

İSTANBUL'UN DEPREME DİRENÇLİLİĞİ ARTIRMAK İÇİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANIMI

Zeliha ÖZEL MAZLUM¹ Özge YALÇINER ERCOŞKUN²

Makale İlk Gönderim Tarihi / Recieved (First): 17.11.2023

Makale Kabul Tarihi / Accepted: 01.12.2023

Atıf/©: Ozel Mazlum, Z., Yalçiner Ercoşkun, Ö., (2023).İstanbul'un Depreme Dirençliliği Artırmak İçin Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı.. Journal of Management Theory and Practices Research, 4(2), 148 - 179

Özet

Afet fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olarak bireylerin yaşantısını kesintiye uğratan, doğal, insan kaynaklı veya teknolojik nedenlere bağlı gerçekleşen beklenmedik olay olarak tanımlanabilir. Yapılaşmış çevre ile birlikte sosyal ve ekonomik çevrelerde yaşanan hızlı değişimler doğal ve insan kaynaklı afetlerin yönetilmesini zorlaştırmaktadır. Olası İstanbul depremi can ve mal kaybı ile birlikte sağlık ve eğitim hizmetlerinin aksamasına, kültür varlıklarının zarar görmesine, altyapı sistemlerinin olumsuz etkilenmesine neden olacaktır. 1999 Kocaeli ve Düzce, 2020 Elazığ ve 2023 Kahramanmaraş depremleri İstanbul'un da olası büyük bir deprem ile karşı karşıya olduğu gerçeğini gündeme getirmiştir. Yaşanması muhtemel olan can ve mal kayıpların azaltılabilmesi için yapılaşmış çevrenin güçlendirilmesine ilişkin alınacak önlemlerin yanı sıra veri tabanlarının oluşturulması da acil durumlarda karar vermeyi kolaylaştıracak önemli bir konudur. Deprem sonrasında uygun eylemi gerçekleştirmek için doğru verilere ulaşılması gerekliliği Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) önemini ortaya çıkarmaktadır. Çalışmanın amacı 2030 yılına kadar İstanbul'da yaşanması öngörülen deprem öncesinde kentin afete dirençli hale getirilebilmesi için deprem riskinin değerlendirilerek, yüksek riskler barındıran alanların belirlenmesidir. Olası İstanbul depremi riskin değerlendirilebilmesi ve senaryo geliştirilebilmesi için deprem veri tabanının oluşturulmasını gerekli kılmaktadır. Bu kapsamda çalışma ile 2030 yılına kadar gerçekleşmesi öngörülen "Büyük İstanbul Depremi" öncesinde deprem riskinin belirlenebilmesi için İstanbul deprem veri tabanı oluşturulmuştur. CBS ağırlıklı çalışmada mekânsal veri tabanı kurularak, sentez çalışması gerçekleştirilmiştir. Veri tabanı oluşturulurken CBS tercih edilme sebebi analiz ve sentez yapılabilmesi ile birlikte senaryo geliştirilmesine imkân tanınmasıdır. Doğal çevreye, zemine, binalara ve demografik yapıya ilişkin gerçekleştirilen analiz çalışmaları çakıştırılarak, sonuç ürün olarak sentez çalışması üretilmiştir. Sentez çalışmasına göre Avrupa Yakasında Tarihi Yarımada'da Anadolu Yakasında ise; Kadıköy ve Üsküdar'da nüfus yoğunlaşmakta, deprem senaryolarına göre zemin durumu ve yapılaşma açısından riskli alanlar bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Veritabanı, Ağırlıklı Çakıştırma, İstanbul

JEL Kodu: D89, O2

1 Gazi Üniversitesi, Ankara/Türkiye, E-mail: zzeliha.ozel@gmail.com, Orcid No: 0000-0002-8461-2500

2 Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Ankara/Türkiye, E-mail: ozgeyal@gmail.com, Orcid No: 0000-0003-2734-0374

EVALUATION OF LOCAL PRODUCTS OF INEGOL DISTRICT CUISINE WITHIN THE SCOPE OF GASTRONOMY TOURISM

Citation/©: Ozel Mazlum, Z., Yalçiner Ercoşkun, Ö., (2023). İstanbul'un Depreme Dirençliliği Artırmak İçin Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı. *Journal of Management Theory and Practices Research*, 4(2), 148 - 179

Abstract

Disaster can be defined as an unexpected event due to natural, human-made or technological reasons that interrupts the lives of individuals by causing physical, economic and social losses. Rapid changes in the social and economic environments as well as the built environment make it difficult to manage natural and human-induced disasters. A possible Istanbul earthquake will cause loss of life and property, disruption of health and education services, damage to cultural assets, and negative effects on infrastructure systems. The 1999 Kocaeli and Düzce, 2020 Elazığ and 2023 Kahramanmaraş earthquakes brought to the fore the fact that Istanbul is also facing a possible major earthquake. In addition to the measures to be taken to strengthen the built environment in order to reduce possible losses of life and property, the creation of databases is an important issue that will facilitate decision-making in emergency situations. The necessity of accessing accurate data to take appropriate action after the earthquake reveals the importance of Geographic Information Systems (GIS). The aim of the study is to evaluate the earthquake risk and identify areas with high risks in order to make the city disaster-resilience before the earthquake that is predicted to occur in Istanbul by 2030. The possible Istanbul earthquake requires the creation of an earthquake database in order to evaluate the risk and develop a scenario. In this context, the Istanbul earthquake database was created to determine the earthquake risk before the "Great Istanbul Earthquake", which is expected to occur by 2030. In a GIS-oriented study, a spatial database was established and a synthesis study was carried out. The reason why GIS is preferred when creating a database is that it allows analysis and synthesis as well as scenario development. By superimposing the analysis studies on the natural environment, ground, buildings and demographic structure, a synthesis study was produced as the final product. When the synthesis study is evaluated, the population is concentrated in the Historical Peninsula on the European Side and in Kadıköy and Üsküdar Districts on the Anatolian Side, and there are risky areas in terms of ground conditions and construction according to earthquake scenarios.

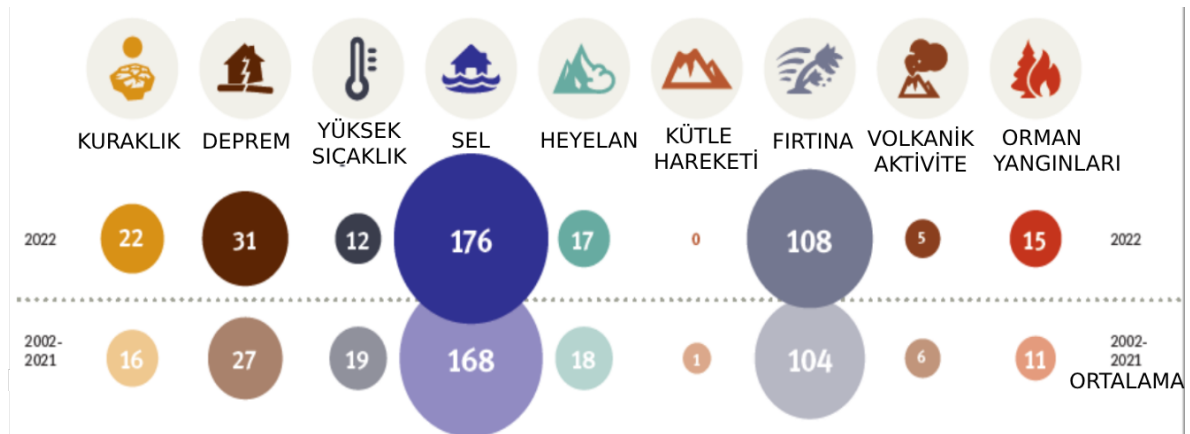
Keywords: Earthquake, Geographic Information Systems, Database, Weighted Overlay

JEL Classification: D89, O2

1. GİRİŞ

Son yıllarda uluslararası ve ulusal çalışmalarda önemi vurgulanan tehlike, risk, kırılganlık ve kapasite kavramları farklı anlamlara sahiptir. Tehlike belirli bir zaman ve mekânda ortaya çıkan, çevre ve insanlar üzerinde olumsuz etkiler gösteren durum olarak tanımlanmaktadır. Risk ise bir tehlikenin afete dönüşme olasılığı ile birlikte beklenen olumsuz sonuçların neden olduğu fiziksel, ekonomik, sosyal, politik kayıpları tanımlamaktadır. Kırılganlık bireylerin, toplumların ve kurumların tehlikeyle başa çıkma ve tehlikenin etkilerini azaltma konusunda kapasiteye sahip olmama durumu olarak ifade edilmektedir. Kapasite ise tehlike ile başa çıkmada ve kayıp azaltmada sahip olunan nitelikler ve kaynaklardır (AFAD, 2009).

Afet kavramı ise risk kavramına benzer şekilde fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olarak bireylerin yaşantısını kesintiye uğratan, doğal, insan kaynaklı veya teknolojik nedenlere bağlı olarak gerçekleşen beklenmedik olay olarak tanımlanabilir (AFAD, 2009). Afetlerin sonuçları ekonomiyi, sosyal hizmetleri, gıda sektörünü, ekosistemleri olumsuz etkilemektedir. Afetlerin toplumlar üzerindeki yıkıcı etkileri risk düzeyi ile doğru orantılı olarak artmaktadır (Shaw ve Mitra, 2023). Afetlerin kimliğin ayrılmaz parçası olan tarihi bina ve anıt gibi kültürel miras üzerinde de etkileri bulunmaktadır. Kültürel mirasın kaybının bireysel ve toplumsal düzeyler üzerinde olumsuz etkilerini azaltmak için risk yönetimi önemlidir (Daly vd., 2023). Her yıl yaklaşık 190 milyon birey afetlerden doğrudan etkilenmekte, 77.000'den fazla da ölüm gerçekleşmektedir (WHO, 2020). EM-DAT veri tabanına göre 2022 yılında dünya çapında 387 doğal afet (Şekil 1) kaydedilmiş, 30.704 kişi hayatını kaybetmiş ve 185 milyon kişi afetlerden etkilenmiştir. 2022 yılı verisi ile birlikte 2002-2021 yılı ortalamasına göre elde edilen veriler incelendiğinde dünya çapında en sık meydana gelen afet türünün sel olduğu görülmektedir. Sel afetini fırtına ve deprem takip etmektedir (EM-DAT, 2022) (Şekil 1).



Şekil 1. 2022 Yılı ve 2002-2021 Yılı Ortalaması Afet İstatistikleri (EM-DAT, 2022)

Ülkemizi en çok etkileyen afetler ise başta deprem olmak üzere sel, heyelan, kaya düşmesi, çığ ve orman yangınlarıdır. Dünya çapında gerçekleşme sıklığına göre üçüncü sırada yer alan deprem, AFAD verilerine göre Türkiye’de birinci sırada yer almaktadır. 2022 yılında Türkiye gerçekleşen afet sayısı 22.982’dir (Tablo 1) (AFAD, 2023)

Tablo 1. 2022 Yılı Afet Türlerine Göre İstatistiki Veriler (AFAD, 2023)

DEPREM	21,054
HEYELAN	859
SEL	450
KAYA DÜŞMESİ	137
ÇIĞ	18
OBRUK	13
DİĞER	451
TOPLAM	22,982

Türkiye dünyanın en aktif ve önemli deprem kuşakları üzerinde yer almaktadır. Türkiye’de Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF) ile birlikte (AFAD, 2009), DAF ve KAF bloklarının batısında yer alan Ege Garben Sistemi olmak üzere üç ana fay sistemi bulunmaktadır. KAF Ege Denizi’nin kuzeyinden başlayarak, doğuda Karlıova’ya kadar uzanmaktadır. Karadeniz’e paralel uzanan KAF yaklaşık 1.200 km uzunluğundadır. 17 Ağustos 1999 Marmara depremi KAF’ın en aktif segmenti olan kuzey kolunda gerçekleşmiştir. Güney kolu ise Ege Denizi doğrultusunda uzanmaktadır (Kartal vd., 2015). KAF Arap levhası ve Avrasya levhası arasında, hareketini batıya doğru gerçekleştiren Anadolu levhasının kuzey kısmında yer almaktadır (Şekil 2)(AFAD, 2021). İstanbul’un da etkilendiği 1999 Marmara depreminde 18.000 kişi hayatını kaybetmiştir. Sanayi, teknoloji ve hizmetlerin merkezinde yer alan İstanbul merkezli bir depremin gerçekleşmesi durumunda can kaybının yanı sıra Türkiye’de tüm sektörler de etkilenecektir. İstanbul, Türkiye’nin ekonomik faaliyet merkezidir. Deprem, ticaret, üretim ve hizmet sektörlerinde ciddi kayıplara yol açabilir. Şirketlerin kapanması, iş yerlerinin hasar görmesi ve ekonomik faaliyetin durması gibi etkiler gözlenebilir. (Yeşil vd., 2020).

