veriler ve teknolojiler, açık standartlara uygun olmalı ve mümkün olduğunca açık veri kaynaklarından yararlanılmalıdır. Bu sayede, farklı kurumlar ve araştırmacılar tarafından da kullanılabilir ve geliştirilebilir.
  - ***Açık Veri Kaynakları:*** Devlet kurumları, üniversiteler ve araştırma kuruluşları tarafından sağlanan ücretsiz ve serbestçe kullanılabilir coğrafi verilerdir. Örneğin, Türkiye'deki fay hatları haritası, zemin haritaları, uydu görüntüleri gibi veriler açık veri kaynaklarından elde edilebilir.
  - ***Açık Standartlar:*** Farklı yazılım ve donanım sistemlerinin birbiriyle uyumlu çalışmasını sağlayan standartlardır. Örneğin, GeoJSON, WMS, WFS gibi

standartlar, coğrafi verilerin farklı platformlarda sorunsuz bir şekilde paylaşılmasını ve kullanılmasını sağlar.

- ***Veri Paylaşım Politikaları:*** Kurumlar arasında veri paylaşımını kolaylaştıran ve teşvik eden politikaların oluşturulmasıdır. Bu politikalar, veri paylaşımının nasıl yapılacağını, hangi formatların kullanılacağını ve veri güvenliğinin nasıl sağlanacağını belirler.
- ***Topluluk Katkısı:*** Harita platformunun geliştirilmesine ve güncellenmesine kullanıcıların ve gönüllülerin katılımının sağlanmasıdır. Bu, platformun daha zengin ve güncel olmasını sağlar.

4.9.3 LoD Tabanlı Afet Yönetimi Yaklaşımının MARAP İçin Gerekçelendirilmesi

Türkiye genelinde uygulanacak olan Marmara Bölgesi Afet Risk Azaltma Planı (MARAP), yalnızca bölgesel ihtiyaçlara değil, aynı zamanda ulusal mekânsal veri politikalarına da uyumlu olmak zorundadır. Bu bağlamda, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) tarafından tanımlanan ölçek ve çözünürlük düzeyleri, MARAP kapsamında geliştirilecek tüm CBS tabanlı analizlerin teknik referansı olarak kabul edilmelidir. Bu tür bir uyum, mekânsal verilerin standardizasyonu ve afet yönetiminde etkin veri paylaşımı için kritik bir öneme sahiptir.

TUCBS, mekânsal verilerin kullanım amacına göre sınıflandırıldığı hiyerarşik bir çözünürlük ve ölçek sistematiği sunmaktadır. Bu düzeyler, 1. Düzey (yüksek çözünürlük, 1:1.000–1:5.000) gibi ayrıntılı analizler için tasarlanmış olanlardan başlayarak, 4. Düzey (düşük çözünürlük, 1:100.000–1:250.000) gibi daha genel analizlere yönelik olanlara kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Bu sınıflandırma, mekânsal verilerin hassasiyet, doğruluk ve içerik derecesini belirlemek için bilimsel tabanlı bir yaklaşımı temsil etmektedir. Örneğin, 1. Düzey veriler, bina tabanlı analizler veya detaylı altyapı değerlendirmeleri için kullanılabilirken, 4. Düzey daha geniş kapsamlı, makro düzeyde bölgesel analizler için uygundur.

MARAP, planlama ve analiz süreçlerinde detaylı bir LoD (Detay Düzeyi) tabanlı yaklaşım benimsemektedir. Detay düzeyi (LoD), mekânsal temsilin geometrik ve semantik karmaşıklığını tanımlayan konseptler arasında yer alır. Bu, afet yönetimi bağlamında kritik önem taşır çünkü farklı LoD'ler, belirli senaryoların gereksinimlerini karşılayacak şekilde veri çözümlerine olanak tanır. Örneğin, yüksek LoD düzeyleri (ör., LoD6+) bina hasar analizlerinde veya tahliye simülasyonlarında kullanılabilirken, daha düşük LoD düzeyleri bölgesel risk değerlendirmelerinde veya doğal kaynakların yönetiminde tercih edilir.

Dolayısıyla, MARAP içerisinde planlanan LoD tabanlı afet yönetimi modeli ve mekânsal analiz altyapısı, TUCBS ile uyumlu ölçek-düzey hiyerarşisini temel almalıdır (Tablo 4-10). Bu sadece teknik bütünlük açısından değil, aynı zamanda mekânsal veri entegrasyonu, kurumlar arası iş birliği ve gelecekteki Mekânsal Veri

Altyapısı (SDI) senkronizasyonu açısından da zorunluluk teşkil etmektedir. Böyle bir yapının benimsenmesi, afetlere müdahale süreçlerinde daha etkili, hızlı ve doğru kararlar alınmasını doğrudan destekleyecektir.

Tablo 4-10 MARAP İçin TUCBS-Uyumlu LoD Tabanlı Afet Yönetimi Modeli

TUCBS Düzeyi	*Çözünürlük Aralığı*	*Ölçek Aralığı*	*LoD Karşılığı*	*MARAP Kullanım Örneği*
1. Düzey	< 0.5 m	1:1.000 – 1:5.000	LoD6+	Parsel-bazlı bina hasar analizleri, tahliye güzergahları, mikrozonlama, yapı performans modellemesi
2. Düzey	0.5 – 2.5 m	1:5.000 – 1:25.000	LoD4–5	İlçe/mahalle düzeyi altyapı risk analizi, geçici barınma alanları planlaması, kentsel kırılganlık
3. Düzey	2.5 – 10 m	1:25.000 – 1:100.000	LoD3	Bölgesel kritik tesislerin yayılımı, tahliye senaryoları, kara yolları erişim analizleri
4. Düzey	>10 m	1:100.000 – 1:250.000	LoD2	Marmara alt bölgelerinin afet yayılım senaryoları, sosyal kırılganlık zonlaması, TARAP entegrasyonu

Bu eşleştirme, TUCBS'nin çözünürlük hassasiyetlerine dayalı olarak CBS veri katmanlarının üretimi, sunumu ve güncellenmesinde bütüncül ve standartlaştırılmış bir yapı kurulmasını sağlar. Veri katmanlarının bu şekilde organize edilmesi, afet risk yönetimi ve müdahale senaryolarında kullanılan haritaların doğruluğunu ve etkinliğini artırır. Aynı zamanda, MARAP'ın İRAP, BARAP ve TARAP ile entegre edilebilirliğini teknik açıdan garanti altına alarak, ölçeklendirme yöntemlerinin çeşitli afet türleri için uyumlu ve tutarlı olmasını sağlar. Bu yaklaşım, bilimsel doğruluk ve tematik bütünlük hedefleri doğrultusunda MARAP'ın bölgesel ve ulusal düzeydeki uygulamalarını daha etkili hale getirir.

MARAP İçin Ölçeklendirme Yaklaşımı ve Tematik Uyum

Ölçeklendirme, yalnızca görselleştirme tekniklerinden biri olmanın ötesinde, afet türüne özgü risk dağılımını, müdahale stratejilerini ve kırılganlık analizlerini doğru bir şekilde modellemeyi sağlayan kritik bir bilimsel yaklaşımdır. Bu süreç, haritalama ve veri entegrasyonunda kullanılan ölçeklerin sosyal, fiziksel ve ekonomik etkenleri karşılayacak şekilde optimize edilmesini gerektirir. TUCBS'nin dört düzeyli sistematiği, her bir afet türüne özgü senaryoların bilimsel doğrulukla ele alınmasını mümkün kılarak MARAP için sağlam bir metodolojik çerçeve sunmaktadır. Ölçeklendirme, ayrıca veri katmanlarının uyumluluğunu artırırken, senaryolara dayalı etki tahminlerinin ve müdahale planlarının daha kesin hale gelmesi için gerekli olan tematik bütünlüğü destekler. Bu doğrultuda, ölçek-tematik eşleştirmeler ve veri entegrasyonunun bilimsel detayları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo 4-11):

Tablo 4-11 MARAP Kapsamında Ölçeklendirme, Tematik Veri Kullanımı ve TUCBS Düzeyleri ile Uyum İlişkisi

Tematik Kullanım	***Önerilen Ölçek***	***Veri Katmanı***
Sosyal kırılganlık ve afet yayılım senaryoları	1:100.000 – 1:250.000	Bölgesel zonlama haritaları (TUCBS 4. düzey)
Kritik altyapı erişimi ve tahliye analizleri	1:25.000 – 1:5.000	Ulaşım, sağlık, barınma erişim katmanları (2. düzey)
Yapı bazlı hasar tahmini ve mikro-zonlama	1:5.000 – 1:1.000	Bina envanteri, parsel verisi, taşıyıcı sistem (1. düzey)

Sonuç ve Stratejik Öneriler

MARAP, yalnızca bölgesel bir afet planlama aracı olmaktan öte, Türkiye'nin mekânsal veri altyapısına tam entegre edilmiş ilk çok düzeyli afet yönetimi modeli olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, modelin bilimsel altyapısını güçlendirmek ve uygulama etkinliğini artırmak için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

- **TUCBS'nin Çözünürlük ve Ölçek Entegrasyonu:** MARAP veri üretim süreçleri, TUCBS'nin (Türkiye Ulusal Coğrafi Veri Altyapısı) farklı çözünürlük ve ölçek düzeylerini referans alarak tasarlanmalıdır. Bu entegrasyon, coğrafi veri doğruluğunu artıracak ve afet risk zonlama çalışmalarında daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.
- **CBS Tabanlı Modelleme ve LoD Yapısının Uyumu:** Mekânsal analiz ve senaryo modelleme sistemleri, TUCBS uyumlu LoD (Level of Detail) yapısı ile desteklenmelidir. Özellikle mikrozonlama ve yapı bazlı hasar tahmini gibi kritik analiz aşamalarında, yüksek detay düzeyleri kullanılarak daha spesifik ve öngörülebilir modeller oluşturulabilir.
- **Afet Türüne Özgü Veri Çözünürlükleri:** MARAP, farklı afet türleri için özelleştirilmiş veri çözünürlükleri ile çalışmalıdır. Örneğin, deprem senaryo modellemelerinde yapı bazlı analizler için yüksek çözünürlüklü bina envanterleri ve taşıyıcı sistem verileri kullanılırken, sel risk değerlendirmelerinde hidrolojik modelleme ve DEM (Dijital Yükseklik Modeli) verilerinin önemi artırılmalıdır.
- **Karar Destek Sistemleri ve Entegrasyon:** Veri çözünürlükleri ile senaryo modelleme araçları arasında doğrudan bir entegrasyon geliştirilmelidir. Bu, karar destek sistemlerinin afet yönetimi süreçlerinde daha proaktif bir rol oynamasını sağlayacak ve müdahale stratejilerinin doğruluğunu artıracaktır.
- **Bilimsel ve Teknolojik Yenilikler:** MARAP, uluslararası afet yönetimi modellerini (örnek: FEMA Risk MAP) referans alarak, CBS tabanlı teknolojileri

ve analiz yöntemlerini içerecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu sayede, Türkiye'nin afet risk yönetimindeki bilimsel kapasitesi uluslararası standartlara taşınabilir.

Bu öneriler doğrultusunda MARAP, yalnızca bir bölgesel afet planı değil, aynı zamanda Türkiye'nin kurumsal veri standartlarına entegre edilmiş, yenilikçi ve ölçeklendirilebilir bir afet risk yönetim sistemi olarak uygulanabilir hale gelecektir. Ayrıca, bilimsel ve uygulama temelli veriye dayalı karar alma süreçlerini etkinleştiren bir platforma dönüşme potansiyeline sahiptir.

4.10 Afet Risk Haritalarında Ölçek Tercihi Üzerine Genel Değerlendirme

Afet risk haritaları, yalnızca mekânsal tehlike temsili değil; aynı zamanda karar destek sistemlerinin doğruluğunu, yönetişim kademelerinin entegrasyon kabiliyetini ve müdahale stratejilerinin etkililiğini doğrudan belirleyen kritik teknik araçlardır. Bu bağlamda **ölçek tercihi**, afet risk planlamasında teknik, yönetsel ve stratejik düzeylerin kesişim noktasında konumlanmakta hem riskin doğru temsilini hem de alınacak tedbirlerin uygulanabilirliğini yönlendirmektedir. Ölçek tercihine dair nihai yaklaşım, üç temel eksende ele alınmalıdır:

4.10.1 Analitik Çözünürlük – Riskin Mekânsal Doğruluğu

Her afet türü, kendi doğasına özgü bir yayılım geometrisine, etkilenme dinamiğine ve karmaşık etkileşimlere sahiptir. Deprem, sel, heyelan veya fırtına gibi afetlerin etki alanı, süresi, yönü ve yoğunluğu yalnızca fiziksel özelliklere değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik faktörlere de bağlıdır. Bu farklılıklar, ölçek bazlı afet planlaması yaparken dikkate alınması gereken önemli unsurlardır. Örneğin, yerel düzeyde bir sel tehlikesini simüle etmek için kullanılan haritalar, bu olayın bölgesel hidrolojik yayılımını anlamak için mikro ölçekte detaylandırılabilir. Buna karşın, depremler sırasında fay hatlarının kırılma potansiyelini ve zemin sıvılaşması gibi kritik bilgileri değerlendirmek açısından daha geniş çözünürlüklerde haritalara ihtiyaç duyulur. Bu bağlamda, afet senaryoları için uygun ölçeklerin seçimi hem teknik doğruluk hem de müdahale stratejilerinin etkinliği açısından belirleyici bir rol oynar.

a) **Deprem senaryolarında** yer-bilimsel mikro zonlama ve yapı performansı analizleri, özellikle zemin mekaniği, sismotektonik özellikler ve yapısal dayanıklılık kapsamında değerlendirildiğinde, 1/5.000 – 1/10.000 ölçeklerde anlamlı ve detaylı sonuçlar üretmektedir. Bu ölçekler, zemin sıvılaşması, kaya düşmesi ve fay hattı kırılma potansiyelinin doğru bir şekilde haritalanmasını sağlamaktadır. Ayrıca, bu tür analizler, yapıların deprem performansını artırmaya yönelik mühendislik çözümlerinin uygulanmasında kritik rol oynamaktadır.

b) **Taşkın ve tsunami** gibi hidrolik yayılım tabanlı afetlerin modellemesi, 1/25.000 – 1/50.000 ölçeklerde yapılan sayısal simülasyonlarla (örneğin HEC-RAS, MIKE-FLOOD gibi yazılımlar) en doğru çıktıları vermektedir. Bu ölçekler, suyun

yayılma hızı, etki alanı ve maruz kalan bölgelerin değerlendirilmesi açısından gerekli çözünürlüğü sağlamaktadır. Özellikle kıyı bölgelerinde tsunami etkilerinin detaylandırılması, bu ölçeklerde yapılan modelleme çalışmaları ile büyük ölçüde iyileştirilebilir.

c) **Sosyal kırılganlık haritaları** ise demografik, ekonomik ve altyapı göstergeleri gibi çoklu veri katmanlarının entegrasyonu sayesinde, toplumun risklere maruz kalma ve bunlara yanıt verme kapasitesini değerlendirme açısından kritik bir araçtır. Bu tür analizler, bölgesel ve ulusal düzeyde politika geliştirme süreçlerine doğrudan katkı sağlayabilecek nitelikte olup, 1/100.000 gibi mezo ölçeklerde daha sağlıklı bir mekânsal temsil ve analiz yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu ölçekler, aynı zamanda sosyal hizmetlerin eşit dağılımı ve erişilebilirliği gibi karar destek süreçlerine de ışık tutmaktadır.