**Şekil 2.** İstanbul ve Çevresi Fay Haritası (AFAD, 2021)

Kültürel, endüstriyel ve ekonomik faaliyetlerin merkezinde yer alan, konumu, demografik yapısı ve ekonomik faaliyetler açısından Türkiye için büyük öneme sahip olan İstanbul kuzey Anadolu fay hattına yakın konumu nedeniyle 50 milyar doların üzerinde ekonomik kayba yol açma riskini barındırmaktadır (İPKB, 2014). Hızlı nüfus artışı, kaçak yapılaşma, altyapı ve hizmetlerin yetersizliği ve ekolojik dengenin göz ardı edilmesi İstanbul’daki deprem riskini her geçen gün artırmaktadır. 1999’da Türkiye’yi vuran iki büyük deprem sırasında yaşanan kayıplar ve deprem risk analizi sonuçları değerlendirildiğinde İstanbul için tek bir platformda yer alan deprem veri tabanı hazırlanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Erdik ve Durukal, 2008).

1999 Marmara depreminde geçici barınma ihtiyacı büyük sorun olmuştur. Afet türü ve ölçeği ne olursa olsun afetle karşı karşıya kalındığında bireyler geçici süreliğine yaşadıkları yeri terk etmek zorunda kalmışlardır. Bu sebeple hasar durumu ve barınma ihtiyacını deprem öncesinde tahmin eden deprem senaryoları gerekmektedir. Deprem bölgelerine ilişkin acil durumlarda barınmaya uygun alanların belirlenebilmesi için yerleşilebilirlik analizleri mevcut olmalıdır. Bu kapsamda; acil durumlarda karar almayı kolaylaştıran Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) etkili bir araçtır. CBS deprem anında ağır hasar alma ihtimali yüksek alanların belirlenmesini ve tahliye için değerlendirilebilecek düşük hasar alma ihtimali olan alanların tespit edilmesine olanak tanıyacaktır (Yücel, 2018). 1960'lı yıllarda haritaları dijitalleştirmek ve birleştirmek için sıkça kullanılan CBS farklı disiplinler tarafından tercih edilmektedir. Temel fonksiyonu karar verme sürecini kısaltmaktır. Mekâna ilişkin grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve analiz edilmesine olanak tanıyan CBS öznitelik bilgileri ile birlikte konum bilgilerini de içermektedir (Kaplukan, 2014).

Deprem öncesinde ve sonrasında risk yönetiminin sağlanabilmesi için CBS araç olarak kullanılmaktadır. Deprem gerçekleşmesi öngörülen alanlara ilişkin mevcut bilgilerin CBS'ye aktarılması durumunda deprem anında karar vericiler kolaylıkla strateji geliştirebileceklerdir. Diğer taraftan alan özelinde sismik risklerin değerlendirilmesine, risk azaltmaya ilişkin karar alınmasına da olanak tanıyacaktır. CBS her bir bölgenin aktif faya uzaklığının belirlenmesine, sıvılaşma riski yüksek alanların en riskliden en az riskliye doğru kategorize edilmesine, alüvyon riski altında bulunan alanların belirlenmesine imkân tanımaktadır. Deprem yanı sıra mevcut bilgilerin yer alması durumunda, sel, toprak kayması, yangın vb. afet türlerine ilişkin de risk analizleri de gerçekleştirilebilmektedir (Esmael, 2018).

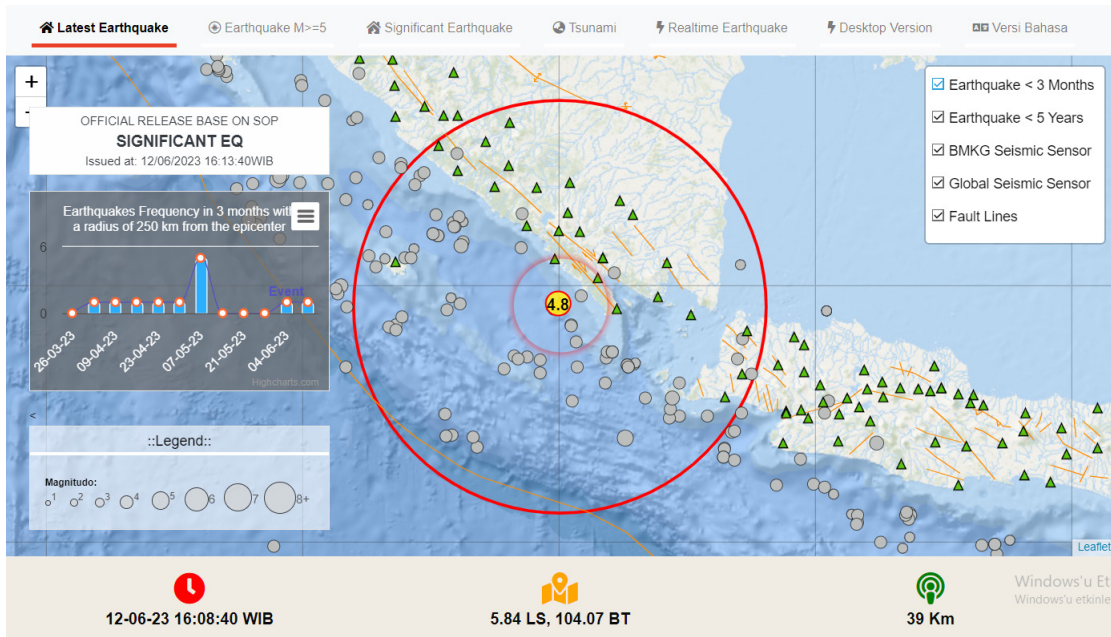
CBS sismik tehlike ve risk değerlendirme çalışmalarında sıklıkla tercih edilmektedir. Büyük miktarda veriyi barındıran CBS karmaşık matematiksel modellerin geliştirilmesi ve modellerin sonuçlarının grafiksel olarak gösterilmesi için kullanılır. CBS veri tabanı ve yazılım modülüdür. Sismik olaylarının hızlı bir şekilde değerlendirilmesine, senaryolar üretilmesine ve yer hareketi parametrelerinin (PGA, EPA, vb.) haritalanmasına olanak tanır (Zaicenco ve Alkaz, 2009). Diğer taraftan deprem riskinin belirlenmesi yapılaşmış, doğal ve ekonomik çevrelere ilişkin tedbirlerin alınmasına da imkân verecektir. CBS binalar, zemin ve sosyal çevreye ilişkin envanter hazırlanmasını, deprem tehlikesi ve hasar görebilir alanlar belirlenmesini sağlar (Erdik vd., 2011). Veri tabanı oluşturulması riskin belirlenmesi için önemlidir. Karmaşık yapıları büyük şehirlerde farklı düzeylerdeki deprem riskinin değerlendirilebilmesi için birçok veriyi barındıran bir veri tabanına ihtiyaç duyulmaktadır (Kundak ve Türkoğlu, 2007).

Çalışma kapsamında ASEAN Bölgesinin deprem risklerini azaltmayı hedefleyen Endonezya Meteoroloji, Klimatoloji ve Jeofizik Ajansı (BMKG), (URL 1) Endonezya'yı vuran 7,5 büyüklüğündeki deprem sonrasında depreme ilişkin haritalar oluşturan Avrupa Uzay Ajansı (ESA) (URL 2), Kaliforniya Üniversitesi Berkeley Sismolojik Laboratuvarı tarafından oluşturulan USGS (URL 3) veri tabanı incelenmiştir.

Endonezya'ya ilişkin kaydedilen depremlerin %81'i, birçok volkanik patlamanın ve depremin yaşandığı, 40.000 km uzunluğunda ve 500 km genişliğinde pasifik ateş çemberinde meydana gelmektedir. Endonezya'nın yüzölçümünün yüzde altmışından fazlası yüksek sel riskine maruz kalmaktadır. 127 aktif volkanın bulunduğu bölgede konumlanan Endonezya sel ve volkanik risklerle karşı karşıyadır. Meydana gelen afetler insanları olduğu kadar ekonomiyi de etkilemektedir. 2004 yılında gerçekleşen Aceh depremi ve Hint Okyanusunda meydana gelen tsunami şimdiye kadar yaşanan en ölümcül olaylar arasında yer almaktadır. Son 15 yılda Endonezya, afet olayları nedeniyle yaklaşık 16,8 milyar dolarlık

zarara uğramıştır (The World Bank, 2019).

ASEAN bölgesinde yaşanacak herhangi bir deprem, tsunami oluşturma potansiyeline sahiptir (URL 1). ASEAN bölgesi; Avrasya, Hint-Avustralya ve Pasifik levhaları olmak üzere üç ana tektonik levhanın ve bir küçük levha olan Filipin levhasının kesiştiği noktada yer almaktadır. ASEAN bölgesinde yer alan ülkelerin, deprem risklerini azaltmak için Endonezya Meteoroloji, Klimatoloji ve Jeofizik Ajansı tarafından (BMKG) Ulusal Sismoloji Merkezleri kurulmuştur. Endonezya Meteoroloji, Klimatoloji ve Jeofizik Ajansı (BMKG) ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından hazırlanan deprem veri tabanlarında geçmişte yaşanan deprem ve tsunami afetlerine ilişkin veriler ile birlikte sismik veriler de yer almaktadır (Şekil 3) (URL 1 ve 2).

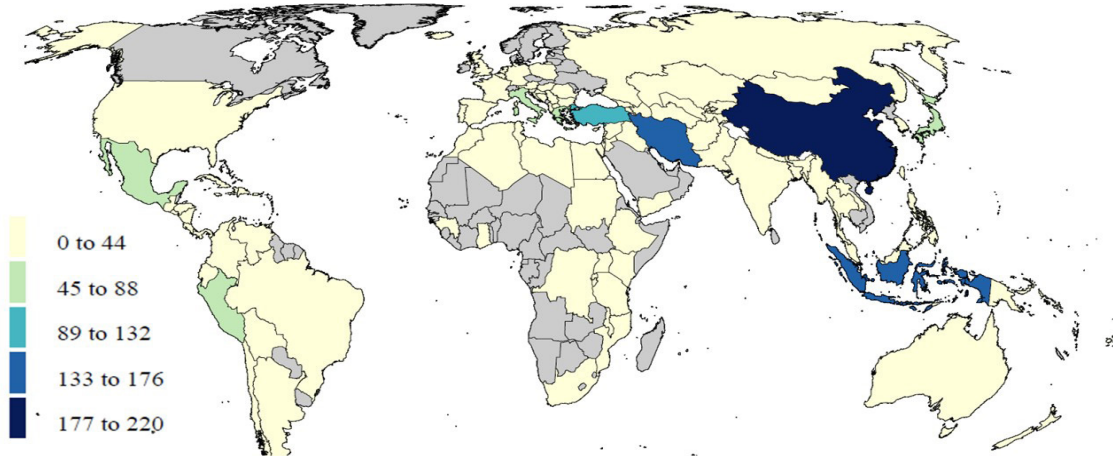


Şekil 3. Endonezya Erken Uyarı Sistemleri (URL 4)

Fransız jeologlar 2018 yılında Endonezya'yı vuran 7,5 büyüklüğündeki deprem sonrasında depreme ilişkin haritaları oluşturmuşlardır. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ise dünya gözlem uyduları komitesi (ceos) afetler çalışma grubu kurarak bir dizi faaliyete liderlik etmiştir. Afetlerin tarihi, enlem, boylam, derinlik ve büyüklük bilgisinin yer aldığı bir veri tabanı geliştirmiştir (URL 2). Avrupa Uzay Ajansı Sentinel-2A uydularından görüntüler olarak tüm kullanıcılara ücretsiz veri sunmaktadır (Dereli, 2019).

Acil Durum Veri Tabanı (EM-DAT) Belçika merkezli veri tabanıdır. EM-DAT doğal ve insan kaynaklı afetlere yönelik 115 yıllık veriyi ücretsiz kullanıcılara sunmaktadır. Veri tabanına göre bir olayın afet olarak değerlendirilebilmesi için en az 10 kişinin ölmesi, 100 kişinin etkilenmesi, olağanüstü hal ilan edilmesi ya da hükümetin yardım çağrısında bulunması gerekmektedir. Veri tabanında afet dağılımları ve ölüm sayılarına ilişkin bilgiler yer almaktadır (Bahadır ve Uçku, 2018).

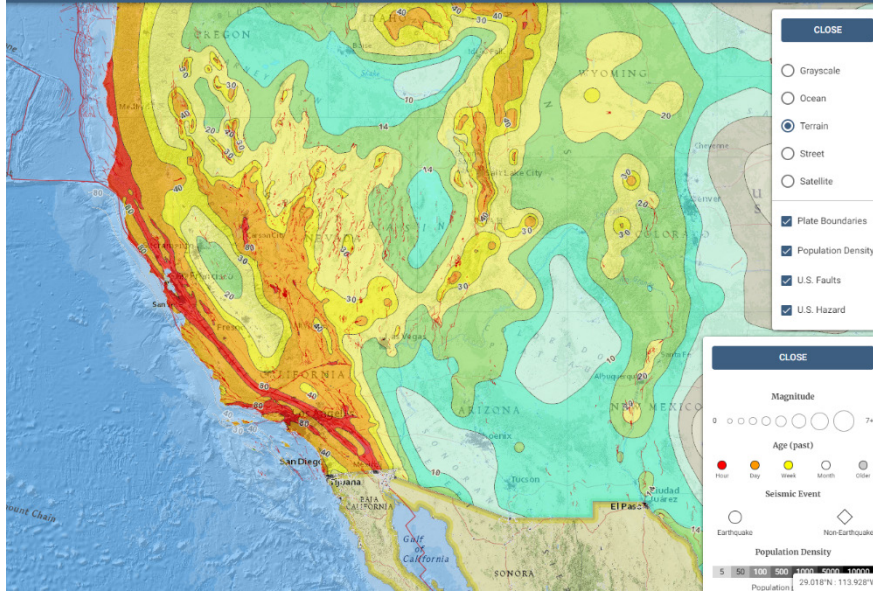
EM-DAT veri tabanına göre deprem bölgesinde yer alan Türkiye'de depremler ile birlikte volkanik patlamalara da neden olan tektonik hareketler oluşmaktadır. En sık meydana gelen iki ana afet türü 22 olayla sel ve 21 olayla depremdir. Sel ve depremler arasındaki olay sayısı hemen hemen aynı olsa bile, 2000 ile 2018 yılları arasında depremden kaynaklanan 950 ölümlerle (yaklaşık %68'i), sellerden kaynaklanan 246 ölüm (yaklaşık %18) karşılaştırıldığında, depremin daha ölümcül olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır (Şekil 4) (URL 5).



Şekil 4. 1900-2023 Yılları Arasında Gerçekleşen Yer Hareketlerinde Kaynaklanan Afet Sayısı
(URL 6)

Kuzey Kaliforniya’da, Kaliforniya Üniversitesi Berkeley Sismolojik Laboratuvarı (BSL) ve USGS Menlo Park (MP) yerel yönetimlere, kamu ve özel kuruluşlara, araştırmacılara ve vatandaşlara güvenilir deprem bilgileri sağlamak için işbirliği yapmıştır. Oluşturulan veri tabanı ile can ve mal kaybını azaltmak hedeflenmektedir. Vatandaşlar, acil müdahale ekipleri ve mühendisler, bir depremin nerede meydana geldiği, farklı yerlerde yerin ne kadar sarsıldığı, beklenen ekonomik ve insani etkilerin neler olacağı hakkında doğru ve zamanında bilgi için USGS veri tabanından faydalanmaktadır. Deprem veri merkezi BSL tarafından işletilmektedir. Merkez genel olarak sismik verileri depolamaktadır. Deprem dalgalarını ifade eden pgv , gelen ivmeye verilen en yüksek tepkiyi ifade eden psa , deprem büyüklüğünü ifade eden pga , bina ve insan yoğunluğu, sivilaşma riski, heyelan riski, tektonik plakalar ve faylar hakkında bilgileri de içermektedir (URL 3).

İnşaat mühendisleri ve mimarların, yapıların depremler tarafından ne derecede etkileneceğini bilmesi gerekir. Ulusal Sismik Tehlike Haritaları Amerika Birleşik Devletleri’nde depreme dayanıklı yapıyı inşa etmek için araç olarak kullanılmaktadır. Yapıların faya uzaklıkları ile birlikte sismolojik ve jeolojik bilgiler, olası yer hareketlerini öngörmek için derlenir ve haritalar oluşturulur. Farklı haritalar, farklı yer hareketlerini gösterir; bazı haritalar mühendisleri düşük katlı konut yapılarının tasarımı konusunda bilgilendirirken, diğerleri ise; daha uzun dalga boyundaki yer sarsıntısına daha duyarlı olan yüksek binalar ve uzun köprüler tasarlamak için kullanılır. Haritalar her altı yılda bir güncellenir (URL 3). USGS veri tabanı; sismik tehlike, senaryo, risk ve kayıp modeli geliştirme için kullanılmaktadır. Geliştirilen senaryolar ile belirli bir büyüklük ve konumda meydana gelmesi öngörülen depreme ilişkin stratejiler geliştirilir (Şekil 5) (URL 7).



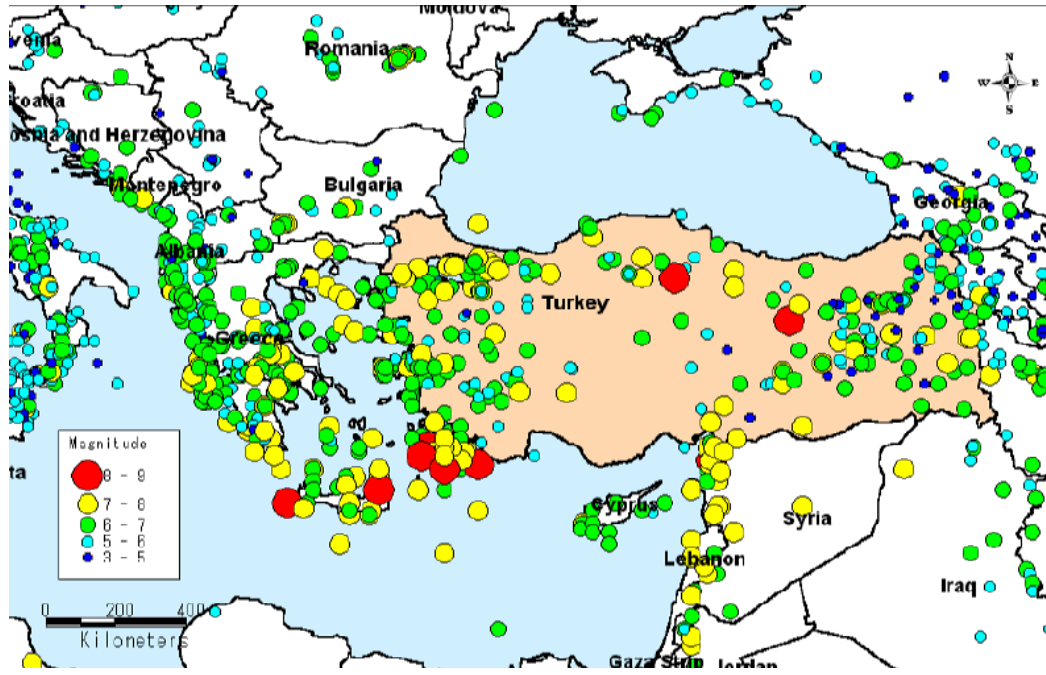
Şekil 5. Kaliforniya Deprem Tehlikesi Haritası (URL 8)

2. 2. İSTANBUL'UN DEPREM RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deprem yer kabuğunun hareket etmesi sonucu oluşan sarsıntıdır. Uzun zaman dilimlerinde yer kabuğunda biriken enerji fay olarak tanımlanan zayıf bölgelere boşalır ve sismik dalgalar oluşur. Sismik dalgalar ise kayaları deforme ederek, yer kabuğunu yükselterek ya da alçaltarak hareket ettirir (AFAD, 2019). Her ne kadar depremler bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile önceden tahmin edilebiliyor olsa da yine de yerleşimler ve bireyler üzerinde yıkıcı etkilere neden olmaktadır (Lin ve Lee, 2023).

Türkiye'nin nüfusunun %19'unu barındıran İstanbul'da son yıllarda deprem riskinin azaltılması için kentsel dönüşüm uygulamaları gerçekleştirilmektedir. İstanbul'da mühendislik hizmeti almadan inşa edilen kaçak yapılarla birlikte mevzuata uygun inşa edilmemiş riskli yapı stoku deprem riskini artırmaktadır. İstanbul kuzey Anadolu fay hattına yakın yerde konumlanmaktadır (Kundak ve Türkoğlu, 2007). Yıkıcı hasarlara neden olan ve İstanbul'u da etkileyen 1999 Marmara Depreminde 18.373 kişi hayatını kaybetmiş, 48.901 kişi yaralanmıştır. 112.735 adet konut ve işyeri ağır hasar almıştır. İstanbul genelinde ise; 4.000 yapı ağır hasar almıştır (AFAD, 2021). Deprem sonrasında normal hayatın akışı durmuş, altyapı hasar görmüş, elektrik ve su kesintileri yaşanmıştır. Yolların hasar görmesi ulaşımı durdurmuştur. Afet bölgelerine ulaşamadığı için müdahale edilememiştir. Bu nedenle; İstanbul'da yaşanması öngörülen depreme hazırlık çalışmaları gerçekleştirilmektedir (AFAD, 2009).

İstanbul geçmişte birçok depreme neden olan Java-Myanmar-Himalaya-İran-Türkiye ve Yunanistan yönünde sıralanan bir aktif sismik bölgede konumlanmaktadır. (Şekil 6) Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer alan İstanbul'da tarih boyunca birçok yıkıcı etkilere sahip deprem meydana gelmiştir. Bu sebeple İstanbul'un potansiyel deprem riskinin etkilerinin azaltılması için afet önleme/azaltma planının hazırlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. 2002 yılında Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) tarafından "İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı" çalışmaları yürütülmüştür (JICA, 2002).



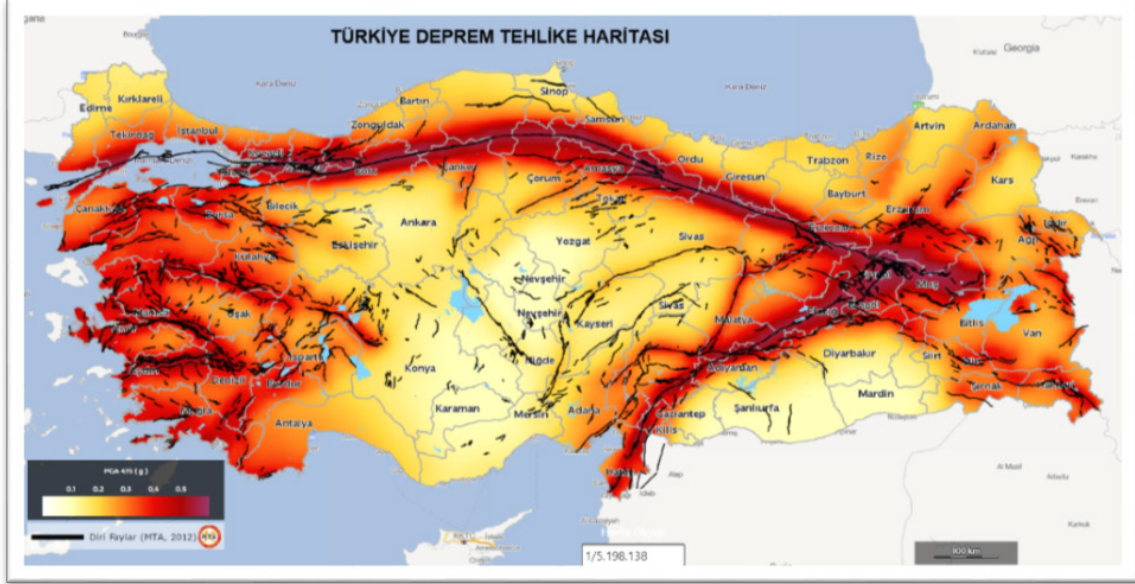
Şekil 6. Türkiye çevresinde meydana gelmiş yıkıcı hasarlara neden olan depremler (JICA, 2002)

Çalışmaya katkı sağlayan sismologlar kuzey Anadolu fay hattının batısında yer alan İstanbul'da büyük bir depremin gerçekleşeceğini, öngörerek dört farklı senaryo geliştirmişlerdir. Yaklaşık 120 km uzunluğunda olan Model A, 1999 depreminin meydana geldiği faydan başlayarak Silivri'ye kadar uzanmaktadır. Büyüklüğü 7.5'tir. Dört senaryo içerisinde gerçekleşme ihtimali en yüksek olanıdır. 7.4 büyüklüğündeki Model B, yaklaşık 110 km uzunluğundadır. 1912'de Şarköy'de gerçekleşen deprem fayından başlayarak Bakırköy ilçesine kadar uzanmaktadır. Model C ise yaklaşık 170 km uzunluğundaki KAF'ın aynı anda kırılacağını ve büyüklüğün 7.7 olacağını ifade etmektedir. 6.9 büyüklüğünde öngörülen Model D, Marmara Denizi'nin kuzeyinde yer alan fayın Çınarcık Çukuruna dik bir eğimle gireceğini varsaymaktadır (Tablo 2). Sonuç olarak JICA'nın çalışması İstanbul özelinde gerçekleştirilen senaryo çalışmaları ile İstanbul'un deprem riski değerlendirilerek, deprem riski etkilerini azaltmaya yönelik kısa-orta ve uzun vadeli öneriler geliştirilmesine imkan tanımıştır (JICA, 2002).