Uluslararası örneklerde bu teknik gereksinimler doğrultusunda ölçekler şu şekilde kullanılmıştır:

a) **FEMA Risk MAP:** Farklı tehlike türlerini kapsamlı bir şekilde ele alan FEMA Risk MAP, veri çözünürlüğüne göre dinamik ölçekleme yaparak 1:24.000 - 1:12.000 raster çözünürlükte haritalar üretir. Bu sistem, mühendislik düzeyinde detaylı analizler sağlayarak hem yerel hem de ulusal düzeyde karar destek mekanizmalarına katkıda bulunur. Özellikle, sel sigorta oran haritaları gibi stratejik planlama araçlarıyla afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerini destekler.

b) **Japonya MLIT:** Japonya'nın Altyapı, Ulaşım ve Turizm Bakanlığı (MLIT), 1/25.000 ve daha küçük ölçeklerde mikro zonlama ile senaryo modelleme yaparak deprem ve tsunami gibi doğal afetlere yönelik yüksek hassasiyetli çalışmalar yürütmektedir. Bu yaklaşım, altyapı tasarımı ve afet müdahale stratejileri için kritik bilgiler sağlamaktadır. MLIT, ayrıca bölgesel risk faktörlerini detaylandırarak topluluk bazlı risk azaltma politikaları geliştirmektedir.

c) **Copernicus RRM:** Avrupa'nın Copernicus Acil Durum Yönetimi Servisi (RRM), uydu görüntülerinden yararlanarak 5–10 m çözünürlüğünde raster üretimi gerçekleştirmektedir. Bu çözünürlük, 1/25.000 – 1/50.000 ölçeklerine eş değer haritalar oluşturmayı mümkün kılar. Copernicus RRM, özellikle geniş alanları kapsayan afet senaryolarında gerek duyulan mekânsal doğruluk ve veri entegrasyonu açısından büyük avantajlar sunar. Kapsadığı tehlikeler arasında yangın, sel ve orman kaybı gibi durumlar yer alır.

d) **RiskScape:** Yeni Zelanda'nın RiskScape platformu, senaryo bazlı çözünürlük önerisi sunarak kullanıcıların afet türüne ve etkilenme derecesine göre özelleştirilmiş haritalar üretmesini kolaylaştırır. Modüler yapısı sayesinde, tehlike analizinden sosyal kırılganlıklara kadar geniş bir yelpazede veri odaklı çözümlemeler gerçekleştirilir. Sistem, yerel karar vericilerin hızlı ve etkili eylem planları geliştirmelerine olanak tanır.

e) **ReRisk (İtalya):** İtalya'nın ReRisk platformu, birden fazla tehlikenin tek bir entegre sistemde analiz edilmesini sağlar. Bu sistem, özellikle çoklu tehlike entegre raster temsili için 1/10.000 - 1/25.000 ölçeklerini kullanarak detaylı çalışmalar yürütür. Hem yapı hasar modellemesi hem de sosyal hizmet erişimi için uygun veri çözünürlüğü sunar. ReRisk, bu kapsamda, ulusal ve bölgesel afet yönetim politikalarına doğrudan katkıda bulunur.

f) **NDMA (Hindistan):** Hindistan Ulusal Afet Yönetim Kurumu (NDMA), kritik altyapı ve sosyal hizmet erişimi analizleri için 1/50.000 ölçekli risk yoğunluk haritaları üretir. Bu haritalar, özellikle tahliye planları, lojistik merkezler ve sağlık hizmetleri koordinasyonu gibi afet müdahale süreçlerinde karar destek araçlarını iyileştirmek için kullanılır. NDMA'nın ölçek bazlı yaklaşımı, aynı zamanda kaynakların eşit dağılımını sağlamaya yönelik stratejik bir yol sunmaktadır.

4.10.2 Yönetsel Kapsayıcılık – Karar Destek Entegrasyonu

Her harita ölçeği, belirli uygulama ve analiz ihtiyaçları doğrultusunda optimize edilmiştir. Farklı ölçeklerin bilimsel kullanımı, veri çözünürlüğünün hassasiyetine göre karar üretim mekanizmalarına katkı sağlar. Stratejik karar üretiminde üst ölçekli haritalar (örneğin 1/100.000), bölgesel ve ulusal düzeyde genelleştirilmiş risk dağılımının analizi için yeterli veri sağlar. Bunlar, özellikle yüksek kırılganlık seviyelerine sahip geniş alanların sosyo-ekonomik özelliklerini temsil etmekte kullanılır. Bu ölçeklerde, demografik faktörler, altyapı erişim göstergeleri ve ekonomik kırılganlık indeksleri gibi çoklu veri katmanlarının entegrasyonu büyük önem taşır.

Uygulamaya dönük tedbirlerin planlanmasında ise daha alt ölçekli haritalar (1/25.000 ve altı) gereklidir. Bu ölçekler, fiziksel ve yapısal kırılganlık faktörlerinin detaylı bir şekilde ele alınmasına olanak tanır. Örneğin, sel ve tsunami gibi hidrolik yayılım tabanlı afetlerde suyun yayılma hızını, etkilediği alanı ve maruz kalan bölgelerin analizini doğru bir şekilde gerçekleştirmek için 1/25.000 ölçekli modelleme çalışmaları tercih edilir. Bu modelleme araçları, genellikle HEC-RAS ve MIKE-FLOOD gibi hidrodinamik simülasyon yazılımlarını kullanır. Bu yazılımlar, su akışı ve yayılımı ile ilgili öngörüleri detaylandırmak için fiziksel parametrelerin (örneğin akış derinliği, akış hızı, yatak eğimi) yüksek çözünürlükte temsil edilmesini sağlar.

Türkiye'deki afet yönetim planları için önerilen mekânsal-ölçek sistematiği ise şu şekilde detaylandırılabilir:

a) **TARAP** (Temel Afet Risk Azaltma Planları): 1/250.000 - 1/100.000 ölçek aralığı, bölgesel ve ulusal düzeyde genelleştirilmiş risk dağılım haritaları için yeterlidir. Bu haritalar, sosyo-ekonomik kırılganlık ve afet risk yoğunluğunun geniş bir perspektiften analiz edilmesine olanak tanır.

b) **BARAP** (Bölgesel Afet Risk Azaltma Planları): Bu planlar, hem TARAP ile uyumlu üst ölçek temsiller hem de İRAP'a bilgi sağlayacak detay analizleri içermelidir.

MARAP kapsamında hem bölgesel hem de yerel düzeyde veri çözünürlüğü geçişlerinin sağlıklı bir şekilde yapılması önemlidir.

c) **İRAP** (İl Afet Risk Azaltma Planları): 1/50.000 – 1/25.000 ölçek aralığında ele alınan bu haritalar, yerel düzeyde kırılganlık ve müdahale stratejilerinin yönlendirilmesi için gereklidir. Bu ölçeklerde altyapı hassasiyeti, sağlık erişimi ve tahliye planları gibi kritik parametreler detaylı bir şekilde analiz edilir.

Bu ölçek sistematiği arasında bir geçiş sağlayabilmek için, katmanlar arasında veri doğruluğunu koruyan ve bütünlük sağlayan CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) platformlarının kullanımı kritik rol oynar. Örneğin FEMA Risk MAP, "Work Map" ile mühendislik düzeyi detaylı çözünürlük sunarken, "Flood Insurance Rate Map" ile stratejik planlama ölçeğine hitap etmektedir. Bu tür uygulamalar hem mekânsal doğruluk hem de ölçek geçişlerinde veri kaybını önlemek için uluslararası standartlar çerçevesinde yürütülür.

4.10.3 Yapısal ve Operasyonel Uyum – Planlama ve Müdahale Arayüzü

Afet risk haritası yalnızca risk göstermekle kalmamalı, aynı zamanda afet anında kullanılabilir müdahale planlarını da desteklemelidir. Bu amaçla:

- Tahliye yolları, lojistik merkezler, hastane ve okul erişimi gibi kritik altyapı analizleri, minimum 1/5.000 hassasiyetinde ölçeklerle gerçekleştirilmelidir. Bu tür analizler, özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu şehir merkezlerinde, her bir bölgenin risk altındaki nüfus kapasitesini ve tahliye olanaklarını detaylı bir şekilde belirlemek için kullanılır.
- Yapısal hasar modellemesi ve ekonomik zarar senaryoları için 1/10.000 ve altı çözünürlükte bina temelli veri gereklidir. Bu veri, bina dayanıklılığı, yapı türü ve yaş gibi faktörlerin modelleme çalışmalarına entegre edilmesiyle elde edilir. Özellikle deprem ve sel gibi afetlerde, yapıların maruz kalabileceği potansiyel hasar oranları, bu çözünürlükteki analizle daha yüksek doğrulukla hesaplanabilir.

Bu veriler, daha sonra genelleştirilmiş risk haritalarına entegre edilerek üst planlama ölçeklerinde temsil edilmelidir. Bu süreç, çok katmanlı veri entegrasyonu ve ölçek geçişleri sırasında CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) platformları üzerinden yürütülmektedir. Örneğin, CBS tabanlı RiskScape ve ReRisk modelleri, veri çözünürlüğünü koruyarak ve senaryolar arasında uyum sağlayarak afet müdahale planlarının geliştirilmesine katkıda bulunur. Bu modeller, ayrıca sosyo-ekonomik faktörler, altyapı kırılganlığı ve nüfus hareketliliği gibi verileri bir araya getirerek olası müdahale stratejilerinin simülasyonunu gerçekleştirebilir.

Tüm yukarıda yapılan açıklamalar bağlamında, Türkiye için önerilen afet risk azaltma planlarında mekânsal-harita-ölçek sistematiği aşağıda Tablo 4-12 ve genişletilmiş haliyle de Tablo 4-13'de sunulmuştur.

Tablo 4-12 Afet risk azaltma planlama düzeyleri için öngörülen statik-harita ölçekleri

Planlama Düzeyi	*Önerilen Ölçek*	*Kullanım Amacı*
Üst Stratejik (TARAP)	1/250.000 – 1/100.000	Afet yayılım zonları, bölgesel tehlike eğilim haritaları
Orta Stratejik (BARAP)	1/100.000 – 1/25.000	Senaryo bazlı risk analizi, kırılganlık-zonlama sentezi
Uygulama (İRAP)	1/25.000 – 1/5.000	Müdahale rotaları, tahliye planları, kritik altyapı değerlendirmesi
Teknik Müdahale (PARAP)	1/5.000 – 1/1.000	Parsel bazlı/ Yapı analizi, bina hasar modellemesi, mikro-zonlama

Harita ölçeği, afet risk planlamasında teknik doğruluk ile yönetsel uygulanabilirlik arasındaki dengeyi kuran stratejik bir parametredir. Ölçek seçimi, veri çözünürlüğü, karar düzeyi, afet türü, kullanıcı profili ve ulusal plan hiyerarşisiyle birlikte ele alınmalı; sabit şemalar yerine **ihtiyaca göre ölçek sistematiği** benimsenmelidir. Uluslararası modeller bu yönde evrilmiş, veri temelli ve çok katmanlı analizleri destekleyen esnek yapılar geliştirmiştir. MARAP da bu doğrultuda, **ölçek duyarlı ve veri bütünlüğüne dayalı** bir sistem kurarak Türkiye'nin afet dirençliliğine katkı sağlayacak güçlü bir altyapı oluşturmalıdır.

© Created by ChatGPT (2025)

Tablo 4-13 Afet türleri, planlama ölçeği ve LoD ilişkileri bütünleşik matrisi

	Afet Türü	Afet Grubu	Tematik Başlık	Planlama Ölçeği	LoD 1	LoD 2	LoD 3	LoD 4	LoD 5	LoD 6	Çözünürlük (m)
1	***Deprem***	Jeofiziksel	Zemin davranışı, yapı dayanımı, mikrozonlama analizi	1:1.000 – 1:100.000			X	X	X	X	0.2 – 1 m
2	***Kütle Hareketleri***	Jeofiziksel	Yamaç stabilitesi, kütle hareketi zonlaması	1:1.000 – 1:25.000				X	X		0.2 – 0.5 m
3	***Sel-Taşkın***	Hidrolojik	Hidrolik modelleme, taşkın yayılım senaryoları	1:5.000 – 1:100.000		X	X		X		1 – 5 m
4	***İklim Değişikliği***	İklimsel	İklim senaryoları, uzun dönem etkiler, direnç planlaması	1:25.000 – 1:250.000		X	X				10 – 20 m
5	***Orman Yangınları***	İklimsel	Yanıcı alan risk zonlaması, hızlı müdahale altyapısı	1:5.000 – 1:50.000		X		X			2 – 5 m
6	***Çevre Kirliliği***	İklimsel	Kentsel çevre hassasiyeti, yayılma etkisi modellemesi	1:25.000 – 1:100.000		X			X		5 – 10 m
7	***KBRN***	Teknolojik	Zehirli yayılım, etki alanı haritalama, acil müdahale zonları	1:1.000 – 1:25.000				X			0.5 – 2 m
8	***Endüstriyel Kazalar***	Teknolojik	Kritik tesis analizi, domino etkisi, patlama riski modellemesi	1:1.000 – 1:10.000				X			0.2 – 0.5 m
9	***Maden Kazaları***	Teknolojik	Maden sahası riskleri, acil tahliye planlaması	1:5.000 – 1:25.000				X			1 – 3 m
10	***Tehlikeli Madde Taşımacılığı***	Teknolojik	Taşımacılık güzergahları, lojistik yayılma modellemesi	1:5.000 – 1:25.000				X			1 – 3 m

11	***Ulaşım Kazaları***	Teknolojik	Kaza kara noktaları, ulaştırma kritik bağlantılar	1:5.000 – 1:50.000				X	X		2 – 5 m
12	***Siber Saldırılar***	Teknolojik	Ağ altyapısı güvenliği, veri merkezi kırılganlık analizi	1:5.000 – 1:25.000				X			1 – 3 m
13	***Yangın***	Teknolojik	Konut yangınları, yüksek yoğunluklu yapı riski	1:5.000 – 1:25.000				X			1 – 3 m
14	***Terör Olayları***	Sosyolojik	Toplanma alanları, güvenlik zonlaması, sosyal gerginlik haritalama	1:10.000 – 1:100.000			X				5 – 10 m
15	***Kitlesel Göç***	Sosyolojik	Nüfus hareketliliği, hizmet erişimi, mekânsal dağılım modellemesi	1:25.000 – 1:100.000			X				10 – 20 m
16	***Bulaşıcı ve Salgın Hastalıklar***	Biyolojik	Salgın yayılım senaryoları, sağlık altyapısı kapasitesi	1:5.000 – 1:100.000			X				2 – 5 m
17	***Kuraklık***	Diğer	Meteorolojik kuraklık, toprak çatlama zonlaması	1:25.000 – 1:250.000		X					10 – 25 m
18	***Obruk***	Diğer	Yer altı boşlukları, yerel stabilite analizi	1:10.000 – 1:50.000		X					3 – 7 m
19	***Fırtına***	Diğer	Fırtına zonları, çatı uçması ve yapısal hasar riski	1:10.000 – 1:50.000	X	X					3 – 7 m

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu rapor, **MARAP** projesinin ilk iş paketi olan **"İP-1: Literatür Taraması ve Kavramsal Çerçeve Oluşturma"** kapsamında yürütülen çalışmaların bilimsel bir sentezi olarak, Marmara Bölgesi özelinde afet risk azaltma planlamalarına temel teşkil edecek stratejik, normatif, kurumsal ve teknik yapıların sistematik bir analizini kapsamlı biçimde sunmaktadır. İlgili iş paketi, sadece mevcut durumun tespitiyle sınırlı kalmayıp aynı zamanda risk yönetimi sistemlerinin dönüşümüne katkı sağlayabilecek yapısal modellerin de geliştirilmesine olanak tanımıştır. Bu doğrultuda yürütülen çalışmalar, afet risklerinin doğası gereği çok boyutlu ve çok aktörlü bir yaklaşımla ele alınmasını zorunlu kılan modern afet yönetimi paradigmaları doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Ulusal düzeyde geçerli olan TARAP, TAMP ve İRAP gibi planlama belgeleri ile Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi (), Hyogo Eylem Planı, AB SEVESO III Direktifi ve IPCC gibi uluslararası belgeler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş; MARAP'ın bu belgelerle ilişkisel uyumu, entegrasyon kapasitesi ve dönüştürücü potansiyeli akademik bir bakış açısıyla analiz edilmiştir. Bu bağlamda, MARAP'ın hem yatayda sektörel sistemler arası bağlantıları kurabilecek hem de dikeyde yerel, bölgesel ve ulusal ölçekli planlar arasında bütünleştirici bir mekanizma olarak işlev görebileceği ortaya konmuştur.

Ayrıca, MARAP'ın yalnızca bir afet müdahale programı değil; risklerin azaltılmasını önceleyen, kırılganlıkları yöneten ve dirençlilik inşa eden çok katmanlı bir sistem önerdiği vurgulanmaktadır. Bu yaklaşım doğrultusunda, mekânsal karar destek sistemleri, çok ölçütlü senaryo analizleri, kritik altyapı kırılganlık modellemeleri ve CBS tabanlı önceliklendirme yöntemleri detaylı şekilde incelenmiş ve MARAP'ın bu yapılarla nasıl bütünleşebileceği açıklanmıştır.

Çalışmaların tümü, bilimsel metodolojiye dayalı bir sistematik içinde yürütülmüş; nitel ve nicel veri kaynakları bir arada değerlendirilerek risk yönetimi alanındaki disiplinlerarası bilgi birikimiyle sentezlenmiştir. Literatür taraması; akademik yayınlar, teknik raporlar, politika belgeleri ve uygulama rehberleri üzerinden gerçekleştirilmiş; elde edilen bulgular MARAP için bir rehber dokümana dönüştürülmüştür.

Sonuç olarak, bu rapor kısmı yalnızca geçmiş bilgilerin bir araya getirilmesini değil, aynı zamanda MARAP'ın gelecek fazlarında kullanılabilecek uygulama modellerinin teorik temelini oluşturmayı da amaçlamaktadır. Rapor, afet risk azaltma planlamalarında bilimsel tabana dayalı, veri odaklı ve karar vericiler için yol gösterici bir kavramsal çerçeve sunarak, MARAP'ın uzun vadeli başarısına katkı sağlayacak bir yapı ortaya koymaktadır.

Raporun sonuçları, MARAP projesinin kurumsal ve bilimsel hedefleri doğrultusunda derinlemesine analiz edilerek çok boyutlu bir yapıda ele alınmış ve aşağıdaki ana temalar altında kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Her bir başlık,

yalnızca mevcut durumu betimlemekle kalmamakta, aynı zamanda gelecekteki eylem ve politika geliştirme süreçlerine yön verecek özgün çıktılar sunmaktadır. Bu başlıklar, MARAP'ın genel hedefleriyle uyumlu biçimde mekânsal karar destek sistemlerinin gelişimi, risk azaltma stratejilerinin uygulanabilirliği ve kurumsal eşgüdümün sağlanabilirliği gibi temel unsurları içermektedir. Ayrıca bu sonuçlar hem bilimsel derinlik hem de yönetişim boyutunda MARAP'ın ulusal düzeyde örnek teşkil edebilecek bir model olma potansiyelini de yansıtmaktadır:

a) **Kavramsal Bütünlük ve Uyum**

MARAP'ın, afet risklerinin azaltılmasına yönelik küresel yaklaşım ve normatif çerçevelerle tam uyum içerisinde yapılandırılabileceği yapılan analizlerle açıkça ortaya konmuştur. Özellikle Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi, Hyogo Eylem Planı, IPCC'nin iklim riski raporları ve Avrupa Birliği SEVESO III Direktifi gibi uluslararası ölçekte kabul görmüş belge ve stratejiler; MARAP'ın temel felsefesi, amaçları ve uygulama kurgusuyla yapısal ve kavramsal açıdan örtüşmektedir. Bu belgelerde vurgulanan temel ilkeler olan önleyicilik, çok sektörlü iş birliği, bilgiye dayalı karar alma ve dirençliliğin artırılması gibi prensipler, MARAP'ın metodolojik çerçevesine doğrudan yansıtılmıştır. Bu bağlamda MARAP, sadece Türkiye için değil, afet risk azaltımı alanında küresel ölçekte model teşkil edebilecek potansiyele sahiptir. Ayrıca, MARAP'ın bu belgelere dayanarak geliştirdiği çok aktörlü yönetim yapısı, veri temelli risk analizi sistematiği, kırılganlık odaklı yaklaşımları ve sürdürülebilir dirençlilik hedefleri, onu diğer uluslararası uygulamalara entegre edilebilir bir çerçeveye kavuşturmaktadır. MARAP'ın bu yönüyle sadece bölgesel bir planlama aracı değil, aynı zamanda küresel afet risk azaltma politikalarına da entegre olabilen, bilgi paylaşımına açık, dış donör destekli projelerde referans olarak değerlendirilebilecek örnek bir uygulama olduğu görülmektedir.

b) Ulusal Planlarla Entegrasyon

Türkiye'de afet risk yönetimi sistematiği, çeşitli ulusal plan ve stratejiler aracılığıyla şekillenmektedir. TAMP (Türkiye Afet Müdahale Planı), TARAP (Türkiye Afet Risk Azaltma Planı) ve İRAP'lar (İl Risk Azaltma Planları) bu kapsamda öne çıkan üç temel plandır. Yapılan analizlerde, MARAP'ın bu ulusal planlama yapılarıyla kavramsal, yönetsel ve teknik düzeylerde önemli ölçüde tamamlayıcılık ilişkisi içinde olduğu görülmüştür. Özellikle MARAP'ın mekânsal temelli bir yapıya sahip olması, diğer planlarda daha sınırlı biçimde ele alınan mekânsal risk dağılımı, veri temelli önceliklendirme ve bölgesel analiz yaklaşımlarına stratejik bir derinlik kazandırmaktadır.

Ancak bu tamamlayıcılığa rağmen, söz konusu planlar arasında hem yatay (sektörler ve kurumlar arası) hem de dikey (ulusal-bölgesel-yerel ölçekler arasında) eşgüdümün sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut uygulamalarda, afet risklerinin bölge-üstü ölçekte sistematik bir şekilde ele alınmaması; planlama süreçlerinde birbirinden kopuk, veri paylaşımı sınırlı ve çoğu zaman sadece prosedürel olarak birbirine bağlanan uygulamaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Bu noktada MARAP, yalnızca kendi bölgesel çıktılarıyla değil, aynı zamanda bu planların birbirleriyle daha uyumlu çalışabilmesi için ihtiyaç duyulan stratejik bağlayıcı mekanizmayı temsil etmektedir. MARAP'ın hem içerik hem yapı olarak TAMP ile acil müdahale koordinasyonu bağlamında, TARAP ile stratejik hedeflerin bölgesel detaylandırılması anlamında, İRAP'larla ise yerel ölçekli analizlerin üst ölçekte yorumlanması açısından çok önemli bir ara düzlem sunduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle MARAP, ulusal planlama sistematiği içerisinde yatay ve dikey entegrasyonu sağlayacak bir 'bütünleştirici platform' olarak konumlandırılmalı ve bu rolü kurumsal çerçevede de tanımlanmalıdır.

c) Bölgesel Planlama Boşluğu ve BARAP Önerisi

MARAP süreci boyunca yapılan analizlerde, Türkiye'nin afet risk azaltma planlama yapısında ulusal strateji belgeleri ile yerel planlar (İRAP'lar) arasında bir planlama basamağının eksik olduğu tespit edilmiştir. Bu eksiklik, afet risklerinin bölgesel ölçekte bütüncül bir şekilde değerlendirilmesini zorlaştırmakta; mekânsal, sektörel ve yönetsel düzeylerde parçalı yaklaşımların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum, özellikle Marmara gibi yüksek nüfus yoğunluğuna, sanayi yoğunluğuna ve altyapı çeşitliliğine sahip kritik bölgelerde, risklerin kapsamlı biçimde analiz edilmesini ve koordineli müdahale stratejilerinin geliştirilmesini güçleştirmektedir.

Bu bağlamda MARAP, bölgesel düzeyde bir planlama modeli olarak önemli bir boşluğu doldurma potansiyeli taşımaktadır. MARAP tarafından geliştirilen yaklaşım, farklı illeri kapsayan ama tekil il sınırlarının ötesine geçen, mekânsal olarak entegre bir karar destek çerçevesi ortaya koymuştur. Bu yaklaşım doğrultusunda, "Bölgesel Afet Risk Azaltma Planı (BARAP)" adıyla yeni bir planlama mekanizması önerilmektedir. BARAP, iller üstü-ülke altı düzeyde, çok paydaşlı, veri temelli ve senaryo bazlı bir planlama yaklaşımı olarak düşünülmüştür. BARAP'ın oluşturulması, MARAP'ta elde edilen kavramsal yapı, metodoloji ve teknik analizlerin yasal ve yönetsel bir çatı altına alınarak süreklilik kazandırılması açısından kritik öneme sahiptir.

Bu çerçevede BARAP; hem ulusal planların bölgesel uygulama detaylarını yönetebilir, hem de iller arası eşgüdüm gerektiren durumlarda stratejik yönlendirme sağlayabilir. Özellikle sanayi kümelenmeleri, ulaştırma koridorları, enerji altyapısı gibi bölgesel nitelik taşıyan sistemlerin afetlere karşı korunması için BARAP düzeyinde geliştirilecek eylem planlarının, yerel ölçeğin sınırlarını aşan risk senaryolarını daha etkili yönetebileceği değerlendirilmektedir. Bu yönüyle BARAP önerisi, MARAP'ın stratejik çıktılarından biri olarak, afet yönetiminde yeni bir planlama ölçeğinin yasal zemine oturtulmasına yönelik somut bir katkı sunmaktadır.

d) Kritik Altyapı Riskleri

Günümüzün karmaşık ve birbirine bağlı şehirleşme yapılarında, afetlerin etkilerinin sadece doğrudan fiziksel hasarla sınırlı kalmadığı, aynı zamanda hizmetlerin sürekliliğini sağlayan altyapı sistemleri üzerinde zincirleme ve çok

boyutlu etkiler doğurduğu görülmektedir. Bu bağlamda MARAP kapsamında enerji üretim ve dağıtım sistemleri, ulaşım ağları, haberleşme altyapıları, sağlık hizmet sunum birimleri, içme suyu ve kanalizasyon sistemleri, gıda tedarik zincirleri gibi hayati altyapı sistemlerinin kırılganlık düzeyleri ve bu sistemler arasındaki karşılıklı bağımlılık ilişkileri çok yönlü biçimde analiz edilmiştir.

Kritik altyapılar arasındaki bu karşılıklı bağımlılıklar, afet sonrası meydana gelebilecek domino etkilerini tetikleyebilecek potansiyele sahiptir. Örneğin, bir deprem sonrası elektrik dağıtım sisteminde meydana gelecek bir kesinti; haberleşme sistemlerinden sağlık altyapısına, ulaşımdan su arıtma tesislerine kadar çok sayıda hizmetin işlevsiz hale gelmesine neden olabilir. Bu nedenle MARAP bünyesinde geliştirilen değerlendirme çerçevesi, kritik altyapıların yalnızca kendi kırılganlıklarıyla değil; aynı zamanda diğer sistemler üzerindeki etkileriyle birlikte değerlendirilmesini önermektedir.

Bu bağlamda önerilen yaklaşım; kritik altyapıların mekânsal envanterlerinin çıkarılması, her bir altyapı sisteminin risk duyarlılığına göre sınıflandırılması, fiziksel ve işlevsel önceliklendirme matrislerinin oluşturulması ve bu bilgiler doğrultusunda senaryo tabanlı çok katmanlı etki modellemelerinin yapılması yönündedir. Ayrıca, CBS tabanlı risk haritaları aracılığıyla bu altyapıların afet tehditleri karşısındaki konumsal dağılımlarının görselleştirilmesi ve karar destek süreçlerine entegrasyonu sağlanmalıdır.

MARAP çalışmaları sonucunda ulaşılan en temel bulgulardan biri; Türkiye'de afet risk yönetiminde kritik altyapı sistemlerinin ayrı bir disiplin olarak ele alınmasının artık kaçınılmaz olduğudur. Bu sistemlerin planlaması, korunması, müdahale öncelikleri ve yeniden inşa süreçlerinin, yalnızca teknik mühendislik yaklaşımlarıyla değil; aynı zamanda mekânsal analizler, yönetim bilimleri ve politika tasarımı gibi disiplinlerin katkısıyla ele alınması gerekmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, MARAP'ın çok aktörlü ve çok katmanlı afet yönetimi vizyonunun da temelini oluşturmaktadır.

e) CBS Tabanlı Risk Değerlendirmesi

MARAP kapsamında gerçekleştirilen analizlerde, afet risklerinin mekânsal olarak modellenmesi, değerlendirilmesi ve izlenmesi süreçlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinin hayati bir rol oynadığı açıkça ortaya konmuştur. CBS, afet öncesi hazırlık, afet anı yönetimi ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinde mekânsal veri odaklı karar alma mekanizmalarının kurulmasını mümkün kılmaktadır. Özellikle uzaktan algılama verileri, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, insansız hava araçları (İHA) ile elde edilen haritalama verileri, sensör ağları (IoT) ve yapay zeka destekli analiz sistemleri; MARAP'ın karar destek sistemlerinin etkinliğini önemli ölçüde artırabilecek teknolojik bileşenlerdir.

Bu kapsamda, afet türlerine göre özelleştirilmiş veri setlerinin oluşturulması, bu verilerin CBS ortamında senaryo tabanlı analizlerle işlenmesi ve görsel çıktılara dönüştürülmesi hem yönetsel hem teknik karar alıcılar için önemli bir kapasite sunmaktadır. Ayrıca, MARAP'ın dijital ikiz temelli mekânsal izleme altyapısı ile

entegre olabilecek gerçek zamanlı veri akışı sağlayan sistemlerin geliştirilmesi, risk dinamiklerinin anlık olarak izlenmesine olanak tanıyacaktır.

CBS temelli analizlerin bir diğer önemli boyutu da çok ölçütlü karar destek mekanizmaları ile birlikte çalışabilmesidir. Bu sayede sadece tehlike parametreleri değil, aynı zamanda kırılganlık, maruziyet ve kapasite değişkenleri de eş zamanlı değerlendirilerek daha kapsamlı risk analizleri yapılabilmektedir. MARAP için önerilen CBS modelleri, afet tehlike haritalarının üretimi, risk önceliklendirme çalışmaları, afet etki alanlarının öngörülebilmesi ve müdahale planlarının coğrafi olarak yönlendirilmesi gibi birçok alanda doğrudan kullanılabilir uygulamalar ortaya koymaktadır. Sonuçta, CBS'nin MARAP kapsamında sadece bir haritalama aracı değil; aynı zamanda karar verme süreçlerinin temel bileşeni olan, mekânsal-zamansal verilerin bütünleşik biçimde yönetilebildiği ve senaryo analizlerinin yapılabildiği çok yönlü bir karar destek platformu olduğu vurgulanmalıdır.

f) Veri Standartları ve LoD Kavramı

MARAP kapsamında gerçekleştirilen analizlerde, afet risk değerlendirmesi süreçlerinin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için standartlaştırılmış, uyumlu ve çok katmanlı veri yapılarının geliştirilmesi gerektiği açıkça ortaya konmuştur. Bu bağlamda, her bir afet türü için uygun mekânsal veri çözünürlüğü, planlama ölçeği ve analiz detayı kavramlarının birlikte tanımlanması büyük önem taşımaktadır. Farklı tehlike senaryoları için riskin doğru temsil edilmesi, sadece olayın meydana gelme olasılığına değil, aynı zamanda etkilenme düzeyine ilişkin mekânsal doğruluk ve ayrıntı seviyesine de bağlıdır.

Bu gereksinimi karşılamak üzere MARAP literatür çalışmaları kapsamında, afet türlerine özgü olarak önerilen planlama ölçekleri ve bu ölçeklere uygun veri çözünürlükleri sistematik bir biçimde tanımlanmış, analiz seviyeleri (Level of Detail – LoD) üzerinden bu yapıların operasyonel hale getirilebilmesi için çerçeve önerileri sunulmuştur. Örneğin, bir deprem riski için 1:25.000 veya daha büyük ölçekli haritalama çalışmaları önerilirken; ani taşkın riskleri için 1:5.000 veya daha hassas çözünürlükteki arazi modeli ve bina bilgisi gerektiren veri mimarilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

LoD kavramı çerçevesinde; LoD1 düzeyinde genel bina konturları ve temel arazi kullanımı bilgileri, LoD2 düzeyinde çatı şekli, bina yüksekliği gibi mimari detaylar, LoD3 düzeyinde pencere ve giriş düzeyinde üç boyutlu geometrik modelleme, LoD4 düzeyinde iç mekân bilgileriyle desteklenmiş BIM verileri gibi ayrıntı seviyelerine karşılık gelecek veri hiyerarşileri kurgulanmıştır. Bu yapıların MARAP kapsamında uygulanabilirliği, farklı senaryolara göre test edilerek; hangi afet türü ve coğrafi bağlamda hangi düzeyde verinin yeterli veya zorunlu olduğu tanımlanmıştır.