Tablo 2. Fay Modeli Parametreleri (JICA, 2002)

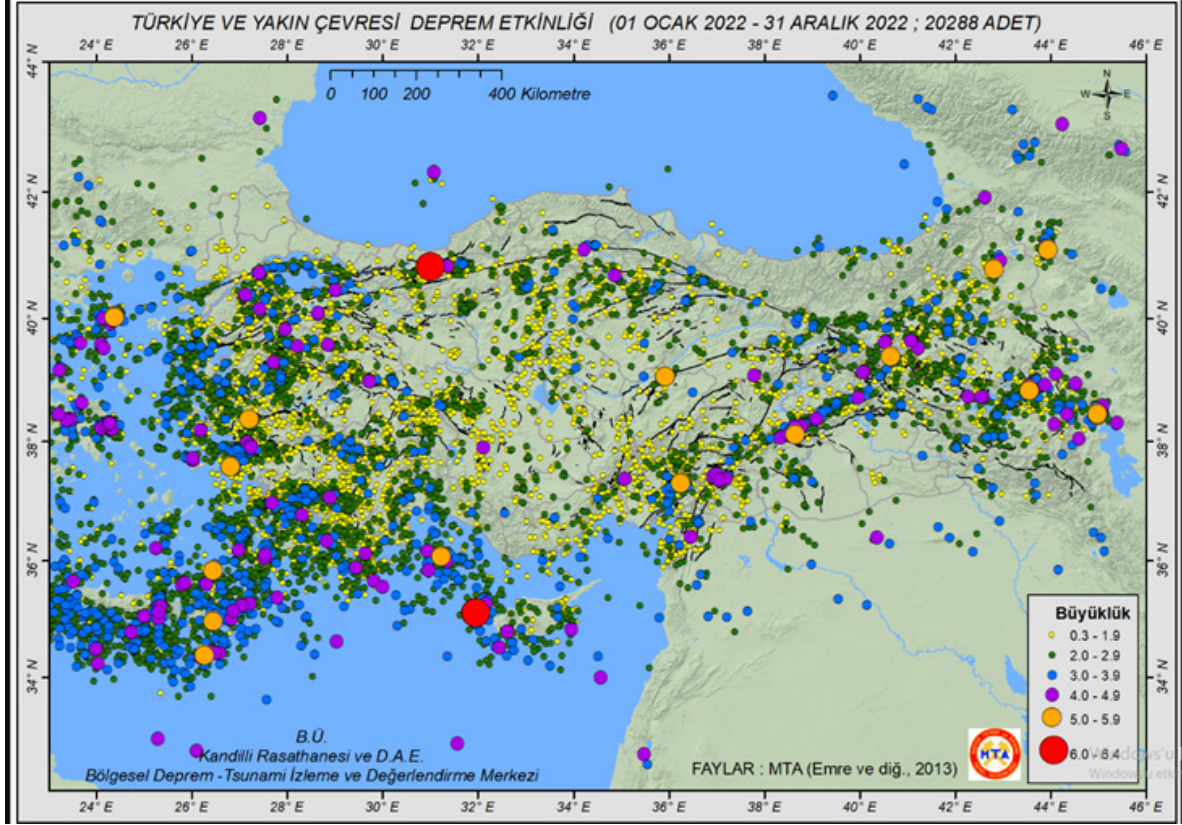
	MODEL A	MODEL B	MODEL C	MODEL D
UZUNLUK (KM)	119	108	174	37
MOMENT BÜYÜKLÜĞÜ (MW)	7.5	7.4	7.7	6.9
İNİŞ AÇISI (DERECE)	90	90	90	90
ÜST KENAR DERİNLİĞİ (KM)	0	0	0	0
TİP	Doğrultu Alımlı	Doğrultu Alımlı	Doğrultu Alımlı	Normal Fay

İBB ve Kandilli Rasathanesi tarafından gerçekleştirilen “İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi” nde ise 7,5 büyüklüğündeki senaryo depreminde binaların yaklaşık %57’sinin hasar göreceğinin tahmin edildiği belirtilmektedir (Kalaycıoğlu vd., 2023). İstanbul özelinde gerçekleştirilen çalışmalar ile depremselliği yüksek bir coğrafyada konumlanan şehirde gerçekleşmesi muhtemel depremin telafi edilemez ve yönetilemez boyutlarda zararlara neden olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 7) (İBB Arşivi, 2023).



Şekil 7. Türkiye Deprem Riski Haritası (URL 9)

“Afet Risk Yönetimi için Megaşehir Gösterge Sistemi” çalışmasında olası bir depremde İstanbul’da kullanılamayacak bina sayısının 100.000-190.000 arasında değişeceği öngörülmektedir. Bu sayılar İstanbul İlindeki yapıların yaklaşık %10-16’sına denk gelmektedir (İBB, 2012). İstanbul’da 2019 yılında Kartal’da ve 2021 yılında Zeytinburnu İlçesi’nde gerçekleşen yapı çökmeleri yapı stokunun riskli olmasından kaynaklanmıştır. Bu da 2000 yılı öncesi inşa edilen eski yapı stokunun yenilenmesi gerekliliği ortaya koymaktadır (İBB Arşivi, 2023) (URL 9). İstanbul’da 1900 yılı sonrasında 262, 1900 yılı öncesinde ise 449 adet deprem gerçekleşmiştir. Gerçekleşen depremlerin en büyüğü 7,6’dır (Şekil 8) (AFAD, 2021).



Şekil 8. 2022 Depremsellik Haritası (URL 10)

3. YÖNTEM

CBS ağırlıklı çalışmada ilgili ulusal ve uluslararası literatür gözden geçirilerek, mekânsal veri tabanı kurulmuş, sonuç ürün olarak sentez çalışması gerçekleştirilmiştir. Risk yönetimi kapsamında oluşturulan ESA (URL 1), (URL 2), EM-DAT (URL 5) ve USGS (URL 3) veri tabanlarının incelendiğinde birçok ülkeye ilişkin açık verilerin tüm kullanıcılara sunulduğu görülmektedir. Uluslararası veri tabanlarının yanı sıra ulusal veri tabanlarında da çoğunlukla sismik veriler yer almaktadır. Bu kapsamda çalışma ile şehircilik özelinde tedbirlerin geliştirilebilmesi için İstanbul'a ilişkin oluşturulan deprem veri tabanlarında yer alan mekânsal veriler CBS ortamına aktarılarak, analizler gerçekleştirilmiştir. TUIK, İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Kandilli 'den temin edilen veriler ilçe ölçeğinde düzenlenerek, CBS ortamına aktarılmıştır. Aktarılan verilerle gerçekleştirilen analizler üst üste getirilerek, sentez yapılmıştır. İstanbul'a ilişkin hazırlanan sentez yerleşime uygun alanlar ile birlikte yerleşim için risk teşkil eden alanların belirlenmesini sağlamıştır.

TUIK' ten elde edilen excel formatında ilçe ölçeğindeki nüfus verisi (URL 11) kullanılarak, nüfus yoğunluğu verisi elde edilmiştir. İstanbul açık veri portalından elde edilen excel formatında yapım yılı, kat sayısı (Şekil 9), (URL 12) ve deprem senaryosu verileri (Şekil 10), (URL 13) ise mahalle ölçeğindedir.

2017 Yılı Mahalle Bazlı Bina Sayıları

Veri Adresini Kopyala İndir Veri API

İşbu veri kaynağı içerisinde İstanbul sınırları dahilinde bulunan mahallelerdeki bina sayıları yer almaktadır. Tüm binalar yapım yılına ve kat sayısına göre kategorize edilmiştir. Veri seti oluşturulurken 2017 yılına ait veriler kullanılmıştır.

Veri Kaşifi

Filtre ekle Tam ekran Göm

Tablo Grafik Harita 959 kayıt « 1 - 100 » Filtreler

Veriyi ara ... Git »

_id	ilce_adi	mahalle_adi	mahalle...	1980_on...	1980-20...	2000_so...	1-4 kat...	5-9 kat...	9-19 k...
1	ADALAR	BURGAZADA	40139	433	214	173	802	18	0
2	ADALAR	HEYBELİYADA	40142	836	347	212	1359	36	0
3	ADALAR	KINALIADA	40143	610	244	158	923	89	0
4	ADALAR	MADEN	40140	863	510	308	1637	44	0
5	ADALAR	NYZAM	40141	842	426	217	1434	51	0
6	ARNAVUTKÖY	ADNAN MEND...	40490	0	244	121	353	12	0
7	ARNAVUTKÖY	ANADOLU	99359	0	1360	845	1647	555	3
8	ARNAVUTKÖY	ARNAVUTKÖY ...	40478	0	685	589	797	470	7
9	ARNAVUTKÖY	ATATÜRK	40482	0	565	216	754	27	0
10	ARNAVUTKÖY	BAKLALI	191981	0	332	184	515	1	0
11	ARNAVUTKÖY	BALABAN	191983	0	242	53	295	0	0

Şekil 9. İBB açık veri portalından elde edilen mahalle bazlı bina sayıları (URL 12)

Deprem Senaryosu Analiz Sonuçları

Veri Adresini Kopyala İndir Veri API

Veri seti 7.5 Mw büyüklüğünde gece olacak deprem senaryosuna göre yapılan analizlerin sonuçlarını içerir.

Veri Kaşifi

Filtre ekle Tam ekran Göm

Tablo Grafik Harita 959 kayıt « 1 - 100 » Filtreler

Veriyi ara ... Git »

_id	ilce_adi	mahalle...	mahalle...	cok_agi...	agir_ha...	orta_ha...	hafif_ha...	can_kay...	agir_yar...	hast
1	ADALAR	BURGA...	40139	54	99	256	241	8	6	24
2	ADALAR	HEYBEL...	40142	101	175	423	393	25	21	66
3	ADALAR	KINALIA...	40143	53	97	287	302	5	3	15
4	ADALAR	MADEN	40140	104	192	483	484	22	18	64
5	ADALAR	NYZAM	40141	101	180	445	422	16	13	48
6	ARNAV...	ADNAN ...	40490	1	3	21	57	0	0	1
7	ARNAV...	ANADOLU	99359	2	13	108	371	0	0	8
8	ARNAV...	ARNAV...	40478	1	6	51	199	0	0	2

Şekil 10. İBB açık veri portalından elde edilen deprem senaryosu (URL 13)

Tüm verilerin aynı ölçekte olması için veriler ilçe ölçeğinde düzenlenmiştir. Yalnızca İBB' den temin edilen yerleşime uygunluk analizi ile birlikte Kandilli tarafından gerçekleştirilen deprem senaryosu hazır olarak kullanılmıştır. Bunun yanı sıra diğer tüm veriler excel formatında ilçe ölçeğine göre düzenlenerek, CBS ortamına aktarılmış ve analizler gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma ile İstanbul'un deprem risk analizinin gerçekleştirilebilmesi için zemine ve yapılara ilişkin doğal ve yapılaşmış çevre özelliklerini içeren deprem veri tabanı oluşturulmuştur. İBB tarafından 2009 yılında gerçekleştirilen yerleşime uygunluk analizi (İBB Arşivi, 2019), İBB açık veri portalında bulunan kat yüksekliği, bina yapım yılı (URL 12) ve deprem senaryosu (URL 13), TUIK' ten elde edilen

nüfus verisi (URL 11) ile Kandilli' nin deprem senaryosu (Saner, 2013) CBS ortamına aktarılmıştır.

ArcGIS programında join ile ilçe sınırları katmanına nüfus büyüklüğü verisini eklemek için ilçe adı sütunu referans seçilmiştir. Data-export data ile yeni katman oluşturulmuş ve analiz gerçekleştirilmiştir. Open attribute table' da add field ile yeni bir sütun oluşturulmuştur. Yeni sütun oluşunca field calculator ile alanda yaşayan insan sayısı alan büyüklüğüne (ha) bölünerek nüfus yoğunluğu hesaplanmıştır. Layer properties-symbology sekmesi seçilerek, quantities tıklanmış, renk ve derece seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir. İBB açık veri portalından elde edilen excel verileri ise (URL 12 ve 13) csv formatında kaydedildikten sonra ilçe adı sütunu referans gösterilerek, kat yüksekliği, bina yapım yılı ve deprem senaryosu verileri eklenmiştir. Export data ile yeni bir katman oluşturulmuş ve analizler gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanı sınırı belirlenirken sentez çalışmasına en önemli girdiyi sağlayan, zemin durumunu değerlendiren İBB'nin yerleşime uygunluk analizi referans alınmıştır. İBB'nin yerleşime uygunluk analizi gerçekleştirdiği ilçeler özelinde (Tablo 3) analizler ve sentez çalışması üretilmiştir. Anadolu Yakası'nda 10 adet, Avrupa Yakası'nda 10 adet olmak üzere toplam 20 adet ilçe çalışmaya konu edilmiştir.

Tablo 3. Çalışma alanı sınırında yer alan ilçeler

ÇALIŞMA ALANINDA YER ALAN İLÇELER	
ANADOLU YAKASI (10 ADET)	Üsküdar, Ümraniye, Kadıköy, Maltepe, Sultanbeyli, Sancaktepe, Tuzla, Pendik, Kartal ve Adalar
AVRUPA YAKASI (10 ADET)	Avcılar, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Bayrampaşa, Güngören, Fatih, Esenler, Küçükçekmece ve Zeytinburnu

Çalışma kapsamında öncelikli olarak İstanbul genelini kapsayan analizler, çalışma alanına giren ilçeler özelinde yeni bir katman olarak kaydedilmiştir. Çalışma alanına dâhil edilen ilçeler özelinde analiz gerçekleştirmek için selection aracı kullanılmıştır. İkinci adımda çalışma alanına giren ilçeler için yeniden kaydedilen analizler raster veriye dönüştürülmüştür. Bir sonraki adımda ise analizler reclassify aracı ile yeniden sınıflandırılmıştır. Son adımı weighted overlay oluşturmaktadır. Hazırlanan analizler üst üste getirilerek çakıştırılmış ve sentez çalışması elde edilmiştir (Tablo 4). Ağırlıklı çakıştırma yapılırken her analize önem derecesine göre farklı bir kat sayı verilmiştir (Tablo 5). Analizlerin sınıflarına da benzer şekilde 1 den 9 a kadar olan önem derecesine göre puanlar verilmiştir.