Buna bağlı olarak, MARAP uygulamalarında kullanılacak mekânsal verilerin yalnızca teknik formatlarıyla değil, aynı zamanda semantik anlam içerikleri, güncellik düzeyleri, kaynak güvenilirlikleri ve paylaşım standartları da tanımlanmalıdır. Bu

süreç, MARAP'ın çok aktörlü veri altyapısını ortak bir platformda yönetebilmesi ve karar vericilerin ihtiyaç duyduğu veri analizlerini etkin şekilde sunabilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Sonuç olarak, veri standardizasyonu, çözünürlük ve detay seviyesi ilişkileri MARAP için sadece teknik bir konu değil; aynı zamanda kurumsal koordinasyon, planlama etkinliği ve afet yönetiminde zamanlı karar alma yeteneği açısından stratejik bir bileşendir. Bu kapsamda, veri altyapısının ulusal CBS standartlarıyla uyumlu şekilde tasarlanması ve sürekli güncellenebilir yapıda tutulması önerilmektedir.

g) İzleme ve Değerlendirme Sistemi Oluşturulması

Afet risk azaltma çalışmalarının etkinliğini sistematik bir şekilde ölçmek, bu çalışmaların zaman içinde nasıl geliştiğini anlamak ve sürekli iyileştirmeyi sağlamak amacıyla kapsamlı bir izleme ve değerlendirme sistemi oluşturulmalıdır. Bu sistem, sadece sayısal verileri değil, aynı zamanda niteliksel bilgileri de içermelidir. Bu sistem, afet risk azaltma stratejilerinin ve planlarının uygulanmasının her aşamasında (risk değerlendirme, risk azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme) etkin bir şekilde işleyebilmelidir.

İzleme ve değerlendirme sistemi, öncelikle belirlenen hedeflere ulaşma düzeyini düzenli olarak raporlamalıdır. Bu hedefler, afet risk azaltma planlarının çıktıları, sonuçları ve etkileri ile ilgili olabilir. Örneğin, azaltılan riskli yapı sayısı, düzenlenen eğitim programlarına katılan kişi sayısı, erken uyarı sistemlerinin performansı veya afet sonrası iyileştirme hızındaki artış gibi göstergeler kullanılabilir. Sistemin bir diğer önemli işlevi, gerçekleştirilen faaliyetlerin etkisini değerlendirmektir. Bu değerlendirme, faaliyetlerin hedeflere ne ölçüde katkı sağladığını, beklenen sonuçları verip vermediğini ve herhangi bir olumsuz yan etkisinin olup olmadığını anlamayı içerir. Örneğin, düzenlenen bir bilinçlendirme kampanyasının toplumun afetlere karşı farkındalığını ne kadar artırdığı veya yapılan altyapı güçlendirme çalışmalarının afet durumunda can ve mal kaybını ne kadar azalttığı değerlendirilebilir.

İzleme ve değerlendirme süreci, karşılaşılan sorunları ve zorlukları da sistematik olarak belgelemeli ve analiz etmelidir. Bu analiz, sorunların nedenlerini anlamayı, tekrarlanmasını önlemek için alınması gereken önlemleri belirlemeyi ve gelecekteki planlamaya girdi sağlamayı amaçlar. Örneğin, kaynak yetersizliği, kurumlar arası koordinasyon eksikliği, toplumun katılımının sağlanamaması veya mevzuatın uygulanmasındaki zorluklar gibi sorunlar ele alınabilir.

İzleme ve değerlendirme sistemi, sadece nicel verilerle sınırlı kalmamalıdır. Nitel veriler de sistemin önemli bir parçası olmalıdır. Bu, paydaşların (etkilenen topluluklar, yerel yönetimler, sivil toplum kuruluşları, uzmanlar vb.) görüşlerini, memnuniyet düzeylerini, katılım durumlarını, deneyimlerini ve algılarını toplamayı ve analiz etmeyi içerir. Nitel veri toplama yöntemleri arasında anketler, odak grup görüşmeleri, derinlemesine mülakatlar ve vaka incelemeleri yer alabilir. Bu veriler,

afet risk azaltma çalışmalarının toplumsal etkisini anlamak, politika ve uygulamaları iyileştirmek ve hesap verebilirliği artırmak için değerlidir.

İzleme ve değerlendirme sonuçları, politika yapıcılar ve uygulayıcılar tarafından dikkatle incelenmeli ve gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Bu, politika ve stratejilerin gözden geçirilmesini, programların ve projelerin yeniden tasarlanmasını, kaynakların yeniden tahsis edilmesini veya yeni önlemlerin alınmasını içerebilir. İzleme ve değerlendirme, öğrenen bir organizasyon kültürünü teşvik etmeli ve sürekli iyileştirme sürecine katkıda bulunmalıdır.

h) Mevzuat ve Kurumsal Yönetişim

Türkiye'nin afet yönetimi sistemi, Anayasa ve ilgili kanunlar ile belirlenmiş bir dizi yasal çerçeveye dayanmaktadır. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) öncülüğünde şekillenen bu sistem; 5902 sayılı Kanun, 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Hakkında Kanun, 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun gibi birçok mevzuat ile tanımlanmış görev, yetki ve sorumluluk alanlarını kapsamaktadır. Bu yasal yapı, genel olarak afet öncesi, afet anı ve sonrası olmak üzere üç temel safhada faaliyet gösteren kurumsal mekanizmaları düzenlemektedir. Ancak yapılan analizler, bu mevzuat yapısının özellikle bölgesel düzeyde bütüncül bir planlamaya olanak vermediğini; kurumsal yetki karmaşası, veri paylaşımı eksiklikleri ve koordinasyon zayıflıkları gibi sorunların varlığını sürdürdüğünü ortaya koymuştur.

MARAP kapsamında gerçekleştirilen değerlendirmelerde, mevcut mevzuat yapısının büyük ölçüde afet sonrası müdahaleye odaklandığı, afet öncesi risk azaltımı ve bölgesel senaryo temelli önlem planlamaları için yeterince yönlendirici olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, endüstriyel ve teknolojik risklerin değerlendirilmesinde BEKRA Yönetmeliği gibi sınırlı uygulamalara başvurulmakta, bu alanlar genel afet mevzuatıyla bütüncül bir biçimde entegre edilememektedir. Özellikle SEVESO III Direktifi gibi Avrupa Birliği düzenlemelerine uyum kapsamında geliştirilen bazı belgeler, ulusal düzeyde uygulama birliği sağlanamadığı için pratikte beklenen etkiyi yaratamamaktadır.

Kurumsal yönetişim açısından bakıldığında, afet yönetiminde merkeziyetçi bir yapı dikkat çekmektedir. Yerel yönetimler ve bölgesel aktörler çoğu zaman karar alma süreçlerinde yeterince yer almamakta, bu da sahadaki uygulama gücünü ve esnekliğini sınırlamaktadır. MARAP bu noktada, çok aktörlü yönetişim modelini ön plana çıkararak, bölgesel düzeyde strateji geliştirme, kaynak tahsisi ve uygulama süreçlerinde daha dengeli ve kapsayıcı bir yapının gerekliliğine işaret etmektedir. Bu kapsamda önerilen BARAP yaklaşımı da, yalnızca yeni bir planlama ölçeği değil, aynı zamanda yetki ve sorumluluk paylaşımının yeniden yapılandırılmasını gündeme getiren kurumsal bir reform önerisidir.

Ayrıca, veri paylaşımı ve birlikte çalışabilirlik açısından da kurumsal düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Afetle ilgili kritik verilerin tek elde toplanması, standartlara göre paylaşılması ve ulusal CBS altyapısıyla entegre biçimde

sunulması yönünde hâlihazırda belirgin boşluklar mevcuttur. Bu durum, hem bilimsel analizlerin sağlıklı yürütülmesini hem de karar destek sistemlerinin etkinliğini olumsuz yönde etkilemektedir. MARAP çerçevesinde bu eksikliklere dikkat çekilerek, kurumsal veri yönetişiminin yasal temellere oturtulması ve paydaşlar arası protokollerle desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Bu değerlendirmeler ışığında, afet yönetimi mevzuatının sadece güncellenmesi değil; aynı zamanda stratejik risk planlaması, kurumsal iş birliği mekanizmaları, bölgesel yetki devri, veri paylaşımı ve afet öncesi hazırlık süreçlerinin yeniden yapılandırılmasına yönelik reform odaklı yaklaşımlarla dönüştürülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Böylece MARAP, yalnızca teknik değil, aynı zamanda yönetişimsel bir dönüşümün de zeminini oluşturmaktadır.

Bu bulgular ışığında aşağıdaki öneriler geliştirilmektedir:

MARAP çıktılarının kurumsallaştırılması: MARAP kapsamında elde edilen veriler, kavramsal çerçeve ve yöntemsel yaklaşımlar, yalnızca proje bazlı değil; kalıcı ve kurumsal bir çatı altında değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, MARAP çıktılarının AFAD başta olmak üzere ilgili bakanlıklar, belediyeler ve valilikler nezdinde politika üretim süreçlerine entegre edilmesi sağlanmalıdır. Aynı zamanda, bu çıktılar ilgili stratejik belgelerde yer alacak şekilde mevzuat bazlı karşılık bulmalıdır.

BARAP çerçevesinin mevzuatlaştırılması ve yönetsel yetkilendirme: Bölgesel düzeyde stratejik planlama eksikliğini giderme hedefiyle önerilen BARAP yaklaşımı, yalnızca teknik bir model değil, aynı zamanda yönetişimsel bir yapı olarak da değerlendirilmelidir. Bu nedenle, BARAP için yasal bir zemin oluşturulmalı, bölgesel düzeyde afet risk planlamasından sorumlu olacak kurum ve kuruluşların görev, yetki ve sorumlulukları açıkça tanımlanmalıdır.

CBS, Yapay Zekâ ve IoT teknolojilerinin sistematik entegrasyonu: MARAP tarafından önerilen dijital çözümler doğrultusunda, Coğrafi Bilgi Sistemleri, IoT tabanlı sensör ağları ve yapay zekâ destekli analiz mekanizmaları, kurumsal afet yönetimi altyapısına entegre edilmeli; bu teknolojiler aracılığıyla karar verme süreçleri gerçek zamanlı, veri temelli ve senaryo odaklı hale getirilmelidir. Ayrıca bu alanlarda uzman insan kaynağının yetiştirilmesi ve desteklenmesi stratejik öncelik olarak değerlendirilmelidir.

Kritik altyapılar için sektörel rehberler ve risk atlasları hazırlanması: Enerji, su, haberleşme, ulaştırma gibi kritik altyapı sistemlerine yönelik risk ve kırılganlık analizlerinin sektör bazında rehber dokümanlara dönüştürülmesi; bu dokümanların CBS destekli risk haritaları ve müdahale planlarıyla desteklenmesi önerilmektedir. Aynı zamanda, bu bilgiler iller arası paylaşımı mümkün kılacak şekilde merkezi bir veri tabanına entegre edilmelidir.

Afet türü-ölçek-LoD ilişkisine dayalı planlama rehberlerinin geliştirilmesi: Her afet türü için hangi ölçeklerde, hangi detay seviyelerinde (LoD) ve hangi veri

kaynakları ile çalışılması gerektiğini tanımlayan teknik dokümanlar hazırlanmalı; bu belgeler yerel yönetimler, mühendislik firmaları, danışmanlık şirketleri ve kamu kurumlarına yönelik rehber formatında yayımlanmalıdır.

Kurumsal veri yönetişimi ve birlikte çalışabilirlik protokolleri: Afet yönetimi kapsamında üretilen ve kullanılan verilerin standartlara uygun biçimde paylaşılabilmesi için kamu kurumları arasında kurumsal protokoller geliştirilmeli, veri sahipliği, güncellik, güvenlik ve erişim kriterleri ortak çerçevede belirlenmelidir. Bu süreçte, Ulusal CBS (TUCBS) yapısıyla bütünleşik bir veri mimarisi oluşturulmalıdır.

Eğitim, kapasite geliştirme ve farkındalık programları: MARAP'ın stratejik bileşenlerinin yalnızca teknik raporlarla sınırlı kalmaması, aynı zamanda uygulayıcı paydaşlar arasında yaygınlaştırılması için sürekli eğitim ve kapasite geliştirme faaliyetleri yürütülmelidir. Üniversiteler, meslek odaları ve kamu kurumları iş birliğiyle afet risk azaltımına dair sürekli öğrenme ve uzmanlaşma ortamları oluşturulmalıdır.

Sonuç olarak, bu rapor MARAP'ın bilgi altyapısını oluşturan ilk aşamayı temsil etmekte olup, projenin gelecekteki tüm uygulama safhaları için bilimsel, kavramsal ve operasyonel bir çerçeve sunmaktadır. Elde edilen bulgular ve geliştirilen öneriler, mevcut durumun analizini kapsamlı bir şekilde ortaya koymanın yanı sıra, MARAP'ın ileri fazlarında gerçekleştirilecek çeşitli eylem planlamaları, senaryo üretimi, izleme-değerlendirme sistemleri ve karar destek modellerinin şekillendirilmesinde de kritik bir rol oynayacaktır. Bu bağlamda, MARAP yalnızca bir proje değil, afet risk yönetimi alanında uzun vadeli bir dönüşümün temel taşı olma potansiyelini taşımaktadır.

Raporun bütünsel değerlendirmesi ışığında, MARAP'ın bölgesel afet risk azaltma stratejilerinin kurumsal kapasiteye, ileri teknolojik altyapıya ve çok aktörlü iş birliğine dayalı bir şekilde geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu doğrultuda, projenin çıktılarının; afet yönetiminde yenilikçi yaklaşımların teşvik edilmesi, uluslararası standartlara uygun veri paylaşımı protokollerinin oluşturulması ve bölgesel düzeyde daha etkin bir yönetim mekanizmasının inşa edilmesi gibi birçok kritik alanda stratejik bir kaynak olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca MARAP çıktılarının afet yönetimi mevzuatına entegre edilerek, bu alandaki yasal zeminlerin güçlendirilmesi gerekliliği de önemle belirtilmektedir.

MARAP'ın oluşturduğu kavramsal çerçevenin yalnızca Marmara Bölgesi ile sınırlı kalmayıp, Türkiye'nin diğer bölgelerine yaygınlaştırılabilir nitelikte olması, modelin ölçeklenebilirliği ve ulusal düzeyde uygulanabilirliği açısından dikkate değerdir. Bu yönüyle MARAP, afet risklerinin yalnızca yönetilen değil, aynı zamanda önceden öngörülen, azaltılan ve küresel standartlarla paralel bir anlayışla ele alındığı yeni nesil bir risk yönetimi modelinin habercisi olarak değerlendirilmektedir. Proje, afet risk azaltımı alanında uluslararası etkileşim ve karşılıklı bilgi paylaşımı fırsatlarını da artırabilir.

Tüm bu çerçevede, MARAP projesinin çıktılarının ilgili kamu kurumları, özel sektör, akademik çevreler ve karar vericiler tarafından sahiplenilmesi; bu çıktılar doğrultusunda kurumsal yapıların, mevzuat düzenlemelerinin ve teknolojik altyapıların geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, üniversiteler ve meslek odaları iş birliğiyle yürütülecek sürekli eğitim programları ve kapasite geliştirme faaliyetleri, MARAP'ın stratejik bileşenlerinin sahada uygulanabilirliğini artırabilir. Bu tür programlar, yerel yönetimler ve afet müdahale ekipleri için uzun vadede sürdürülebilir bir öğrenme ve uzmanlaşma ortamı sağlayacaktır.

Böylelikle MARAP, yalnızca Marmara Bölgesi'nin değil, Türkiye'nin afetlere karşı dirençli bir toplum ve mekânsal yapı oluşturma hedeflerine doğrudan katkı sunabilecek güçlü bir araç olarak işlev görecektir. Önerilerin uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesi ve sonuçların izlenmesi için kapsamlı bir izleme-değerlendirme sistemi kurulması da projenin etkinliğini artıracak temel bir adım olarak görülebilir. MARAP, bu şekilde Türkiye'nin afet yönetimi sistemine yenilikçi bir vizyon kazandırırken, uluslararası örneklerle kıyaslanabilir bir model oluşturma potansiyeline sahiptir.

Bu rapor, Marmara Bölgesi'nin afet risklerini azaltmak ve bölgeyi daha güvenli ve dirençli hale getirmek için önemli bir adım atmıştır. Raporun bulguları ve önerileri, afet risk azaltma planlaması ve uygulaması için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Ancak, afet risk azaltma çalışmaları sürekli bir süreçtir ve değişen koşullara göre güncellenmeli ve geliştirilmelidir. Bu nedenle, raporun önerilerinin hayata geçirilmesi, izlenmesi ve değerlendirilmesi, afet risk azaltma çalışmalarının başarısı için kritik önem taşımaktadır. Afetlere karşı dirençli bir toplum oluşturmak, sadece teknik bir sorun değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve politik bir sorumluluktur. Bu nedenle, afet risk azaltma çalışmaları, toplumun tüm kesimlerinin katılımını ve desteğini gerektirmektedir. Afet risk azaltma, sürdürülebilir kalkınmanın ayrılmaz bir parçasıdır ve bu nedenle, tüm kalkınma planlarına entegre edilmelidir. Afet risk azaltma, aynı zamanda, gelecek nesillere daha güvenli ve yaşanabilir bir dünya bırakmanın da temel bir gereğidir. Afet risk azaltma çalışmaları, aynı zamanda, afetlere maruz kalan toplulukların iyileşme sürecini hızlandırmayı ve onların normale dönmelerine yardımcı olmayı da amaçlamalıdır.

6 KAYNAKLAR

Aerospace Industries Association (2023). *FireGuard: Integrated wildfire detection and response*. https://www.aia-aerospace.org

AFAD (2014). *Kritik Altyapıların Korunması Yol Haritası (2014–2023)*. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

AFAD (2021a). *Faz 2 İzmir Enerji Sektörü Kritik Altyapılar Raporu*. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

AFAD (2021d). *Faz 3 Enerji Sektörü Kılavuzu ve SWOT Analizi*. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

AFAD (2025). *AFAD-KAY Değerlendirme Raporu*. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2014). 2014-2023 büyük endüstriyel kazalar yol haritası belgesi.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2019). Stratejik Plan 2019-2023.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2022). Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP). Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2024). İdare Faaliyet Raporu.

AFET, V. A. D. B. (2018). 2014-2023 Teknolojik Afetler Yol Haritası Belgesi.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, & İçişleri Bakanlığı. (2019, 2 Mart). Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması hakkında yönetmelik (Sayı: 30702). Resmî Gazete.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, & İçişleri Bakanlığı. (2019). Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması hakkında yönetmelik ekleri. Resmî Gazete.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2019, 19 Nisan). Büyük endüstriyel kazalarla ilgili hazırlanacak güvenlik raporu tebliği (Sayı: 30750). Resmî Gazete.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2019, 2 Mart). Büyük kaza senaryo dokümanı tebliği (Sayı: 30702). Resmî Gazete. (Yürürlük tarihi: 1 Temmuz 2020).

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2019, 2 Mart). Dâhili acil durum planları hakkında tebliğ (Sayı: 30702 mükerrer). Resmî Gazete.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2019). Büyük kaza önleme politika belgesi tebliği.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2019). Büyük kaza senaryo dokümanı tebliği eki.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (t.y.). Dâhili acil durum planları hakkında tebliğ - Ek.

Akkar, S., & Yakut, A. (2005). Generating fragility curves for Turkish mid-rise and low-rise RC buildings. Earthquake Engineering Research Center, Middle East Technical University.

Alkış, S., Aksoy, E., & Akpınar, K. (2021). Risk Assessment of Industrial Fires for Surrounding Vulnerable Facilities Using a Multi-Criteria Decision Support Approach and GIS. Fire, 4(3), 53. https://doi.org/10.3390/fire4030053

Allen, R. M., Crowell, B. W., Given, D. D., Hartog, J. R., & McGuire, T. J. (2024). Bay Area earthquake readiness plan: Integrated early warning and community resilience. *Seismological Research Letters*, *95*(1), 123–135.

Antonioni, G., Spadoni, G., & Cozzani, V. (2009). Application of domino effect quantitative risk assessment to an extended industrial area. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22(5), 614-624.

Arup & First Street Foundation (2023). Risk and losses methodology. First Street Foundation.

Asian Disaster Preparedness Center & UNDRR (2020). Disaster risk reduction in Australia: Status report 2020. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

Australian Government (2020). *National emergency risk assessment guidelines (NERAG)*. Australian Institute for Disaster Resilience.

Australian Government Department of Health and Aged Care (2024). National health and climate strategy implementation plan, 2024–2028. Interim Australian Centre for Disease Control.

Australian Government National Emergency Management Agency (2023). The second national action plan to implement the National Disaster Risk Reduction Framework.

Australian Institute for Disaster Resilience (2018). *Managing the floodplain: Best practices*.

Australian Institute for Disaster Resilience (2020). National emergency risk assessment guidelines (2nd ed., updated). Commonwealth of Australia.

Avrupa Çevre Ajansı (2024, 16 Şubat). Seveso establishments reporting: Data model documentation (Version 0.3). https://eionet.europa.eu/reportnet/seveso

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2007). Risk Mapping of Industrial Hazards in New Member States. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/EN/content/minerva/30f66f75-9903-40eb-b29a-8ea063599c9c/risk_mapping_of_hazardous_installations

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2008). SIS03: Compliance drivers and barriers Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/EN/content/minerva/9f955039-4eb2-407b-9bbe-6940b0f4792e/sis03compliancedriversandbarrierspdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2012). Chemical accident preparedness and response: Lessons from hydrogen accidents (MAHBulletin No. 1). Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/llb01hydrogenpdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2012). Lessons Learned Bulletin No. 2: Major accidents involving contractors. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/llb02contractorspdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2013). Chemical accident preparedness and response: Major accidents with significant environmental impact (MAHBulletin No. 3). Avrupa Birliği.

https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/mahb_bulletin_no3_final_forthewebpdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2013). Lessons Learned Bulletin No. 4: Corrosion-related accidents and their prevention. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/mahb_bulletin_no4_final_forthewebpdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2014). Assessment of Safety Management Systems on Major Hazard Sites . Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/EN/content/minerva/838285cb-e0ee-40c2-96bc-0566878177be/mjv_germany_short_assessment_of_sms

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2014). Lessons Learned Bulletin No. 5: Major accidents involving fertilizers. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/5_mahb_bulletin_no5_final_fortheweb

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2014). MAHB Bulletin No. 6: Impact of natural hazards on industrial accidents (Natech accidents). Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/mahb_bulletin_no6_forthewe b_a4pdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2015). Lessons Learned Bulletin No. 7: Major accidents related to ageing. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/mahb_bulletin_no7_forthewe b_a4pdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2015). Lessons Learned Bulletin No. 8: Major accidents involving explosives. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/mahb_bulletin_no8_forthewe b_a4pdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2016). Lessons Learned Bulletin No. 10: Emergency response – Part 1: Evacuation and sheltering. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/jrc105148mahb_bulletin_no10_emergency_responsepart1pdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2016). Process Hazard Analysis. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/process_hazard_analysisfinalv1pdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2017). Chemical accident prevention and preparedness: Emergency response – Part 3 (MAHBulletin No. 12). Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/mahb_bulletin_no12_emergency_response_part3final1pdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2017). Explosives and pyrotechnics sites: Inspection and good practice. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/mjvnorwayexplosivespyrotechnicsshortreportformattedfinalpdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2017). Lessons Learned Bulletin No. 11: Emergency response – Part 2: Firefighter preparedness and protection. Avrupa Birliği.

https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/mahb_bulletin_no11_emergency_response_part2pdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2018). LNG and LPG sites.AvrupaBirliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/mjvcypruslnglpgv2pdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (2021). Risk management and enforcement on ageing hazardous sites. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/technical_working_group_2_seveso_inspections/mjvmaltafinalpubreportv2pubsypdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (t.y.). ,eMARS Statistics. Avrupa Birliği. https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/statistics/statistics

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (t.y.). CAPRI - About. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/EN/content/capri/4d64fdf8-a528-11ec-9877-0050563f0167/capriabout (Erişim tarihi: 30 Mart 2025).

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (t.y.). MINERVA – About. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/minerva/about (Erişim tarihi: 30 Mart 2025).

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (t.y.). MINERVA – Risk Analysis. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/EN/content/minerva/87309be0-7ffd-4510-b7ac-6d4288ed49bf/risk_analysis (Erişim tarihi: 30 Mart 2025).

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (t.y.). Process Hazard Analysis. Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/process_hazard_analysisfinalv1pdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC). (t.y.). SIS03: Compliance drivers and barriers Avrupa Birliği. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/EN/content/minerva/9f955039-4eb2-407b-9bbe-6940b0f4792e/sis03compliancedriversandbarrierspdf

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi. (JRC). (t.y.). MINERVA – What We Do. https://minerva.jrc.ec.europa.eu/EN/content/minerva/d20ab3d7-3770-4c0c-b0fd-2572c61161a3/what_we_do (Erişim tarihi: 30 Mart 2025).

Avrupa Komisyonu. (2019). Safety performance indicators: How SPIs are used in Seveso establishments.

Avrupa Parlamentosu ve Konsey. (2008). Regulation (EC) No 1272/2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures. Official Journal of the European Union, L 353, 1–1355. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/1272/oj/eng

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (1996). Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances. Official Journal of the European Communities, L 10, 13-33.

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2003). Directive 2003/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2003 amending Council Directive 96/82/EC on the control of major-accident hazards involving dangerous substances. Official Journal of the European Union, L 345, 97-105.

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2012). Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident

hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC. Official Journal of the European Union, L 197, 1-37.

Avrupa Toplulukları Konseyi. (1982). Council Directive 82/501/EEC of 24 June 1982 on the major-accident hazards of certain industrial activities. Official Journal of the European Communities, L 230, 1–18. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31982L0501

Aydınoğlu, A.Ç., 2009. Türkiye için Coğrafi Veri Değişim Modelinin Geliştirilmesi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.

Aydınoğlu A.Ç., Yomralıoğlu T., 2011. Coğrafi Verilerin Birlikte Çalışabilirliğine Yönelik Veri Değişim Modelinin Geliştirilmesi, 2011, HKMO 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 18.04.2011 - 22.04.2011.

Babaarslan, N., & Cabbar, Y. (2020). Endüstriyel tesislerde risk analizine yönelik kullanılan veri kaynakları ve bir uygulama. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(3), 219–226. https://doi.org/10.31796/ogummf.661473

BAFU (2019). *Hazard prevention and spatial planning in Switzerland*. Federal Office for the Environment. https://www.bafu.admin.ch

Bahrami, A., Akbari, H., Nezamabadi, A., & Khajevandi, A. A. (2023). Risk assessment and modeling of chlorine leakage consequences using fuzzy HAZOP technique and PHAST software. International Archives of Health Sciences, 10(4), 150-155.

Barron-Corvera, R., Reinhorn, A. M., & Ayala, A. G. (2001). Spectral evaluation of seismic fragility of structures. In R. Corotis et al. (Eds.), Structural Safety and Reliability (ICOSSAR 2001) (pp. 1–8). Swets & Zeitlinger – Balkema Publishers.

Başaraner, M., & Selçuk, M. (2005). *Coğrafi ve kartografik veri tabanlarında otomatik genelleştirme*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara. https://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/UAOU_221_ek.pdf

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2012). UDSEP 2012-2023 Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı.

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2014). Kritik Altyapıların Korunması Yol Haritası (2014–2023).

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (tarih yok). URAP Ulusal Radyolojik Acil Durum Planı.

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı (2010). Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (KENTGES) 2010-2023. Ankara.

Birleşmiş Milletler. (1991). Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context.

Birleşmiş Milletler. (1992). Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents. https://treaties.un.org/doc/Treaties/1992/03/19920317%2008-08%20AM/Ch_XXVII_06p.pdf

Birleşmiş Milletler. (1992). Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents. https://treaties.un.org/doc/Treaties/1992/03/19920317%2008-08%20AM/Ch_XXVII_06p.pdf

Bogliolo, M. P. (2012). Proposal of a reference geo-database to support safety tasks involving the land context of Seveso establishments. Chemical Engineering Transactions, 26, 483-488.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). (2018). LAI-Leitfaden meldepflichtige Ereignisse im Sinne der Störfall-Verordnung: Leitfaden zur Erfassung, Aufklärung und Auswertung von meldepflichtigen Ereignissen im Sinne der Störfall-Verordnung . https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/leitfaden-meldepflichtige-ereignisse-stoerfall-verordnung-stand-april-2018-ausgetauscht-1533538539_1718371337.pdf

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). (2022). *Lagekarten und Führungsunterstützung im Bevölkerungsschutz*. https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Bevölkerungsschutz/Lagekarten/lagekarten_node.html

C40 Cities Climate Leadership Group & Arup. (2016). Deadline 2020: How cities will get the job done.

Cabinet Office Japan (2019). *Annual report on disaster prevention*.

Cabinet Office Japan (2021). *Basic disaster management plan*.

Cabinet Office, Government of Japan (2021). Disaster management in Japan.

Cabinet Office, Government of Japan. (2025). Outline of the essential infrastructure system and required information. https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/infra/doc/pamphlet_douny u_eng.pdf

Canada. Environment and Climate Change Canada. (2023). Government of Canada adaptation action plan. His Majesty the King in Right of Canada.

Canada. Health, Seniors and Long-Term Care. (2024). Manitoba heat alert and response system guide.

Capone, F., Petrenj, B., Morsut, C., & Polese, M. (2022). *Good Practices in Multi-Hazard Risk Scenarios*. ROADMAP Project Thematic Paper 1. https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/system/files/2024-09/roadmap-project-1st-thematic-paper.pdf

Castro Rodríguez, D. J., Beltramino, S., Scalas, M., Pilone, E. (2022). Territorial Representation of a Vulnerability Associated with the Seveso Installations in a Nord Italian Case Study. In M. C. Leva, E. Patelli, L. Podofillini, & S. Wilson (Eds.), Proceedings of the 32nd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2022) (pp. 1465–1470). Research Publishing, Singapore. https://doi.org/10.3850/978-981-18-5183-4_R25-02-574-cd

Chebila, M. (2021). Predicting the consequences of accidents involving dangerous substances using machine learning. Ecotoxicology and Environmental Safety, 208, 111470. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111470

Chemical Manufacturing Area Sources: National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) - Environmental Protection Agency (EPA), erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/chemical-manufacturing-area-sources-national-emission-standards

Chemicals, Pesticides and Toxics Topics | US EPA, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/environmental-topics/chemicals-pesticides-and-toxics-topics

Cienfuegos, R., Álvarez, G., León, J., Urrutia, A., & Castro, S. (2024). Analysis of the effects of urban micro-scale vulnerabilities on tsunami evacuation using an agent-based model – Case study in the city of Iquique, Chile. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *24*, 1485–1500. https://doi.org/10.5194/nhess-24-1485-2024

Contini, S., Bellezza, F., Christou, M. D., & Kirchsteiger, C. (2000). The use of geographic information systems in major accident risk assessment and management. Journal of Hazardous Materials, 78(1–3), 223–245.

CORDIS. (2004). *ARAMIS – Accidental Risk Assessment Methodology for Industries with Substances*. European Commission. https://cordis.europa.eu/project/id/EVG1-CT-2001-00036

Council of the European Communities. (1982). Council Directive 82/501/EEC of 24 June 1982 on the major-accident hazards of certain industrial activities. Official Journal of the European Communities, L 230, 1–18. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31982L0501

Council of the European Union (2024). *Council Recommendation of 25 June 2024 on a blueprint to coordinate a response at Union level to disruptions of critical infrastructure with significant cross-border relevance* (C/2024/4371). Official Journal of the European Union.

Cozzani, V., Antonioni, G., & Spadoni, G. (2006). Quantitative assessment of domino scenarios by a GIS-based software tool. Journal of Loss Prevention in the process industries, 19(5), 463-477.