Tablo 4.Çalışmanın adımları

ADIM 1: SELECTION	ADIM 2: RASTER	ADIM 3: RECLASIFFY	ADIM 4: WEIGHTED OVERLAY
1. Selection 2. Select by Attributes Adımları izlenir. İlgili layer seçilir. Örneğin; analizler çalışma alanına giren ilçeler özelinde yeniden kaydedilecekse, ilçe adı seçilerek get unique values ile çalışma alanı sınırına giren ilçeler seçilir. Sonrasında ilgili layer sağ tıklanarak, 3. Selection 4. Create from selected feature ile yeni katman oluşturulur.	1. Arctobox 2. Conversion 3. To Raster 4. Polygon to Raster Adımları izlenir. Input selection'da ilgili katman seçilir. Value field ile ise raster yapılacak olan analiz seçilir. Örneğin; binalara ilişkin katmanda kat yüksekliği analizi raster yapılacaksa value field'da 9-19 kat yüksekliğine sahip yapılar seçilir.	1. Arctobox 2. 3D Analyst Tools 3. Reclassify Adımları izlenir. Input raster'a bir önceki adımda raster yapılan katman eklenir. Classify ile sınıf sayısı belirlenir.	1. Arctobox 2. Spatial Analyst Tools 3. Overlay 4. Weighted Overlay Adımları izlenir. Tabloya üst üste çakıştırılacak olan analizler eklenir. Tüm analizlerin kat sayısı toplam 100'ü bulacak şekilde her bir analiz için kat sayısı bilgisi girilir. Analizlerin sınıflarına ise 1 den 9 a kadar olan derecelendirme ölçeğine göre puan verilir.

Çalışmanın sonuç kısmında ise ArcGIS programında üretilen 8 adet analiz (Tablo 5) kullanılarak, ağırlıklı çakıştırma yapılmıştır. Yeniden sınıflandırılan raster verilerin birbirlerine göre önem dereceleri değerlendirilerek, uygun katsayılar (Tablo 5) belirlenmiştir. Sonuç kısmında weighted overlay aracını kullanarak sentez çalışması gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5. Senteze Girdi Oluşturan Analizler

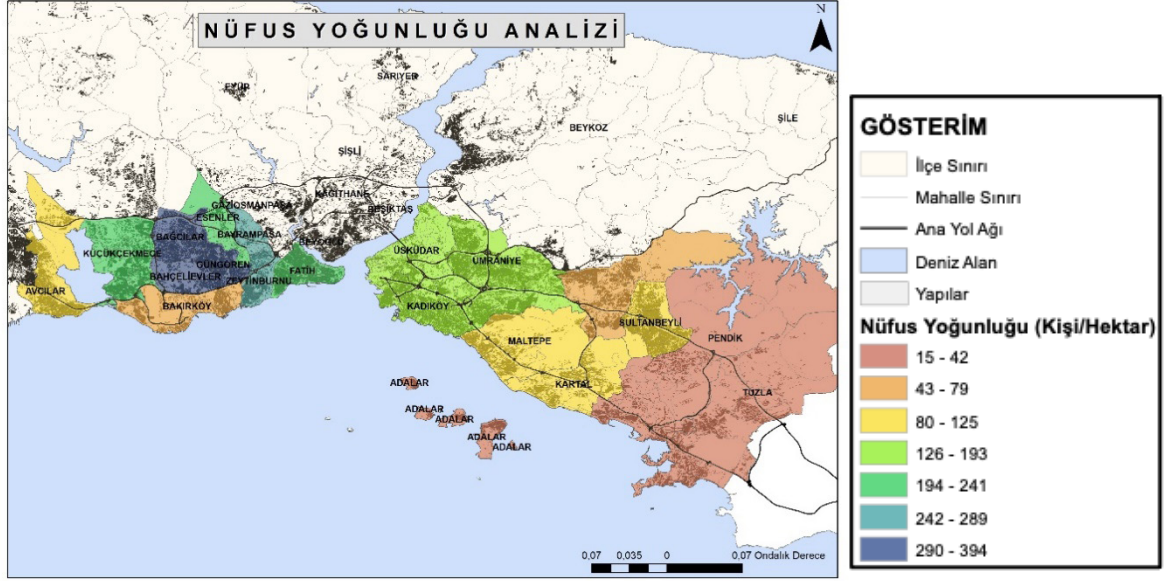
SENTEZE GİRDİ OLUŞTURAN ANALİZLER VE ETKİ KATSAYILARI	
Yerleşime Uygunluk Analizi	20%
9-19 Kat Yüksekliğine Sahip Yapı Sayısı Analizi	15%
1980 Önce İnşa Edilen Yapı Sayısı Analizi	15%
Deprem Senaryosu-Çok Ağır Hasarlı Yapı Sayısı Analizi	10%
Deprem Senaryosu-Can Kaybı Analizi	10%
Deprem Senaryosu-Geçici Barınma İhtiyacı Analizi	10%
Deprem Senaryosu-Deprem Şiddeti Analizi	10%
Nüfus Yoğunluğu Analizi	10%
	100%

4. İSTANBUL DEPREM VERİ TABANININ TASARIMI

1509, 1766, 1894 ve 1999 yıllarında yaşanan depremlerden etkilenen İstanbul ülkenin gayrisafi yurtiçi hasılasının büyük kısmını oluşturmakta, önemli ticaret ve ulaşım aksları üzerinde yer almaktadır. “İstanbul İl Afet Riski Azaltım Planı”nda olası bir depremde yalnızca İstanbul değil tüm Türkiye’nin ciddi ölçüde etkileneceği öngörülmektedir (AFAD, 2021). 1950 sonrası İstanbul’un göç alması ile birlikte gelişen kaçak yapılaşma da deprem riskini artırmaktadır (Kundak, 2006). Her ne kadar riski bertaraf etmek için 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında kentsel dönüşüm uygulamaları gerçekleştiriliyor olsa da depreme hazırlıklı olmaya yönelik daha fazla çalışmanın gerçekleştirilmesi gerekmektedir. 6306 sayılı Kanun kapsamında gerçekleştirilen riskli alan uygulamaları ile dönüştürülen yapılar, afet haritalarına göre yüksek risk teşkil eden ettiği tespit edilen yapıların yalnızca %3’ünü, riskli yapı olarak dönüştürülen yapılar ise aynı yapıların %9’unu kapsamaktadır. (İpek, 2023). Deniz seviyesinin yükselmesi, kaçak yapılaşma, deprem riski, demografik yapı, altyapı yatırımları ve dolgu çalışmaları İstanbul İli’ nin hasargörebilirliğinin artmasına neden olmaktadır (Işıldar ve Ercoşkun, 2022).

Bu kapsamda İstanbul İli’ne ilişkin ilçe ölçeğinde nüfus büyüklüğü, yapım yılı, kat yüksekliği ve deprem senaryosu verileri CBS ortamına aktarılarak, analizler gerçekleştirilmiştir. Diğer taraftan İBB tarafından gerçekleştirilen mikro bölgeleme çalışması sonuçları ile Kandilli Rasathanesi tarafından gerçekleştirilen deprem şiddeti çalışması sonuçları da deprem veri tabanına eklenmiş, analizler gerçekleştirilmiştir. Deprem veri tabanı oluşturulurken araç olarak CBS’nin kullanılması analizlerin üst üste çakıştırılarak, sentez yapılmasına imkân tanımıştır.

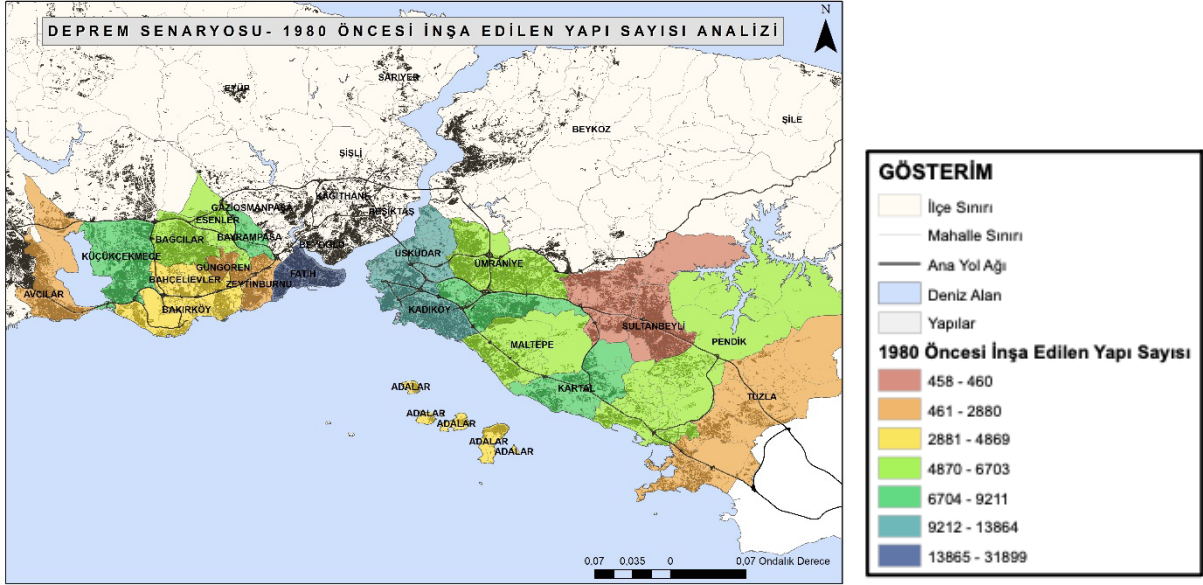
2022 yılına ait olan nüfus büyüklüğü veri seti TUIK’ ten elde edilmiştir (URL 10). İlçelerin 2022 nüfusları, ilçelerin yüzölçümüne bölünerek nüfus yoğunluğu hesaplanmıştır. Nüfus yoğunluğu analizi (Şekil 11) incelendiğinde Bağcılar, Güngören ve Bahçelievler ilçelerinin nüfus yoğunluğunun 290-394 kişi/hektar ile en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer ilçelere oranla yüzölçümü büyük olan Pendik ve Tuzla İlçeleri ise en düşük nüfus yoğunluğuna sahiptir. Avrupa Yakasında yer alan ilçelerin yüzölçümünün Anadolu Yakasında yer alan ilçelere göre daha düşük olması nüfus yoğunluğunun daha yüksek çıkmasına neden olmuştur.



Şekil 11. Nüfus Yoğunluğu Analizi [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

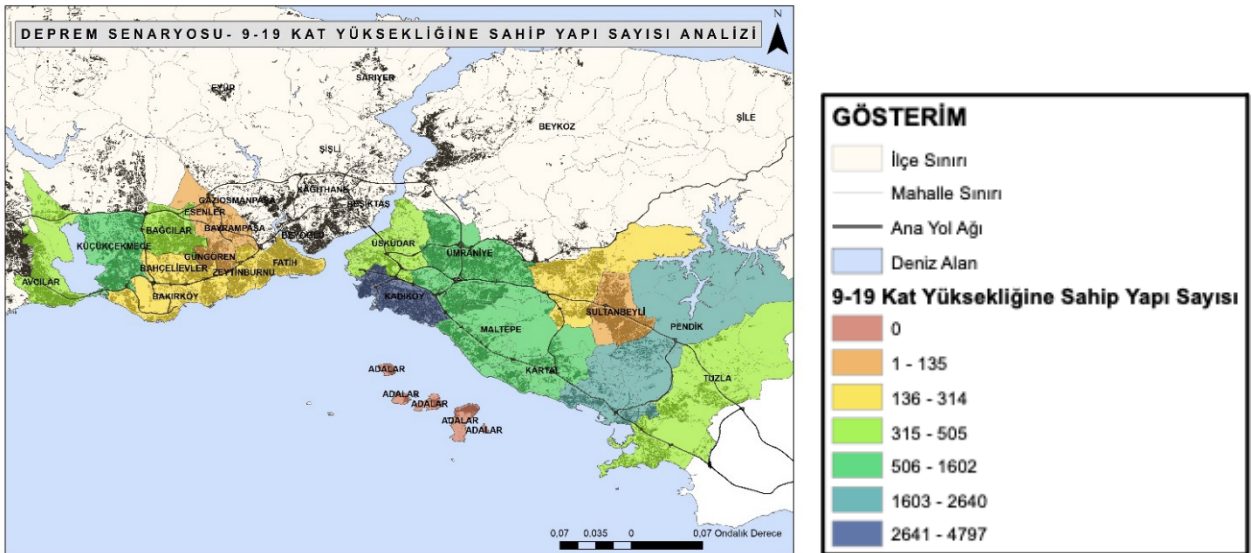
İstanbul Büyükşehir Belediyesi açık veri portalından elde edilen veri seti (URL 11) İstanbul sınırları içerisinde bulunan mahallelerde yer alan bina sayılarını içermektedir. Binalar yapım yılına ve kat yüksekliğine göre kategorize edilmiştir. Elde edilen verilerin büyük çoğunluğu ilçe ölçeğindedir. Analizlerin tamamının ilçe ölçeğinde yapılabilmesi için mahalle bazındaki veriler düzenlenerek, ilçe ölçeğinde veriler elde edilmiştir. Veri seti 2023 yılında güncellenmiştir.

Düzce Depremi öncesinde büyük inşaat firmaları tarafından inşa edilen yapılar haricinde diğer yapıların denetimine ilişkin herhangi bir sistem tanımlanmamıştır. 1999 yılında gerçekleşen deprem sonrasında Yapı Denetimi Kanunu çıkartılmıştır. Bu sebeple 2000 yılı öncesinde herhangi bir Kanun ve kurum tarafından denetime tabi tutulmaksızın inşa edilen yapılar deprem risk düzeyini artırmaktadır. Çalışmaya 1980 öncesinde inşa edilen yapı sayıları ve 9-19 kat yüksekliğine sahip yapı sayıları dâhil edilmiştir. Yapılara ilişkin yapım yılı ve kat yüksekliği analizi gerçekleştirilirken nüfus büyüklüğü analizinin adımları uygulanmıştır. Veri seti uygun formatta kaydedilerek, referans katman gösterilmiş, böylelikle ilçe katmanına eklenmiştir. Sonrasında analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler incelendiğinde eski bir yerleşim alanı olan Fatih İlçesi'nde 1980 öncesi inşa edilen yapı sayısının diğer ilçelere göre daha fazla olduğu tespit edilmektedir. Fatih İlçesi'ni Kadıköy ve Üsküdar takip etmektedir. 1980 öncesi inşa edilen yapı sayısı en az olan ilçeler ise Sultanbeyli, Tuzla, Güngören, Zeytinburnu ve Avcılar'dır (Şekil 12).



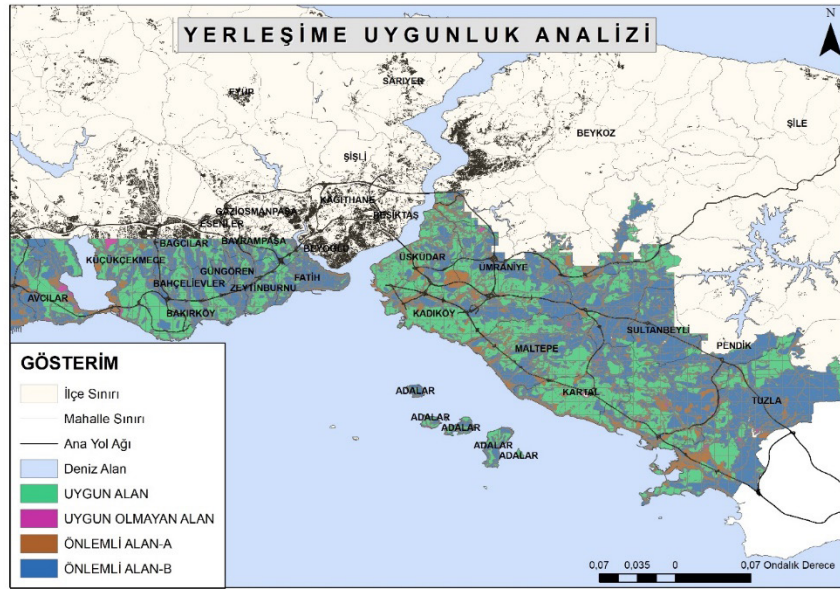
Şekil 12. Yapım Yılı Analizi-1980 Öncesi İnşa Edilen Yapı Sayısı Analizi [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Çalışma alanında az katlı yapılar genel olarak Sultanbeyli, Esenler, Bayrampaşa ve Güngören ilçelerinde yer almaktadır. 9-19 arası kat yüksekliğine sahip en fazla yapı ise Kadıköy ilçesinde yer almaktadır. Deprem riskinin yüksek olduğu vurgulanan kıyı ilçelerinde yüksek katlı yapıların yanı sıra düşük katlı yapılarda yer almaktadır. Anadolu Yakasında Avrupa Yakasına kıyasla daha fazla yüksek katlı yapı yer almaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Kat Yüksekliği Analizi-9-19 Kat Yüksekliğine Sahip Yapı Sayısı Analizi [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

İstanbul'un potansiyel risklerini belirlemek için İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından mikro bölgeleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı risk ve zarar azaltmanın yanı sıra büyük projelere, üst ölçekli planlara ve kentsel dönüşüm uygulamalarına altlık oluşturacak verileri toplamaktır. Çalışma kapsamında jeolojik, jeofizik, jeoteknik ve sismolojik etütler gerçekleştirilmiştir. İmar Planına Esas teşkil edecek olan 1/2.000 ölçekli "Yerleşime Uygunluk Haritaları" hazırlanmıştır. Mikro bölgeleme raporları Anadolu Yakası ve Avrupa Yakası için ayrı ayrı olmak üzere 2009 yılında hazırlanmıştır. Çalışma deprem riski yüksek olan ilçelerde gerçekleştirilmiştir. Avrupa Yakasında Avcılar, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Bayrampaşa, Güngören, Fatih, Esenler, Küçükçekmece ve Zeytinburnu ilçelerini kapsamaktadır. Anadolu Yakasında ise Adalar, Kadıköy, Kartal, Maltepe, Pendik, Sancaktepe, Sultanbeyli, Ümraniye, Üsküdar, Tuzla, ve ilçeleri çalışmaya dâhil edilmiştir. Yerleşime uygunluk için sıvılaşma tehlikesi, heyelan tehlikesi, sel baskını tehlikesi ve diğer mühendislik sorunları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak uygun alan, önlemlilik alan ve uygun olmayan alanlar ortaya çıkarılmıştır. İstanbul genelinde basit hafif önlem gerektiren alanlar toplam alanın %47'sini, çalışma alanına geneline yayılan uygun alanlar ise %42'sini oluşturmaktadır (Şekil 14, 15) (İBB Mikro Bölgeleme Projeleri, 2009).

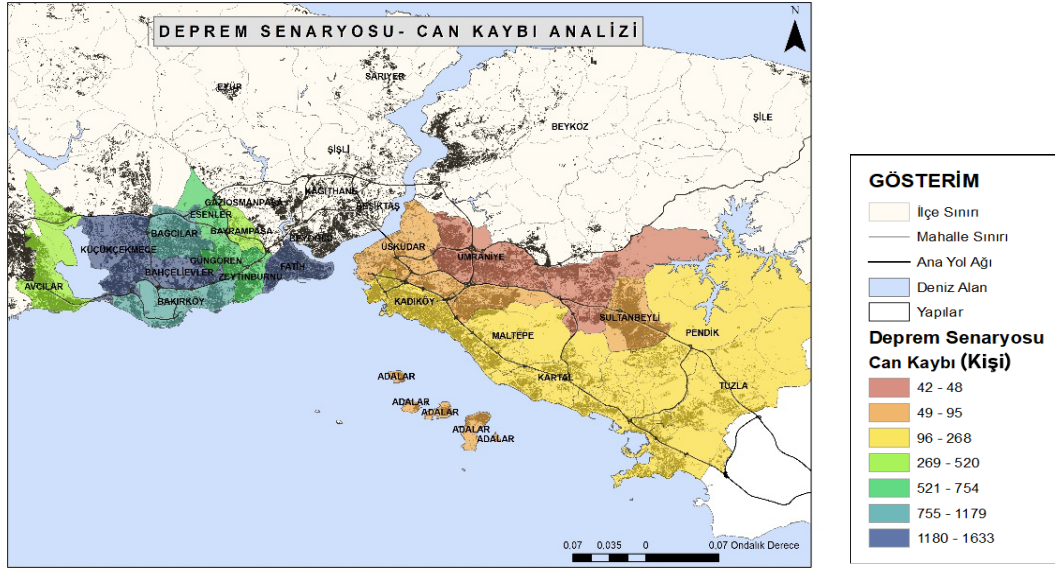


Şekil 14. Yerleşime Uygunluk Analizi (İBB Arşivi, 2023)



Şekil 15. Yerleşime Uygunluk Analizi Sonuçları (İBB Arşivi, 2023)

İBB tarafından hazırlanan deprem senaryosu veri seti 7.5 Mw büyüklüğünde gece olacak deprem senaryosuna göre yapılan analizlerin sonuçlarını içermektedir. Veri setinin güncellenme çalışmaları devam etmektedir. Çalışmaya göre 2.000.000 kişinin acil barınma ihtiyacı içinde olması beklenmektedir. Binaların %17'sinin (yaklaşık 194.000 bina) orta ve üstü seviyede hasar göreceği tahmin edilmektedir. Deprem senaryosuna göre yüksek katlı yapıların olduğu bölgelerde can kaybı ve barınma ihtiyacı sayısı artacaktır. Deprem senaryosunda yer verilen çok ağır hasarlı yapı sayısı, can kaybı ve geçici barınma ihtiyacı çalışmaya girdi oluşturmuştur. Deprem senaryosu analizlerine göre en riskli ilçe Fatih'tir. Nüfus yoğunluğu yüksek olan ilçede yer alan yapıların deprem yönetmeliği öncesinde inşa edilmiş olması risk düzeyini artırmaktadır. Tarihi bir yerleşim alanı olan Fatih İlçesi'nin kıyıda konumlanmış olması da deprem senaryosuna göre en riskli yerleşim alanı olarak ortaya çıkma nedenidir. Fatih İlçesi'ni takip eden Küçükçekmece, Bahçelievler ve Bağcılar İlçeleri de benzer şekilde deprem riski yüksek ilçelerdir. Deprem senaryosu analizlerine göre çalışma alanı sınırlarında yer alan deprem riski en düşük olan ilçeler Sultanbeyli, Sancaktepe ve Ümraniye'dir (Şekil 16, 17 ve 18).



Şekil 16. Deprem Senaryosuna Can Kaybı Analizi [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

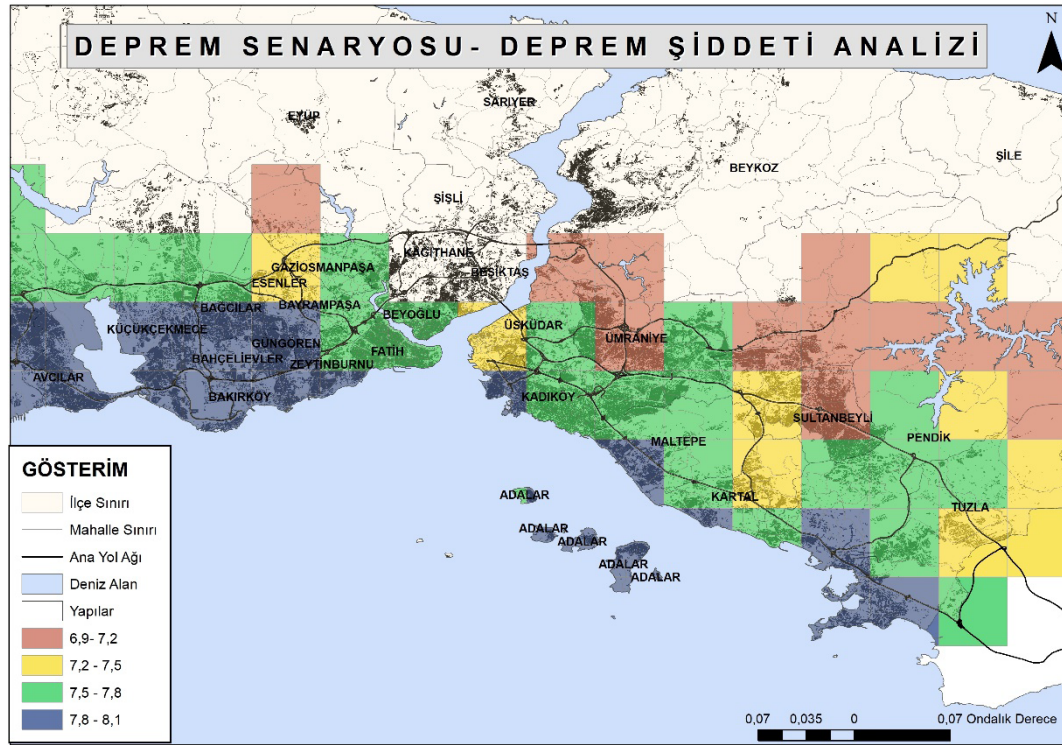


Şekil 17. Deprem Senaryosuna Göre Geçici Çok Ağır Hasarlı Yapı Sayısı Analizi [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]



Şekil 18. Deprem Senaryosuna Göre Geçici Barınma İhtiyacı ve Can Kaybı [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Bir deprem sonucunda beklenen hasarların nicelendirilmesi olarak tanımlanan deprem risk belirlenmesi çalışması 2009 yılında Kandilli tarafından jeolojik ve sismolojik veriler kullanılarak hazırlanmıştır (Kandilli Rasathanesi, 2019). Deprem tehlikesi haritaları 50 yıllık ekonomik ömrü içinde %50, %10 ve %2 aşılma olasılığı (sırasıyla 72, 475 ve 2475 yıllık dönüş süreleri) için verilmektedir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deprem şiddeti analizi 72 yıllık geri dönüş döneminde %50 ihtimalle gerçekleşmesi öngörülen depremin şiddetini göstermektedir. Deprem şiddeti analizi olası İstanbul depremine ilişkin gerçekleştirilen çalışmaları destekler niteliktedir. 7,8 ve üzeri büyüklüğündeki bir deprem yaşaması öngörülen ilçeler kıyı ilçeleridir. Avrupa Yakasının depremden daha fazla etkileneceği öngörülmektedir. Kandilli'nin çalışması değerlendirildiğinde Avcılar, Bakırköy, Bahçelievler, Küçükçekmece, Bağcılar ve Güngören İlçelerinde 7,8-8,1 büyüklüğünde depremin gerçekleşmesi öngörülmektedir. (Şekil 19) (Erdik vd., 2011).