Cozzani, V., Antonioni, G., Spadoni, G., Broccoli, E., Basta, R., & Dattilo, S. (2007). Quantitative assessment of the risk induced by domino effect in industrial areas. Journal of Hazardous Materials, 147, 48–59. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.11.018

Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (2019). *National Critical Functions Set*. https://www.cisa.gov/publication/national-critical-functions

Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (2024). Infrastructure Resilience Planning Framework (IRPF) (Version 1.2).

Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (t.y.). 2025-2026 CISA international strategic plan. https://www.cisa.gov/2025-2026-cisa-international-strategic-plan

Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (t.y.). CISA strategic plan. https://www.cisa.gov/strategic-plan

Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (t.y.). Critical infrastructure sectors. https://www.cisa.gov/topics/critical-infrastructure-security-and-resilience/critical-infrastructure-sectors

Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (t.y.). National infrastructure protection plan and resources. https://www.cisa.gov/topics/critical-infrastructure-security-and-resilience/national-infrastructure-protection-plan-and-resources

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2019). Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı.

https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.11.018Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2014). Büyük endüstriyel kaza risklerinin azaltılması (BEKRA) işletmeciler için rehber. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikbelge/icerikbelge3198.pdf

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2024). İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030). Ankara.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (t.y.). AB Seveso II Direktifi (96/82/EC) Düzenleyici Etki Analizi https://bekrapedia.cevre.gov.tr/assets/yayinlar/SEVESO%20D%C3%9CZENLEY%C4%B0C4%B0%20ETK%C4%B0%20ANAL%C4%B0Z%C4%B0.pdf

Dakkoune, A., Vernières-Hassimi, L., Leveneur, S., Lefebvre, D., & Estel, L. (2018). Risk analysis of French chemical industry. Safety Science, 105, 77–85. doi.org/10.1016/j.ssci.2018.02.003

Delta Programme Commissioner (2025). *Delta Programme 2025 – Working on the Netherlands' resilience to climate change*. Government of the Netherlands. https://english.deltaprogramma.nl/

Demirkol Kılıç, E. (2022). İzmir-Aliağa Bölgesinde Enerji Sektörü Özelinde Kritik Altyapılara İklim Değişikliğinin Etkisi Projesi Sunumu. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

Duijm, N. J. (2009). Risk acceptance criteria in Denmark and the EU: Acceptable events and environmental impact assessments. Danish Environmental Protection Agency. https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2009/978-87-7052-920-4/pdf/978-87-7052-921-1.pdf

El-Harbawi, M., Mustapha, S., Choong, T. S., Rashid, Z. A., Rashid, S. A., & Sherif, A. A. (2010). SCIA: GIS-based software for assessing the impacts from chemical industrial accidents. Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management, 14(2), 104-114.

Enel Foundation. (2021). Canada – G20 Climate Risk Atlas: Impacts, policy, economics.

EPA Announces It Will Reconsider 2024 Water Pollution Limits for Coal Power Plants to Help Unleash American Energy (ELG: Steam Electric), erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/newsreleases/epa-announces-it-will-reconsider-2024-water-pollution-limits-coal-power-plants-help

EPA's Guide for Industrial Waste Management: Introduction, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/industrial-waste-guide.pdf

ESRI (2023). Map Tile Package and Tile Schema Overview. ArcGIS Developer Documentation. https://developers.arcgis.com/rest/services-reference/enterprise/export-map.htm

European Commission (2006). *A European Programme for Critical Infrastructure Protection*. (COM(2006) 786 final).

European Commission (2008). *Council Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection*. Official Journal of the European Union, L 345/75.

European Commission (2020). *EU Security Union Strategy*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0605Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2023). *Seveso II Direktifi Kapsamında Endüstriyel Tesislerde Kaza Riski Değerlendirme Metodolojisi – ARAMIS Rehberi*. https://www.csgb.gov.tr/Media/1xjim3gd/kimya-sanayi-sektöründe-seveso-ii-direktifi-kapsamındaki-endüstrilerde-kaza-riski-değerlendirme-metodolojisi.pdf

European Commission. (2008). *Council Directive 2008/114/EC on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection*. Official Journal of the European Union. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0114

European Commission. (2013). INSPIRE Data Specification on Base Maps – Guidelines v3.0. https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/bm

European Commission. (2023). European Union disaster resilience goals: Acting together to deal with future emergencies (COM(2023) 61 final).

European Commission. (2024, 28 Şubat). Critical infrastructure protection. https://ec.europa.eu/newsroom/cipr/items/765280/en

European Union (2019). Regulation (EU) 2019/941 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on risk-preparedness in the electricity sector and repealing Directive 2005/89/EC. *Official Journal of the European Union*, L 158, 1–21. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0941

Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., Boissezon, B., & Vandewoestijne, S. (2017). Nature-based solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environmental Research*, 159, 509–518. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032

Farroukh, I. S., & Farroukh, I. S. (2019). Creation of web-based application for earthquake hazard analysis by GIS and AHP (Master's thesis, Bilişim Enstitüsü).

Federal Emergency Management Agency (2020). *National mitigation framework*.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2025). *Risk Mapping, Assessment and Planning (Risk MAP)*. https://www.fema.gov/flood-maps/tools-resources/risk-map

Federal Government of Germany. (2021). German recovery and resilience plan – Draft.

Fekete, A., Neuner, S. (2023) Spatial Industrial Accident Exposure and Social Vulnerability Assessment of Hazardous Material Sites, Chemical Parks, and Nuclear Power Plants in Germany. Int J Disaster Risk Sci 14, 223–236 . https://doi.org/10.1007/s13753-023-00486-x

FEMA (2023). *Hazard Mitigation Assistance Program and Policy Guide*. https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_hma_guide_archived_08232023.pdf

FEMA (2025a). *Building Resilient Infrastructure and Communities (BRIC)*. https://www.fema.gov/grants/mitigation/learn/building-resilient-infrastructure-communities

FEMA (2025b). *Hazard Mitigation Grant Program (HMGP)*. https://www.fema.gov/grants/mitigation/learn/hazard-mitigation

Fioravante, V., Giretti, D., & Mandolini, A. (2013). The role of microzonation in earthquake risk reduction: The Emilia-Romagna case study. *Engineering Geology*, *157*, 100–112. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.02.006

Flood Coalition. (2025). *Flood Mitigation Assistance Grant Program (FMA)*. https://floodcoalition.org/fff-resource/fma/

Fransa Ekolojik Geçiş ve Bölgesel Uyum Bakanlığı, BARPI. (t.y.). ARIA – Feedback on technological accidents. https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/?lang=en

Fraser, S., Raby, A., Pomonis, A., Goda, K., Chian, S. C., Macabuag, J., Offord, M., Saito, K., & Sammonds, P. (2013). Tsunami damage to coastal defences and buildings in the March 11th 2011 Mw 9.0 Great East Japan earthquake and tsunami. *Bulletin of Earthquake Engineering*, *11*(1), 205–239. https://doi.org/10.1007/s10518-012-9351-z

Fritz, H. M., Blount, C. D., Albusaidi, F. B., & Al-Harthy, A. H. (2011). Cyclone Gonu storm surge in Oman. *Natural Hazards*, *58*(2), 669–691. https://doi.org/10.1007/s11069-010-9585-0

Fuentes, M., Arriola, S., Riquelme, S., & Delouis, B. (2019). Speeding up tsunami forecasting to boost tsunami warning in Chile. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *19*(6), 1297–1304. https://doi.org/10.5194/nhess-19-1297-2019

Fujiwara, H., Kawai, S., Aoi, S., Ishii, T., Okumura, T., Hayakawa, Y., Morikawa, N., Senna, S., Kobayashi, K., & Hao, K. X.-S. (2006). Japan Seismic Hazard Information Station (J-SHIS). 4th International Conference on Earthquake Engineering. https://www.researchgate.net/publication/228760563_Japan_Seismic_Hazard_Information_Station_J-SHIS

Gerbec, M., & Kontic, B. (2002). Application of the Seveso II Directive in Slovenia with the support of GIS. In D. J. Briggs, P. Forer, L. Järup, & R. Stern (Eds.), GIS for emergency preparedness and health risk reduction (ss. 137-149). NATO Science Series, vol. 11. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0616-3_10

Gill, J. C., Duncan, M., Ciurean, R., & Smale, L. (2022). *MYRIAD-EU D1.2 Handbook of Multi-Hazard, Multi-Risk Definitions and Concepts*. https://www.myriadproject.eu/wp-content/uploads/2022/11/D1_2_Handbook.pdf

Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (2017). *Building urban resilience in Bangladesh*.

Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (2021). *Urban resilience program update*.

Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. GeoJournal, 69(4), 211–221. https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y

Google. (2024). Google Maps Tile Coordinates Reference. Google Maps Platform Documentation. https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/coordinates

Government of Canada (2023). *Canada's national adaptation strategy: Adaptation action plan*.

Government of New South Wales. (2024). NSW State disaster mitigation plan 2024–2026. New South Wales Reconstruction Authority.

https://doi.org/10.1007/978-94-010-0616-3_10Guan, W., Liu, Q., & Dong, C. (2022). Risk assessment method for industrial accident consequences and human vulnerability in urban areas. Journal of loss prevention in the process industries, 76, 104745.

Guide for Industrial Waste Management | US EPA, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/smm/guide-industrial-waste-management

Guy Carpenter (2024). *Catastrophe resilience in Taiwan's schools*. https://www.guycarp.com

Health and Safety Executive. (2004). IFRLUP Product P5 - Report on the Review of HSE Models and methodologies used to set Land use Planning Consultation Zones.

Health and Safety Executive. (2015). The Control of Major Accident Hazards Regulations 2015: Guidance on Regulations (L111, 3rd ed.). HSE Books.

Health and Safety Executive. IFRLUP Product P5 - Report on the Review of HSE Models and

Hermanns, R. L., Blikra, L. H., Böhme, M., Dehls, J. F., & Eiken, T. (2013). Early-warning systems for unstable rock slopes in Norway. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *13*(3), 775–793. https://doi.org/10.5194/nhess-13-775-2013

Hidayat, R., Sopaheluwakan, J., & Nurmi, V. (2017). Community-based disaster risk reduction in Indonesia: Lessons learned. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *25*, 92–99. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.08.006

Hoşcan, O., & Çetinyokuş, S. (2021). Determination of emergency assembly point for industrial accidents with AHP analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 69, 104386.

Hsiao, G. L. K. (2024). Risk Assessment of Technological Accidents under Future Extreme Climate Events: Natech Accident Response Strategies. 39-47.

Hsiao, N.-H., Loh, C.-H., Tung, D. P., & Yeh, C.-H. (2013). Seismic strengthening program for school buildings in Taiwan. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, *42*(3), 405–424. https://doi.org/10.1002/eqe.2223

Industrial Effluent Guidelines | US EPA, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/eg/industrial-effluent-guidelines

INERIS. (2003). *ARAMIS methodology application in Seveso sites*. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. https://ineris.hal.science/ineris-00972395/document

Information Security Policy Council. (2006, 2 Şubat). The first national strategy on information security. https://www.nisc.go.jp/eng/pdf/national_strategy_001_eng.pdf

INSPIRE DT, 2007. D2.6: Methodology for the development of data specifications, INSPIRE Drafting Team Data Specifications D2.6, Ispra.

Insurance Institute for Business & Home Safety (2019). *Wildfire risk reduction: Mitigation benefits report*.

Inter-Agency Coordination Group on Industrial and Chemical Accidents. (2007). International efforts for industrial and chemical accidents prevention, preparedness and response. https://unece.org/DAM/env/documents/2017/TEIA/Publication/Inter-Agency_Coodination_Group_-_brochure.pdf

Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (2021). *Standard guidelines for the Tsunami Ready Recognition Programme* (IOC Manuals and Guides No. 74). UNESCO.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

International Association of Oil & Gas Producers (IOGP). (2019). Risk Assessment Data Directory: Process release frequencies (No. 434–01). International Association of Oil & Gas Producers. https://publications@iogp.org

Is EPA Reliable? Examining Its Impact on Business & Policy, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://trilinkftz.com/global-trade-regulatory-compliance/is-epa-reliable/

İskender, H. (Ed.). (2022). *Afetlerde risk analizi ve afet risklerinin azaltılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları. https://ituyayinevi.itu.edu.tr/katalog/abcd/afetlerde-risk-analizi

Japan Science and Technology Agency. (t.y.) JST Failure Knowledge Database. https://www.shippai.org/fkd/en/infen/mandara.html (Erişim tarihi: 30 Mart 2025).

Joint Research Centre (2021). *Landslide risk management in Italy: State of play*. European Commission.

Joint Research Centre, Major Accident Hazards Bureau, & Technology Innovation in Security Unit. (2021). Risk management and enforcement on ageing hazardous sites (Seveso Inspection Series Good Practice Report). Publications Office. https://minerva.jrc.ec.europa.eu

Joint Research Centre: Institute for the Protection and Security of the Citizen, Institute for the Protection and Security of the Citizen and the Health and Safety Executive, Murray, A., Wood, M., & Beckett, V. (2008). Improving major hazard control at petroleum oil refineries : key points and conclusions, (A..Murray,editor,M..Wood,editor,V..Beckett,editor) Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2788/69413

Joint Research Centre: Institute for the Protection and Security of the Citizen, Norwegian Directorate for Civil Protection (DSB), Wood, M., Gyenes, Z., Olsen, A. L., & Gjøstein Larsen, R. (2012). Chemical hazards risk management in industrial parks and domino effect establishments : key points and conclusions for Seveso Directive enforcement and implementation, Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2788/74367

Ju, W., Xing, Z. (2024). A novel technology for unraveling the spatial risk of Natech disasters based on machine learning and GIS: a case study from the city of Changzhou, China. Earth Sci Inform 17, 5751–5770 https://doi.org/10.1007/s12145-024-01484-3

Juwari, J., Anugraha, R. P., Zanata, M., Leksono, N. A., Hamid, M. D., & Cahyono, T. (2024). Quantitative risk assessment and risk reduction of worst-case accident scenario at fuel storage terminal. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 88, 105272.

Kim, Y., & Jung, H. (2018). Lessons learned from chemical accidents in Korea. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *55*, 127–136. https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.06.009

Knowlton, K., Kulkarni, S. P., Azhar, G. S., Mavalankar, D., Jaiswal, A., Connolly, M., Nori-Sarma, A., Rajiva, A., Dutta, P., & Hess, J. J. (2014). Development and implementation of South Asia's first heat-health action plan in Ahmedabad (Gujarat, India). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *11*(4), 3473–3492. https://doi.org/10.3390/ijerph110403473

Kolsaman, P. (2025). Risk assessment and geospatial mapping of ammonia transportation hazards: A case study of Thungsong, Thailand. ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports, 28(1), e254894-e254894.

Kurada, B., Tanrıverdi, E., Şen, M. F., Demirkol Kılıç, E., & Yalçın, D. (2023). Türkiye afet risklerinin azaltılması platformuna genel bakış. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi.

Küçükyağcı, T. (2024). *Afetle mücadelede yerel yönetimlerin rolü ve etkisi: Japonya-Türkiye karşılaştırması*. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14(Özel Sayı), 237–255. https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1523658

Landgate (2023). *MyFireWatch: Satellite hotspot tracking*. https://www.landgate.wa.gov.au

Local Infrastructure Hub. (2024). *Flood Mitigation Assistance Grant Program Fact Sheet*. https://localinfrastructure.org/wp-content/uploads/2024/06/Flood-Mitigation-Assistance-FMA-Grant-Program-Fact-Sheet-2024.pdf

Luo, X., Tzioutzios, D., Tong, Z., & Cruz, A. M. (2022). Find-Natech: A GIS-based spatial management system for Natech events. International Journal of Disaster Risk Reduction, 76, 103028.

Luo, Y., & Luo, J. (2024). Modelling the consequences of a liquid hydrogen leak using ALOHA software:Case Study of a Liquid Hydrogen (UN1966) Tanker Accident. International Journal of Natural Resources and Environmental Studies, 3(1), 113-128.

Mahato, P., Srivastava, S., Jogi, S., & Pandey, S. (2025). *Multi-hazard Risk Unveiled: Pioneering Techniques for Comprehensive Risk Analysis and Mitigation*. Operations Research Forum, 6(19). https://link.springer.com/article/10.1007/s43069-024-00407-8

Mapbox. (2024). Zoom Levels and Scale. https://docs.mapbox.com/help/glossary/zoom-level/

Mimura, N., Yasuhara, K., Kawagoe, S., Yokoki, H., & Kazama, S. (2011). Damage from the Great East Japan Earthquake and Tsunami – A quick report. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *16*(7), 803–818. https://doi.org/10.1007/s11027-011-9297-7

Ministry of Economy, Trade and Industry. (2024, 1 Nisan). Cybersecurity. https://www.meti.go.jp/english/policy/safety_security/cybersecurity/index.html

Ministry of Infrastructure and Water Management (Netherlands). (2023). Draft integrated river management programme: Towards a future-proof river zone.

Mladineo, N., Mladineo, M., Benvenuti, E., Kekez, T., & Nikolić, Ž. (2022). *Methodology for the Assessment of Multi-Hazard Risk in Urban Homogenous Zones*. Applied Sciences, 12(24), 12843. https://www.mdpi.com/2076-3417/12/24/12843

MLIT Japan (2020). National landslide prevention measures. Tokyo: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism.

National center of Incident readiness and Strategy for Cybersecurity. (t.y.). National center of Incident readiness and Strategy for Cybersecurity. https://www.nisc.go.jp/eng/index.html

National center of Incident readiness and Strategy for Cybersecurity. (2024). 「重要インフラのサイバーセキュリティに係る行動計画」の概要 [Overview of the "Action Plan for Cybersecurity of Critical Infrastructure"]. https://www.nisc.go.jp/pdf/policy/infra/cip_policy_abst_2024.pdf

National Disaster Risk Reduction and Management Council (NDRRMC), Philippines. (2020). National disaster risk reduction and management plan (NDRRMP) 2020–2030.

National Drought Management Authority (2015). *Ending drought emergencies: Common programme framework*.

National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants Compliance Monitoring | US EPA, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/compliance/national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-compliance-monitoring

National Fire Protection Association (2023). *Firewise USA program annual report*.

National Infrastructure Commission. (2024). Infrastructure Progress Review.

Natural Resources Defense Council (2015). *Ahmedabad's heat action plan: Evaluation and lessons learned*.

Nivolianitou, Z., Konstandinidou, M., & Michalis, C. (2006). Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). Journal of Hazardous Materials, 137(1), 1–7. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.12.042

Norwegian Water Resources and Energy Directorate (2020). *Åkneset early warning system*.

Nurlu, M. (2015). *Afet yönetiminde bütünleşik afet tehlike haritaları*. TDMD Teknik Raporu. https://www.tdmd.org.tr/pdf/pdf2015/TDMSK_086.pdf

OECD, 2019. Reviews of Risk Management Policies Good Governance for Critical Infrastructure Resilience. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2019/04/good-governance-for-critical-infrastructure-resilience_7d5a9993/02f0e5a0-en.pdf

Oh, J., Lee, D., & Park, J. (2016). Case study of chemical accident prevention and response systems in Korea. *Process Safety Progress*, *35*(1), 55–61. https://doi.org/10.1002/prs.11776

Open Geospatial Consortium. (2010). OGC Web Map Tile Service Implementation Standard 1.0.0. OGC. https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=35326

OpenStreetMap Foundation. (n.d.). Zoom Levels and Tile Usage in OpenStreetMap. https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Zoom_levels

Orso Giacone, M., Ponte, E., Giannino, G., Navarretta, A., Basso, B., & Zappia, M. (2007, Haziran). SIAR Web-GIS in Regione Piemonte: A public administration tool about Seveso installations. In Proceedings of the 8th International Conference on Chemical and Process Engineering (ICHEAP-8) (ss. 24-27).

OSHA and EPA Regulations | Intellect, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://intellect.com/solutions/osha-and-epa-regulations/

Özmen, S. (2010). İstanbul ili yangın riski analizi ve yangın riski haritalarının oluşturulması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

PLANAT (2018). *Strategy for integrated natural hazard risk management in Switzerland*.

Pretreatment Standards and Requirements-Categorical Pretreatment Standards | US EPA, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/npdes/pretreatment-standards-and-requirements-categorical-pretreatment-standards

Pucci, M. D., Leandro, J., Disse, M., & Schüttrumpf, H. (2023). Flood fragility functions for bridges based on the 2021 Ahr River flood damage data. Applied Sciences, 13(18), 10454.

Ramamoorthy, S. T. (2006). Seismic fragility estimates for reinforced concrete framed buildings (Doctoral dissertation). Texas A&M University.

Refworld Urban resilience program update (2005). *Disaster management and preparedness in Japan*. https://www.refworld.org/docid/440addc04.html

Renda, K K (2022). "The Development of EU Cyber security Policy: From A Coordinating Actor To A Cyber Power?" Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi 21, no. 2, 467-95, https://doi.org/10.32450/aacd.1226890

Republic of Serbia. (2023). Climate change adaptation programme: Advancing medium and long-term adaptation planning in the Republic of Serbia. United Nations Development Programme.

Rezvani, Z., Asl, H. A., & Sadeghi, M. (2023). Integrating governance and local capacity in earthquake risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, *14*(2), 145–157. https://doi.org/10.1007/s13753-023-00486-5

RINA. (2021). *Risk Değerlendirme Metodoloji Analizi (Rev.07)*. İstanbul: RINA Consulting.

Rijke, J., van Herk, S., Zevenbergen, C., & Ashley, R. (2012). Room for the river: A stepping stone in adaptive delta management. *International Journal of Water Resources Development*, *28*(4), 529–543. https://doi.org/10.1080/07900627.2012.723149

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). (2023). Reference Manual Bevb Risk Assessment. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0169.pdf

Rijkswaterstaat (2015). *Room for the River programme: Nature-based flood risk management in the Netherlands*.

Serrano-Fontova, R., Tang, Y., & Hodge, B.-M. (2023). A comprehensive review and comparison of the fragility curves used for resilience assessments in power systems. IEEE Access, 11, 37222–37244.

Setting Emissions Standards Based on Technology Performance | US EPA, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/setting-emissions-standards-based-technology-performance

Shafiei-Moghaddam, P., Jahangiri, K., & Hassani, N. (2024). Chemical release risk assessment in earthquake: Natech event scenario. Heliyon, 10(8).

Shaw, R., & Takeuchi, Y. (2012). East Japan Earthquake and Tsunami: Evacuation, communication, education and volunteerism. In R. Shaw, Y. Takeuchi, & S. C. L. Yau (Eds.), *Disaster Education* (pp. 135–148). Emerald Group Publishing.

Shaw, R., Atta-ur-Rahman, Surjan, A., & Parvin, G. A. (2011). Climate disaster resilience: Focus on coastal urban cities in Asia. *Asian Journal of Environment and Disaster Management*, *3*(1), 85–102.

Sifón, M., Fuentes, M., Riquelme, S., Sánchez, R., & Arriola, S. (2024). *Quasi real-time tsunami early warning assessment based on finite fault models*. [Preprint]. EGUsphere. https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-3061

Spadoni, G., Egidi, D., & Contini, S. (2000). Through ARIPAR-GIS the quantified area risk analysis supports land-use planning activities. Journal of hazardous materials, 71(1-3), 423-437.

Suppasri, A., Fukutani, Y., Abe, Y., & Imamura, F. (2015). Promoting tsunami disaster resilience. *Journal of Disaster Research*, *10*(6), 1036–1046. https://doi.org/10.20965/jdr.2015.p1036

Suppasri, A., Latcharote, P., Leelawat, N., & Imamura, F. (2016). Improvements of tsunami countermeasures based on lessons from the 2011 Great East Japan Earthquake. *Journal of Disaster Research*, *11*(3), 376–390. https://doi.org/10.20965/jdr.2016.p0376

Švec, P., & Skřínský, J. (2022). Application of GIS for the Control of Major Accident Hazards. GeoScience Engineering, 68(2), 151–157. https://doi.org/10.35180/gse-2022-0077

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2014). Türkiye afet müdahale planı.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023). On ikinci kalkınma planı (2024-2028).

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (t.y.). Kıyı Tesisi, Bölgesel ve Ulusal Acil Müdahale Planları.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2020). TUCBS Teknik Standartlar Dökümanı. https://cbs.csb.gov.tr/tucbs-temel-dokumanlar-i-86100

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2022). Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP).

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2023). 2024-2028 stratejik planı.

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2021). İl Risk Azaltma Planları (İRAP).

T.C. Resmî Gazete (1953). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünce Yürütülen Hizmetler Hakkında Kanun (Kanun No. 6200). Resmî Gazete, 8592.

T.C. Resmî Gazete (1956). Orman Kanunu (Kanun No. 6831). Resmî Gazete, 9402.

T.C. Resmî Gazete (1959). Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısiyle Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun (Kanun No. 7269). Resmî Gazete, 10213.

T.C. Resmî Gazete (1983). Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu (Kanun No. 2863). Resmî Gazete, 18113.

T.C. Resmi Gazete, 2005. BÖHHBÜY-Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği. (25876), 15.07.2005.

T.C. Resmî Gazete. (1985). İmar Kanunu (Kanun No. 3194). Resmî Gazete, 18749.

T.C. Resmî Gazete. (2004). Büyükşehir Belediyesi Kanunu (Kanun No. 5216). Resmî Gazete, 25531.

T.C. Resmî Gazete. (2005). Belediye Kanunu (Kanun No. 5393). Resmî Gazete, 25874.

T.C. Resmî Gazete. (2010). Karayolları Genel Müdürlüğünün Hizmetleri Hakkında Kanun (Kanun No. 6001). Resmî Gazete, 27640.

T.C. Resmî Gazete. (2012). Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun (Kanun No. 6306). Resmî Gazete, 28309.

T.C. Resmî Gazete. (2012). Afet Sigortaları Kanunu (Kanun No. 6305). Resmî Gazete, 28296.

Tahmid, M., Dey, S., & Syeda, S. R. (2020). Mapping human vulnerability and risk due to chemical accidents. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 68, 104289.

Technopat. (2020). *İş Sürekliliğinde Dikkate Alınması Gerekenler*. https://www.technopat.net/2020/03/11/is-surekliliginde-dikkate-alinmasi-gerekenler/

Török, Z., Petrescu-Mag, R. M., Mereuță, A., Maloș, C. V., Arghiuș, V. I., & Ozunu, A. (2020). Analysis of territorial compatibility for Seveso-type sites using different risk assessment methods and GIS technique. Land Use Policy, 95. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.037

TUCBS (2012). Standartlarının Geliştirilmesi Projesi: Kavramsal Model Bileşenlerinin Belirlenmesi, https://webdosya.csb.gov.tr/db/cbs/editordosya/TUCBS_KavramsalModel1_1.pdf ?utm_source=chatgpt.com

TUCBS (2025). *Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Resmi Web Sitesi*. https://tucbs.gov.tr/

Tuğsal, U. (2016). Türkiye'deki mevcut betonarme yapı stoğunun deprem etkisi altındaki hasar görebilirliğinin istatistiksel kestirimi (Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi).

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB). (2022). CSB Guidance on Accidental Release Reporting. https://www.csb.gov/assets/1/6/csb_guidance_on_accidental_release_reporting.pdf

U.S. Department of Homeland Security (2013). *NIPP 2013: Partnering for critical infrastructure security and resilience*.

U.S. Government Accountability Office. (2022, Şubat). Critical infrastructure protection: CISA should improve its approach to assessing the national security risks of foreign investments (GAO-22-104279). https://www.gao.gov/assets/gao-22-104279.pdf

Umweltbundesamt (UBA). (2020, Temmuz 6). Anlagensicherheit. https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/anlagensicherheit

Umweltbundesamt (UBA). (t.y.). ZEMA – Zentralen Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen https://www.infosis.uba.de/index.php/de/zema/index.html (Erişim tarihi: 18 Mart 2025)

United Kingdom Department of Health and Social Care. (2024). Adverse weather and health plan: Protecting health from weather-related harm (2024–2025, 2nd ed.).

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2019). *Global assessment report on disaster risk reduction 2019*.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2020). *Words into action: Design and conduct of simulation exercises – SIMEX*.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2022). *Global assessment report on disaster risk reduction 2022: Our world at risk: Transforming governance for a resilient future*. United Nations.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2023). *Midterm review of the implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030: Final report*.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2024). *Words into action: The science–policy–society ecosystem for disaster risk reduction*.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2019). Global assessment report on disaster risk reduction 2019. Geneva, Switzerland.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2021). UN Plan of Action on DRR for Resilience: 2021 progress report. Geneva, Switzerland.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2022). Global assessment report on disaster risk reduction 2022: Our world at risk – Transforming governance for a resilient future. Geneva, Switzerland.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2022). Gender action plan to support implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2023). Midterm review of the implementation of the Sendai Framework: Good practices in disaster risk reduction.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2023). Report of the midterm review of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva, Switzerland.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2024). Global status of multi-hazard early warning systems. UNDRR & World Meteorological Organization.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2024). The science–policy–society ecosystem for disaster risk reduction. Geneva, Switzerland.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (n.d.). Words into action: Implementation guide for man-made and technological hazards. Geneva, Switzerland.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (n.d.). Words into action: Disaster displacement – How to reduce risk, address impacts and strengthen resilience.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (n.d.). Words into action: Design and conduct of simulation exercises (SIMEX).

United Nations. (2023). Main findings and recommendations of the midterm review of the implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030 (A/77/640).

United Nations. (2024). Implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030: Report of the Secretary-General (A/79/268).

Van Oosterom, P. (2005). Variable-scale topological data structures suitable for progressive data transfer: the GAP-face data structure. Cartography and Geographic Information Science, 32(4), 331–346. https://gdmc.nl/uwsm2/publications/RGI-233-01.pdf

Waste, Chemical, and Cleanup Enforcement | US EPA, erişim tarihi Nisan 6, 2025, https://www.epa.gov/enforcement/waste-chemical-and-cleanup-enforcement

Weibull, B., Fredstrom, C., & Wood, M. H. (2020). Learning lessons from accidents: Key points and conclusions for inspectors of major chemical hazard sites (EUR 30391 EN; JRC Technical Report). Joint Research Centre. https://data.europa.eu/doi/10.2760/144670

Wellington Council (2024). *Resilient buildings program report*. Wellington City Council.

Wolsink, M. (2016). Environmental policy integration and spatial planning: The Dutch 'Room for the River' program. *Land Use Policy*, *55*, 250–260. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.029

Wood, M., Goethals, M., & Borgonjon, I. (2008). Necessary measures for preventing major accidents at petroleum storage depots: Key points and conclusions. Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC37580

World Bank (2020). *Kenya resilience and drought response project*.

World Bank (2024). *Bangladesh urban resilience project completion report*.

Yalçın, T., & Öztürk, A. (2023). Multi-hazard advanced seismic probabilistic risk assessment tools and applications. E3S Web of Conferences, 417, 01002.

Yang, S., & Demichela, M. (2023). A data-driven narratives skeleton pattern recognition from accident reports dataset for human-and-organizational-factors analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 83, 105047. https://doi.org/10.1016/j.jlp.2023.105047

Yenilmez, G. (2011). *Japonya'daki Deprem ve Tsunami Erken Uyarı Sistemleri ve 11 Mart 2011 Büyük Doğu Japonya Afeti*. TDMD Teknik Raporu, https://www.tdmd.org.tr/pdf/Konferans/Ankara/9.Oturum/1.TDMSK_038.pdf

Yılmaz, K. (2023). Kritik altyapı güvenliği ve afet riskleriyle ilişkisi. Uluslararası Güvenlik Stratejileri Dergisi, 1(2), 45–67.

Yılmaz, K., & Kuru, N. (2023). Türkiye'de afet yönetimi bağlamında kritik altyapı kavramı. In Uluslararası Afet Yönetimi Kongresi Bildiri Kitabı (pp. 23–31).

Yu, H., Lee, W. K., & Sohn, J. R. (2020). Risk hotspot of chemical accidents based on spatial analysis in Ulsan, South Korea. Safety science, 123, 104544.