Şekil 19. 72 Yıllık Geri Dönüş Döneminde Deprem Şiddeti Analizi (Saner,2013)

Tablo 6’da çalışma kapsamında üretilen analizlere yer verilmiştir. Analizler kullanılarak, mevcut durumun tespit edilmesine ve senaryo geliştirilmesine olanak tanıyan ArcGIS programı araç olarak kullanılmıştır. Tablo 6’da yer alan işaretli analizler seçilerek, sentez çalışmasına girdi oluşturulmuştur. Nüfus yoğunluğu, 1980 öncesi yapılan yapı sayısı analizi, 9-19 arası kat yüksekliğine sahip yapı sayısı analizi, yerleşime uygunluk analizi, çok ağır hasarlı bina sayısı, can kaybı sayısı, geçici barınma ihtiyacı ve 72 yıllık dönüş süresi içinde deprem riski analizlerine önem derecelerine göre katsayılar verilerek karşılaştırma işlemi tamamlanmıştır. İstanbul’a ilişkin hazırlanan sentez çalışması yerleşime uygun alanlar ile birlikte yerleşim için risk teşkil eden alanların belirlenmesini sağlamıştır. Sentez çalışması incelendiğinde en riskli alanların kıyı ilçeleri olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Avrupa Yakasında yer alan ilçeler, Anadolu Yakasında yer alan ilçelere oranla daha yüksek deprem riski taşımaktadır.

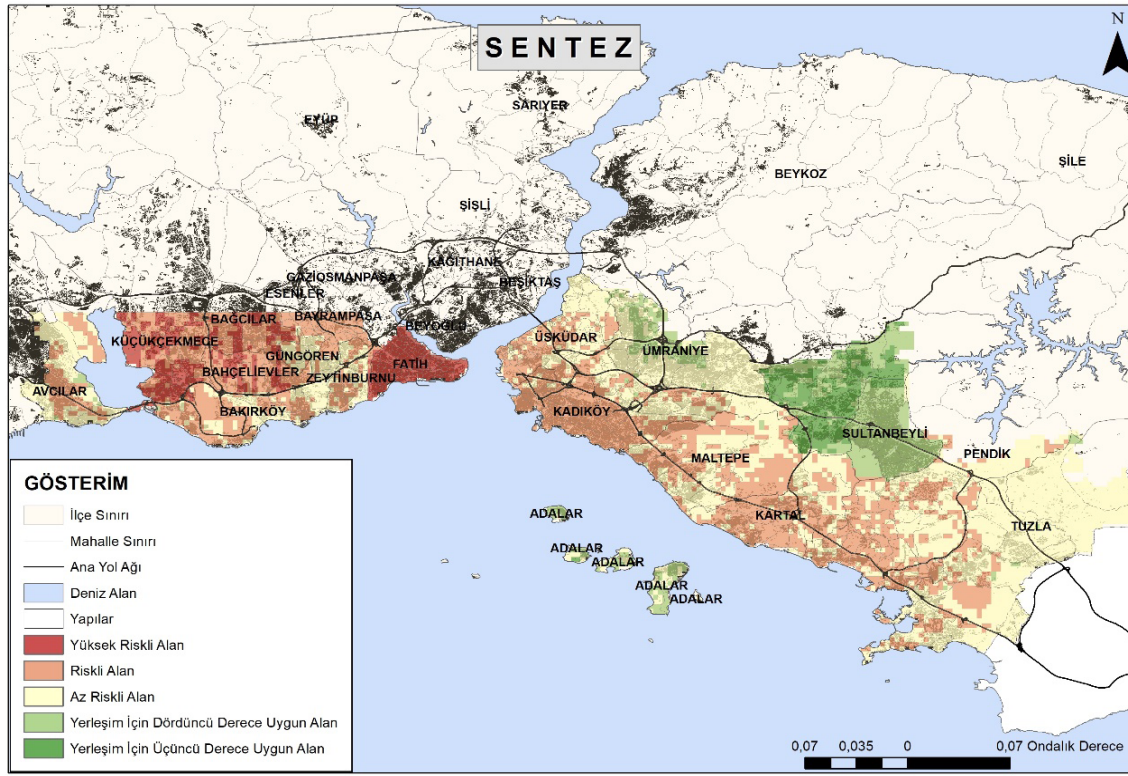
Tablo 6. Deprem Riskinin Belirlenmesine İlişkin ArcGis Programında Gerçekleştirilen Analizler

ANALİZ KONUSU	KULLANILAN VERİ	GERÇEKLEŞTİRİLEN ANALİZ
DEMOGRAFİK YAPI	Nüfus	Nüfus Büyüklüğü Analizi
		Nüfus Yoğunluğu Analizi
YAPILAŞMIŞ ÇEVRE	Bina Sayısı Verileri	1-4 Kat Arası Yüksekliğe Sahip Yapı Sayısı
		4-9 Kat Arası Yüksekliğe Sahip Yapı Sayısı
		9-19 Kat Arası Yüksekliğe Sahip Yapı Sayısı
		1980 Yılı Öncesi İnşa Edilen Yapı Sayısı
		1980-2000 Yılı İnşa Edilen Yapı Sayısı
		2000 Yılı Sonrası İnşa Edilen Yapı Sayısı
SENARYO	Sıvılaşma	Yerleşime Uygunluk Analizi **Analiz çalışma kapsamında üretilmemiştir. İBB tarafında gerçekleştirilen analiz kullanılmıştır. Yerleşime uygunluk analizi dışında kalan analizler çalışma kapsamında yazar tarafından üretilmiştir.
	Heyelan	
	Sev Stabilitite	
	Kaya Düşmesi ve Çökmesi	
	Aşırı Yağış Riski	
	Tsunami Riski	
	Yapay Dolgu Alanları	
	Alüvyon Riski	
	Karlaşma	
	Ayrılmış Kaya Riski	
	Taş Ocağı Riski	
Diğer Yumuşak Zemin Riski		
İBB'nin DEPREM SENARYOSU	Deprem Senaryosu Verileri	Çok Ağır Hasarlı Bina Sayısı
		Ağır Hasarlı Bina Sayısı
		Orta Ağır Hasarlı Bina Sayısı
		Hafif Ağır Hasarlı Bina Sayısı
		Can Kaybı Sayısı
		Ağır Yaralı İnsan Sayısı
		Hastanede Tedavi Sayısı
		Hafif Yaralı Sayısı
		Doğalgaz Boru Hasarı
		İçme Suyu Boru Hasarı
		Atık Su Boru Hasarı
Geçici Barınma İhtiyacı		
KANDILLİ'NİN DEPREM SENARYOSU	Deprem Şiddeti Analizi **Analiz çalışma kapsamında üretilmemiştir. Kandilli tarafından gerçekleştirilen çalışmaları CBS ortamına aktararak risk değerlendirmesi yapan doktora tezi çalışmasından alınmıştır. Türkiye özelindeki veriler İstanbul özeline indirgenerek, harita üretilmiştir. (Saner, 2013)	72 Yıllık Dönüş Süresi İçinde Deprem Riski
		475 Yıllık Dönüş Süresi İçinde Deprem Riski
		2475 Yıllık Dönüş Süresi İçinde Deprem Riski

Çalışma kapsamında hazırlanan analizlerin her bir sınıfı 1'den 9 a kadar puanlandırılarak, ağırlıklı çakıştırma yapıldığında; 1, 2, 8 ve 9 puana sahip sınıflarının elendiği görülmektedir. Risk düzeyi düşükçe puan artmaktadır. En yüksek puan yerleşim için en uygun alanı temsil etmektedir. Sentez çalışmasının sınıfları 3'ten 7'ye kadardır (Tablo 7). Yerleşime uygunluk analizinde en büyük alanı önemli alanlar kaplamaktadır. Yerleşime uygun alanların oranı %42 iken; uygun olmayan alanların büyüklüğünün oranı ise; %1'dir. Diğer taraftan yerleşime uygunluk analizi 8 analiz içerisinde en çok önemi vurgulanan analizdir. Çalışma kapsamında önem derecesi %20 olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda yerleşim için veto edilecek olan uygun olmayan alanların düşük yüzölçümüne sahip olması 1 ve 2 sınıflarının elenmesine neden olmuştur. Senteze göre risk düzeyinin en yüksek olduğu sınıf 3 puan ile "yüksek riskli alan" dır. Risk düzeyi en düşük sınıf ise 7 puan ile "yerleşim için üçüncü derece uygun alan" dır. Deprem riski yüksek olan İstanbul İlinde yerleşim için birinci ve ikinci derece uygun alanlar bulunmamaktadır. Avrupa Yakasında yer alan kıyı ilçeleri risk düzeyi en yüksek ilçelerdir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan deprem senaryosu ve TUIK'ten elde edilen nüfus verilerine göre en riskli olan Fatih İlçesi'nin sonuç ürün olan sentez çalışmasında da İstanbul'un en riskli ilçesi olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Fatih İlçesi yüksek riskli alanları barındırmaktadır. Küçükçekmece, Bağcılar ve Bahçelievler İlçelerinde ise yüksek riskli alanlar ile birlikte riskli alanlar bulunmaktadır. Bu ilçeler Fatih İlçesi'ne göre daha düşük risk düzeyine sahiptir. Analiz ve sentez sonuçlarına göre Anadolu Yakasında yer alan Sultanbeyli, Sultangazi ilçeleri yerleşim için uygun alanlara sahiptir. Ümraniye İlçesi'nin ise bir kısmı yerleşim için uygun iken, diğer taraftan riskli alanlar da yer almaktadır (Şekil 20).

Tablo 7. Sentez Sınıflarının Puanları

Sınıfların Puanı	Sentez Sınıfları
1	Yerleşim İçin Uygun Olmayan Alan
2	Çok Yüksek Riskli Alan
3	Yüksek Riskli Alan
4	Riskli Alan
5	Az Riskli Alan
6	Yerleşim İçin Dördüncü Derece Uygun Alan
7	Yerleşim İçin Üçüncü Derece Uygun Alan
8	Yerleşim İçin İkinci Derece Uygun Alan
9	Yerleşim İçin Birinci Derece Uygun Alan



Şekil 20. Ağırlıklı Çakıştırma Sonucu Üretilen Sentez Çalışması [Yazar tarafından oluşturulmuştur.]

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ülkemizi en çok etkileyen afetler başta deprem olmak üzere sel, heyelan, kaya düşmesi, çığ ve orman yangınlarıdır. Marmara Depremi ve İstanbul'daki yıkımlar açısından dünyada "yüksek riskli" olarak nitelendirilen bir coğrafyada yer alan Türkiye'de ortalama beş yılda bir can ve mal kaybına yol açan bir deprem yaşanmaktadır. 2020 yılı Elazığ depremi ve 2023 yılı Kahramanmaraş depremleri İstanbul'un da olası büyük bir deprem ile karşı karşıya olduğu gerçeğini gündeme getirmiştir. Ülkemizde risk kavramının ortaya çıkışı ve risk yönetimine ilişkin çalışmaların gerçekleştirilmesi 1999 Kocaeli ve Düzce depremleri sonrasında denk gelmektedir. Risk yönetiminin yanı sıra dirençli toplum inşa etme, risk azaltma çalışmalarına halkın da katılımının sağlanması, deprem konusunda bilinçlendirme çalışmaları da artış göstermiştir.

İstanbul doğal afet tehlikeleri ve jeolojik-jeoteknik özellikleri nedeniyle yerleşime uygunluğu etkileyebilecek önemli alanlara sahiptir. Depremselliği yüksek bir coğrafyada konumlanan İstanbul'da gerçekleşmesi muhtemel depremin telafi edilemez ve yönetilemez boyutlarda zararlara neden olacağı tahmin edilmektedir. 1999 depreminin tetikleme sonucu 30 yıl içerisinde 2030 yılına kadar %65 olasılıkla 7 şiddetinden büyük bir deprem olasılığı vurgulanmaktadır. Olası bir İstanbul Depreminde en iyi senaryo ile İstanbul'da yer alan 1.600.000 binadan %1 bina bile etkilense 64.000 bina ve 250.000'den fazla ölü ve yaralı sayısı olacağı ifade edilmektedir. Yakın tarihte İstanbul'da bir depremin yaşanmasının öngörülüyor olması depreme ilişkin veri tabanının hazırlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [ÇŞİB] Arşivi, 2023).

Risk azaltımının sağlanabilmesi için öncelikle riskin anlaşılması gerekmektedir. CBS kullanılarak deprem

veri tabanının tasarlanması hem afet öncesinde risk yönetiminin sağlanması hem de afet sonrasında kriz yönetiminin sağlanmasına olanak tanıyacaktır. CBS' nin avantajları analiz ve sorgulama yapmaya izin vermesinin yanı sıra analiz ve bilgilere hızlı şekilde ulaşılmasına, var olan veriler kullanılarak yeni bilgilere ulaşılabilmesine, senaryo ve simülasyon yapılmasına imkan tanımasıdır.