Yücel, M. A., & Selçuk, M. (2009). Üç Boyutlu Kent Modellerinde Ayrıntı Düzeyi LoD Kavramı. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi(101), 3-9. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1008838

Zhao, M., & Liu, X. (2017). Reprint of: Regional risk assessment for urban major hazards based on GIS geoprocessing to improve public safety Safety Science, 97, 112–119

7 EKLER

7.1 EK-1: MARAP İlişkili Mevzuat Listesi

No	Başlık	Türü	Yayımlayan Kurum	Tarih	Resmî Gazete Sayısı	Açıklama	Kaynak
1	Türkiye Cumhuriyeti Anayasası Madde 5	Anayasa	TBMM	1981		Devletin temel görevlerinden birinin bireylerin ve toplumun refahını sağlamak olduğu belirtilerek afet yönetimi de anayasal bir görev olarak tanımlanabilir.	Link
2	Türkiye Cumhuriyeti Anayasası Madde 119	Anayasa	TBMM	1981		Olağanüstü hal ilanı gerekçeleri arasına tabii afetler ve salgın hastalıklar açık şekilde dahil edilmiştir.	Link
3	4123 Sayılı Tabii Afet Nedeniyle Meydana Gelen Hasar ve Tahribatın Giderilmesi Hakkında Kanun	Kanun	TBMM	23.07.1995	22354	Afet sonrası yardım ve onarım esaslarını düzenler.	Link
4	5902 Sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun	Kanun	TBMM	29.05.2009	27261	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın kuruluşunu, teşkilat yapısını, görev alanlarını ve yetkilerini düzenleyen çerçeve kanundur.	Link
5	6305 Sayılı Afet Sigortaları Kanunu	Kanun	TBMM	09.05.2012	28296	Deprem nedeniyle oluşabilecek maddi zararları karşılamak amacıyla zorunlu deprem sigortası sistemini kuran ve uygulama esaslarını belirleyen kanundur.	Link
6	6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun	Kanun	TBMM	16.05.2012	28309	Afet riski taşıyan yapıların bulunduğu alanların dönüştürülmesine dair usul ve esasları, finansal destekleri ve uygulayıcı kurumları düzenleyen kanundur.	Link
7	7126 Sayılı Sivil Savunma Kanunu	Kanun	TBMM	09.06.1958	9931	Ülke genelinde olası savaş ve afet durumlarına karşı sivil savunma hizmetlerinin organizasyonunu, yetkilerini ve yükümlülüklerini belirleyen temel kanundur.	Link
8	7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun	Kanun	TBMM	15.05.1959	10213	Afetlerden sonra alınması gereken acil tedbirleri, yapılacak yardımları ve afet sonrası yeniden inşa süreçlerini belirleyen özel kanundur.	Link
9	4982 Sayılı Bilgi Edinme Hakkı Kanunu	Kanun	TBMM	09.10.2003	25269	Kişilerin bilgi edinme hakkını düzenler.	Link

10	KHK/585 Sayılı İl Özel İdarelerinin Yetkilerine İlişkin Kanun Hükmünde Kararname	KHK	Bakanlar Kurulu	30.11.1999	23919 (Mükerrer)	Afet sonrası yardım yetkileri ile ilgilidir.	Link
11	KHK/586 ve Diğer KHK'lar (2000 Yılı Kamu Görevlileri Düzenlemeleri)	KHK	TBMM / Bakanlar Kurulu	2000 Nisan	24033	Kamu görevlilerine dair düzenlemeler içerir.	Link
12	703 Sayılı Anayasada Yapılan Değişikliklere Uyum Sağlanması Amacıyla Bazı Kanunlarda ve KHK'larda Değişiklik Yapılmasına Dair CB Kararı	CB Kararı	Cumhurbaşkanı	15.07.2018	30479	Cumhurbaşkanlığı sistemine geçişte düzenlemeler içerir.	Link
13	5348 Sayılı Cumhurbaşkanı Kararı	CB Kararı	Cumhurbaşkanı	22.03.2022	31787	İdari karar içeren CB Kararıdır.	Link
14	Heyelan, Kaya Düşmesi ve Çığ Afetlerine İlişkin Duyarlılık Haritaları Hazırlama Genelgesi	Genelge	Cumhurbaşkanlığı	04.08.2020	31204	Çığ, heyelan ve kaya düşmesi duyarlılık haritalarını düzenler.	Link
15	İl Risk Azaltma Planları (İRAP) Hazırlık Sürecine İlişkin Genelge	Genelge	AFAD	-	-	İl risk azaltma planları hazırlık sürecini belirler.	Link
16	Afet Sonrası Hasar Tespiti, Yıkım ve Yardım Süreçlerine İlişkin Genelge	Genelge	AFAD / Valilik	-	-	Afet sonrası hasar tespiti ve yardım süreçlerini düzenler.	Link
17	2004/12 Sayılı Dilekçe ve Bilgi Edinme Hakkının Kullanılmasına İlişkin Başbakanlık Genelgesi	Genelge	Başbakanlık	23.01.2004	-	Vatandaş başvurularında uyulacak usulleri belirtir.	Link
18	Çığ Duyarlılık Analizi Teknik Raporu	Teknik Rapor	AFAD	-	-	Yerel çığ tehlikesi analizini içerir.	Link
19	Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezleri Yönergelerinin Hazırlanmasına Dair Tebliğ	Tebliğ	Başbakanlık (AFAD)	22.09.2016	29835	Afet merkezleri yönerge esaslarını belirler.	Link
20	On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)	Kalkınma Planı	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı	31.10.2023		Türkiye'nin 2053 vizyonuna uygun olarak yeşil ve dijital dönüşüm odağında yüksek katma değerli, afetlere dirençli kalkınma stratejisi sunar.	Link

21	İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030)	Eylem Planı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	2024		12 sektörde iklim değişikliği etkilerine karşı uyum hedefleri ve önlemlerini belirler. Afet risk azaltımı bu planın alt başlıklarından biridir.	Link
22	KENTGES (2010-2023)	Strateji ve Eylem Planı	Bayındırlık ve İskân Bakanlığı (eski)	2010		Kentsel mekân kalitesinin ve afetlere hazırlıklı kent yapısının artırılması hedeflenmiş; mekânsal planlamayı yeniden yapılandırmayı esas alır.	Link
23	AFAD Stratejik Planı (2019-2023)	Stratejik Plan	AFAD	2019 (2021 güncellemesiyle)		Afet yönetiminin tüm boyutlarını (önleme, hazırlık, müdahale, iyileştirme) kapsayan 6 temada stratejik amaçlar sunar.	Link
24	AFAD Stratejik Planı (2024-2028)	Stratejik Plan	AFAD	2024		2019-2023 dönemi değerlendirilmiş, yeni dönem için amaç, hedef kartları ve risk kontrol faaliyetleri belirlenmiştir.	Link
25	TARAP (Türkiye Afet Risk Azaltma Planı)	Ulusal Plan	AFAD	2022		Afet risklerinin azaltılması amacıyla her afet türüne özel hedef, strateji ve eylemler belirlenmiş; Sendai Çerçevesi ile uyumlu ulusal düzeyde risk azaltma planıdır.Deprem, sel, iklim değişikliği gibi afet türleri için kısa, orta ve uzun vadeli risk azaltma hedefleri sunar. Sendai Çerçevesi ile uyumludur.	Link
26	UDSEP (Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı) 2012-2023	Strateji ve Eylem Planı	AFAD (Başbakanlık dönemi nde)	2013 (2023 hedefli)		Deprem riskinin azaltılması ve toplumun depreme dirençli hale getirilmesi amacıyla oluşturulan stratejik yol haritasıdır. 3 ana eksen, 7 hedef ve 87 eylem içerir	Link
27	URAP (Ulusal Radyolojik Acil Durum Planı)	Olay Türü Acil Durum Planı	AFAD	2022		Nükleer ve radyolojik acil durumlara müdahaleye ilişkin görevli kurumların rollerini, müdahale süreçlerini ve müdahale organizasyonunu tanımlar. TAMP ile uyumludur.	Link
28	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Araştırma, Etüt ve Proje Yaptırma Usul ve Esaslarına Dair Yönetmelik	Yönetmelik	AFAD	-	-	AFAD projelerine ilişkin esasları belirler.	Link

29	Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) Proje Destekleme Esaslarına Dair Yönetmelik	Yönetmelik	AFAD	-	-	Deprem araştırma projelerini destekleme esaslarını belirler.	Link
30	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)	Yönetmelik	ÇŞB	18.03. 2018	30364 (Mükerrer)	Deprem etkisinde yapı tasarımı esaslarını belirler.	Link
31	Kentsel Dönüşüm Sürecinde Kullanılacak Bina Tespiti ve Tahliye Gerekçeleri Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	Cumhurbaşkanlığı	30.09. 2020	31261	Riskli yapıların tahliyesine dair esasları düzenler.	Link
32	Bilgi Edinme Hakkı Kanununun Uygulanmasına İlişkin Esas ve Usuller Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	Bakanlar Kurulu	19.04. 2004	25445	Bilgi edinme kanununun uygulanmasını açıklar.	Link
33	Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik (BEKRA)	Yönetmelik	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	2022		Tehlikeli maddelerin bulunduğu alt ve üst seviyeli endüstriyel kuruluşlarda büyük kazaların önlenmesine yönelik tedbirleri belirleyen yönetmeliktir.	Link
34	Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezleri Yönetmeliği	Yönetmelik	AFAD (Başbakanlık)	19.02. 2011 (RG: 27851)		Afet ve acil durum yönetim merkezlerinin kuruluş, görev ve sorumlulukları ile koordinasyon esaslarını düzenler.	Link
35	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Disiplin Amirleri Yönetmeliği	Yönetmelik	AFAD / İçişleri Bakanlığı	2021 (RG: 29/4/2021-3935)		AFAD personelinin disiplin amirlerini belirleyen ve disipline ilişkin mevzuatın uygulanmasını sağlayan yönetmeliktir.	Link
36	Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik, Nükleer Tehdit ve Tehlikelere Dair Görev Yönetmeliği (KBRN)	Yönetmelik	AFAD / İçişleri Bakanlığı	01.10. 2020 (RG: 31261)		KBRN tehditlerine karşı kurumların görev, sorumluluk ve iş birliği esaslarını belirler; askeri ve sivil koordinasyon içerir.	Link
37	Geçici Koruma Yönetmeliği	Yönetmelik	Göç İdaresi Genel Müdürlüğü	22.10. 2014 (RG: 29153)		Savaş, çatışma veya afet gibi nedenlerle kitlesel olarak Türkiye'ye gelen yabancılara yönelik geçici koruma hükümlerini düzenler.	Link
38	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	İçişleri Bakanlığı	19.12. 2007 (RG: 26735)		Tüm bina ve tesislerde yangına karşı alınacak önleyici ve müdahale tedbirlerini belirleyen kapsamlı teknik yönetmeliktir.	Link

39	Afet ve Acil Durum Harcamaları Yönetmeliği	Yönetmelik	AFAD	24.02.2022		AFAD ve diğer kamu kurumlarının afet ve acil durum faaliyetleri için özel hesaplardan yapacakları harcamaların usul ve esaslarını belirleyen mali düzenlemedir.	Link
40	MEB Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi Yönergesi	Yönetmelik	Millî Eğitim Bakanlığı	15.02.2018		MEB bünyesindeki afet yönetim merkezlerinin teşkilatlanması, görev paylaşımı, haberleşme, ulaştırma ve psikososyal destek gibi detayları düzenleyen metindir.	Link
41	MEB Afet ve Acil Durum Yönetimi Genelgesi (2021/13)	Genelge	Millî Eğitim Bakanlığı	19.03.2021		MEB kurumlarında afet ve acil durumlara hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerini, tatbikat ve eğitim faaliyetlerini tanımlayan kapsamlı genelgedir.	Link
42	Afetler Sebebiyle Edinilen Bina, Arsa ve Arazilerden Artakalanların Değerlendirilmesine Dair Yönetmelik	Yönetmelik	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı	04.04.1985 (dayanak)		7269 sayılı Kanun kapsamındaki artakalan gayrimenkullerin satışı, devri veya kiralanması ile ilgili usul ve esasları belirler	Link
43	İl Afet ve Acil Durum Uzmanlığı Yönetmeliği	Yönetmelik	AFAD / İçişleri Bakanlığı	2022		İl düzeyindeki AFAD uzman ve yardımcılarının alınması, görevleri ve atama süreçlerini düzenler. Profesyonel afet kadrosu oluşturulmasını amaçlar	Link
44	Afet Sebebiyle Yapılan Binaların Borçlandırma Bedellerinden Yapılacak İndirimler Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	Cumhurbaşkanlığı	25.03.1972 - Değ. 2022		Afet sonrası konut yapımı için borçlandırılan vatandaşlara yönelik indirimin esaslarını, kıstaslarını ve ipotek işlemlerini düzenler	Link
45	Afet ve Acil Durum Harcamaları Yönetmeliği	Yönetmelik	AFAD	24.02.2022		Afet öncesi, sırası ve sonrasında yapılacak malî harcamaların kaynağını, usulünü ve AFAD bütçesi içindeki yasal dayanaklarını tanımlar	Link
46	112 Acil Çağrı Merkezleri Kuruluş, Görev ve Çalışma Yönetmeliği	Yönetmelik	İçişleri Bakanlığı	2021		Acil çağrı merkezlerinin işleyişi, görev dağılımı, kurumlar arası koordinasyon ve personel sorumluluklarını düzenleyen detaylı bir yapısal yönetmeliktir.	Link
47	Afet Sebebiyle Hak Sahibi Olanların Tespiti Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	AFAD (öncek i: İmar Bakanlığı)	2006		Afetzedelerin konut, işyeri ve kredi gibi hak sahipliğinin tespiti ile talep ve taahhüt sürecine dair hükümleri içerir.	Link

48	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı	2007		Deprem, sel, yangın gibi afet bölgelerinde yapılaşma tekniklerini, yasak alanları ve dayanıklılık şartlarını belirleyen teknik yönetmeliktir.	Link
49	Afetlerin Genel Hayata Etkililiğine İlişkin Temel Kurallar Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	İmar ve İskan Bakanlığı	1980		Bir afetin genel hayatı etkileyip etkilemediğine dair karar alma kriterlerini, nüfus ve zarar eşiklerini ve resmi karar sürecini düzenler.	Link
50	İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı	2013, günc. 2021		İşverenin işyerinde acil durumlara karşı plan hazırlama, müdahale ekipleri oluşturma ve tahliye düzenlemeleri yapma zorunluluğunu tanımlar.	Link
51	Büyükşehir Belediyeleri ve İl Özel İdareleri Tarafından Afet ve Acil Durumlara Yönelik Harcamalar Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	AFAD	29.05.2009 sonrası		Büyükşehir belediyeleri ve il özel idarelerinin afet ve acil durum hizmetleri için bütçelerinden ayıracakları ödeneklerin kullanım esaslarını belirler.	Link
52	Köpekli Arama Timi Çalışma ve Sınav Yönetmeliği	Yönetmelik	AFAD	2010'lar		Köpekli arama timlerinin afet durumlarındaki çalışma esasları ve sınav sistemi ile görev yeterliliklerinin değerlendirme usullerini belirler.	Link
53	Afet ve Acil Durum Yönetimi Uzman ve Uzman Yardımcılığı Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	AFAD	2009 sonrası		AFAD uzman ve yardımcılarının atanma, sınav, yetiştirilme ve görev kapsamını detaylandıran yönetmeliktir.	Link
54	Sivil Savunma Uzmanlarının Görev, Statü ve Eğitimlerine Dair Yönetmelik	Yönetmelik	AFAD	2009 sonrası		Sivil savunma uzmanlarının görev tanımları, statüleri ve görev yerlerinde eğitim-sorumluluk esaslarını düzenler.	Link
55	Türkiye Deprem Veri Merkezi Sistemi Yönetmeliği	Yönetmelik	AFAD	2023		AFAD Deprem Veri Merkezi'nin işleyişi, veri paylaşımı ve üye kurumlarla koordinasyonuna dair teknik düzenlemeleri içerir.	Link
56	Arama ve Kurtarma Teknisyenliği Sınav, Atama, Görev ve Çalışma Yönetmeliği	Yönetmelik	AFAD	2023		AFAD bünyesindeki arama-kurtarma teknisyenlerinin alımı, sınav ve görev uygulama esaslarını tanımlar.	Link
57	Sığınak Yönetmeliği	Yönetmelik	İmar ve İskan Bakanlığı	1985		Sığınakların türleri, yapım esasları, kullanım alanları ve yapısal şartlarını teknik ve hukuki olarak düzenleyen yönetmeliktir.	Link