Acil durum yönetiminin tüm aşamaları çeşitli kaynaklardan alınan verilere bağlıdır. Güncel ve açık veriye olan ihtiyaç nedeniyle karar vericiler tarafından coğrafi bilgi sistemi teknolojisi sıkça kullanılır. Deprem sonrasında ihtiyaç duyulan boru hatları, kanalizasyon sistemleri gibi altyapı verileri, nüfus ve bina yoğunluğu, toplanma alanları vb. ayrıntılı bilgilere CBS kullanılarak kolaylıkla ulaşılabilir. CBS, acil bir durumda gerekli bilgilere ulaşmak ve görüntülemek için bir mekanizma sağlar. CBS yerleşime risk teşkil eden alanların belirlenmesine, karar vericilerin afet hazırlığı için örgütlenmesine, acil durum haritalarının çıkartılmasına olanak tanıyacaktır. Afet ve risk yönetiminin sağlanması için mevcut durumun analiz edilmesi, tehlike hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Veri altyapısının mevcut olması ve güncel olması durumunda karar vericiler ve uygulayıcılar afet öncesi ve sonrasında stratejileri belirleyebileceklerdir. Diğer taraftan deneyimler de bir sonraki nesillere aktarılabilecektir.

Deprem yapılaşmış ve sosyo-ekonomik çevrelere ilişkin alınacak tedbirlerle etkileri azaltılabilen bir afet türüdür. Çalışma kapsamında CBS desteği ile yapılaşmış, doğal ve sosyal çevreye ilişkin değişkenleri kapsayan bir deprem veri tabanı oluşturulmuştur. İstanbul'da ikamet eden bireylerin, karar vericiler ve uygulayıcıların tehlikelerin neler olduğunu ve tehlikelerin olası hasarlarını bilmesi önem arz etmektedir. Bu sebeple oluşturulan veri tabanının kullanıcıları karar vericiler, uygulayıcılar ve bireyler olarak belirlenmiştir. Deprem veri tabanının oluşturulması bir afet anında karar almayı ve planlamayı kolaylaştıracaktır. Depreme ilişkin verilerin toplanması, derlenmesi ve analiz edilmesi ile bir yandan deprem risklerini azaltmak bir yandan da sürdürülebilir kentsel gelişmeyi desteklemek hedeflenmektedir. İstanbul'un mevcut durumu ortaya koyan, hasar görebilirliğini tespit eden, bunun yanı sıra uluslararası örnekler ile karşılaştırarak ülkemiz veri tabanı eksiklerini vurgulayan bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın amacı doğrultusunda gerçekleştirilen analizler ile İstanbul'un afete dirençli hale getirilebilmesi için ilçelerin deprem riski değerlendirilmiş, yüksek riskler barındıran alanlar belirlenmiştir. Çalışmanın ilk adımında, deprem veri tabanında depolanması gereken verilerin belirlenebilmesi için uluslararası literatür taranmıştır. Uluslararası deprem veri tabanları incelendiğinde; dünyaya ilişkin sismik verilerin ücretsiz olarak sunulduğu görülmektedir. Ülkemizde ise mekânsal verilerin sunumu konusunda eksiklikler olduğu tespit edilmiştir. Öncelikle belirtmek gerekir ki, deprem veri tabanında yer alması gereken bir çok veriye ulaşılamamaktadır. Diğer taraftan, var olan veriler de bütüncül tek bir veri tabanında yer almamakta, farklı kurumlarda farklı veriler yer almaktadır. Verilerin açık olmaması da diğer bir sorun alanıdır. 2030 yılında kadar İstanbul'da yaşanması muhtemel deprem ülkemizde deprem veri tabanının oluşturulması ve risk azaltmaya ilişkin çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekli kılmaktadır.

JICA'nın raporuna göre; deprem risk durumunu genel olarak özetleyen Model C'dir. Model C'ye göre toplam ağır hasarlı bina sayısı 59,000 olarak hesaplanmıştır. JICA'nın raporunda sivilaşma analizi yapılan alanın sivilaşma potansiyelli alana oranının %17 olduğu sonucu çıkmaktadır. Sivilaşma potansiyeli yüksek ilçeler Küçükçekmece, Eyüp, Avcılar ve Beyoğlu'dur. Yapılara ilişkin hasar durumu analizleri incelendiğinde ise Avrupa Yakası sahil kesiminde bulunan birçok mahallenin %30'undan fazlasının ağır hasar alacağı öngörülmektedir. Silivri ve Büyükçekmece ilçelerinin Model C'ye göre ise 400 fazla bina hasar görecektir. Can kaybı sayısı ise 87.000 olarak hesaplanmıştır. Can kaybı en fazla olacak ilçeler Bahçelievler, Fatih, Küçükçekmece ve Adalar'dır (JICA,2002).

Çalışma kapsamında üretilen sentezde de benzer şekilde Fatih, Küçükçekmece ve Bahçelievler İlçelerinin yüksek riskli ve riskli alanlar barındırdığı tespit edilmiştir. Çalışmalar arasında paralellik olduğu görülmektedir. Sentez çalışması İstanbul'un kıyı ilçelerinde riskin çok yüksek derecede olduğunu göstermektedir. İstanbul özelinde riskin azaltılmasına ilişkin çalışmaların gerçekleştirilmesi önem arz eder.

Bu kapsamda afet yönetiminin sağlanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Afet yönetimine toplumun katılımı afet riskini azaltmak için bir yöntem olabilir. CBS, toplumsal katılımı artırmak ve deprem riskine dair farkındalığı güçlendirmek için araç olarak kullanılabilir. Halkın interaktif haritalar aracılığıyla bilgiye erişimi, bilinçlenmeyi artırabilir. Bilgi tabanlı planlama ve etkili yönetim stratejilerinin benimsenmesi şehrin sürdürülebilirliği ve toplumun güvenliği açısından kritik bir adımdır. Bir toplumun afete dayanıklılık ve müdahale yeteneği halkın afet öncesi ve sonrasında sürece katılımıyla yakından ilişkilidir. Bu sebeple afet konulu çalışmalarda kapsamlı ve proaktif risk yönetimi yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Afet risklerini azaltmak için sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uygun bir çerçeve oluşturulmalı, bu kapsamda politikalar ve stratejiler geliştirilmelidir.

Üst ölçekte alınacak olan kararların yanı sıra alt ölçekte de analizler gerçekleştirilmeli, analizler doğrultusunda önlemler alınmalıdır. Özellikle sınılaşma potansiyeli yüksek alanların belirlenmesi ve bu bölgelere özel detaylı çalışmaların yapılarak, önlemler alınması gerekmektedir. CBS, deprem riskini etkili bir şekilde analiz etme ve haritalama imkânı sunmaktadır. Bu kapsamda zemin durumu ve yapılaşma faktörleri açısından riskli bölgeler belirlenebilir. Mevcut yapı stoku değerlendirme ve riskli alanları belirleme konusunda önemli bir araç olarak kullanılabilir. Riskli binaların envanteri tutularak, güçlendirme ve yeniden yapılandırma stratejileri geliştirilebilir. Yapı kalitesi ve kat sayısına ilişkin alınacak önlemler de afet yönetiminin gerçekleştirilebilmesi için önemlidir. Bir çok yıkıcı depremi yaşayan ülkemizde bugünden sonra deprem riskinin azaltılabilmesi için mevcut meri planlarda tanımlanan yapılaşma koşullarına ve çevre yapılaşmasına uygun olacak şekilde yüksek kaliteli ve düşük katlı yapıların inşa edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

JICA, İBB ve Kandilli Rasathanesi tarafından gerçekleştirilen deprem senaryoları İstanbul bölgesi için beklenebilecek en büyük depremdir. Deprem senaryoları ile tespit edilen ağır/orta/hafif hasarlı binalar analizleri çerçevesinde öncelikle ağır hasarlı bina sayısı fazla olan alanlar ile birlikte ihtiyaç duyan tüm alanların yapılarının güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda özel sektör bu süreçte teknik ve mali olarak desteklenebilir. Bu tür bir işbirliği, bir şehrin ve çevresindeki alanların depreme hazırlılığını artırmak, etkili müdahale stratejileri geliştirmek ve halkın güvenliğini sağlamak amacıyla multidisipliner bir yaklaşım benimsemeyi amaçlar.

CBS, afet planlaması ve acil durum yönetiminde de kritik rol oynamaktadır. Etkili çıkış yolları, güvenli toplanma alanları vb. hususlara ilişkin CBS sayesinde etkili plan yapılabilir. İstanbul'da gerçekleşmesi öngörülen deprem binaların hasar görmesine can kaybının yaşanmasına sebebiyet verecektir. Bunların yanı sıra acil müdahalelerin gecikmesine de neden olacaktır. Olası bir afet sonrasında oluşacak olan bina enkazları yolların kapanmasına neden olarak, trafik koşullarını kötüleştirecektir. Afet sonrası arama kurtarma çalışmalarının sağlıklı şekilde ilerleyebilmesi için oluşan enkazın kaldırılacağı alanların ve alanlara taşınacağı yol güzergâhının belirlenmesi gerekmektedir. Mevcut dar sokaklar tahliye yolu olarak kullanılamaz. CBS yardımıyla kentsel alanlardaki mevcut yol yoğunluğu hesaplanabilir, acil müdahaleye imkân verecek tahliye yolları belirlenebilir. Standartlara uygun yeşil ve açık alana sahip yerleşim birimlerinin kurgulanması bireylerin yaşam kalitesini artırmakla birlikte deprem anında müdahale edilmesine de olanak tanıyacaktır.

Can ve mal kayıplarını azaltabilmek için yapılaşmış çevresinin güçlendirilmesine yönelik önlemler alınmalıdır. Deprem sonrası doğru bilgilere ulaşarak, doğru eylemleri gerçekleştirebilmek için CBS bu süreçte önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamda 2030 yılına kadar gerçekleşmesi öngörülen “Büyük İstanbul Depremi” öncesinde deprem riskinin belirlenebilmesi için CBS aracılığıyla mekânsal deprem veri tabanı oluşturularak, sentez çalışması gerçekleştirilmiştir. İstanbul'un deprem riski yapılaşmış çevre ve bireyler üzerinde tehdit oluşturmakta, afete hazırlık ve müdahale için kapsamlı stratejiler gerektirmektedir. Çalışma risk yönetiminin çeşitli yönlerinden CBS'den önemli bir araç olarak yararlanmaya odaklanmaktadır. Depreme dayanıklılığın mevcut deprem riskini değerlendirmeyi, hassas alanları tanımlamayı ve hazırlığı sağlamak için CBS tabanlı çözümler önermeyi içermektedir. Metodolojik olarak araştırmada mekânsal analiz ve CBS haritalama teknikleri kullanılmaktadır. Çalışmanın sonucunda İstanbul'un afet riski yüksek alanlarını ortaya konulmuş, deprem direncini artırmak için müdahalenin kritik olduğu noktalar belirlenmiştir. Böylelikle Avrupa Yakası'nda Tarihi Yarımada ve Anadolu Yakası'nda Kadıköy ve Üsküdar gibi nüfus yoğunluğu, zemin durumu ve yapılaşma açısından riskli alanlar tespit edilmiştir.

Çalışma İstanbul'da olası bir depreme karşı risklerin değerlendirilmesi ve bu risklere karşı alınması gereken önlemler konusunda bir temel oluşturmaktadır. Bu çalışma toplumun deprem gibi felaketlere karşı hazırlıklı olmasına katkı sağladığı için afet yönetimi ve planlama açısından önemlidir. Bu çalışma, İstanbul'u bir vaka çalışması olarak kullanarak şehir planlaması için CBS'nin deprem direncini artırmadaki rolünü göstermektedir. İstanbul'un coğrafi koşulları ve deprem riski göz önüne alındığında, CBS'nin etkin bir şekilde kullanılması, şehrin depreme karşı dirençliliğini artırabilir ve potansiyel felaketin etkilerini en aza indirebilir. Sonuç olarak, CBS'nin İstanbul'un depreme direncini artırmak için çok yönlü ve güçlü bir araç olduğu görülmektedir. Bu çalışma, bilgi tabanlı kararların, etkili planlamanın ve acil durum yönetiminin önemini vurgulayarak, İstanbul'un deprem riskine karşı daha hazır ve dirençli hale gelmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

KAYNAKÇA

6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun

AFAD. (2009). First 72 hours for the individual and family in a earthquake. Istanbul Seismic Risk Mitigation and Emergency Preparedness Project ISMEP. <https://www.ipkb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/First-72-hours-for-the-individual-and-family-in-an-earthquake.pdf>

AFAD. (2021). İstanbul il afet riski azaltım planı. https://istanbul.afad.gov.tr/kurumlar/istanbul.afad/PDF-Dosyalar/irap_istanbul.pdf

AFAD. (2023). 2022 yılı doğa kaynaklı olay istatistikleri. https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Istatistikler/2022-Yili-Doga-Kaynakli-Olay-Istatistikleri.pdf

Bahadır, H. ve Uçku, R. (2018). Uluslararası acil durum veri tabanına göre Türkiye Cumhuriyeti tarihindeki afetler. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi. Sayı:4 , Yıl:2018 , 28-33.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (2019). İstanbul İli olası deprem kayıp tahminlerinin güncellenme projesi. https://deprezemin.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2020/02/DEZiM_KANDiLLi_DEPREM-HASAR-TAHMiN_RAPORU.pdf

Daly, P., Ninglekhu, S., Hollenbach, P., McCaughey, J. W., Lallemand, D. ve Horton, B. P. (2023). Rebuilding historic urban neighborhoods after disasters: Balancing disaster risk reduction and heritage conservation after the 2015 earthquakes in Nepal. International Journal of Disaster Risk Reduction. Sayı:86 , Yıl:2023 , 1-17.

Dereli, M., A. (2019). Sentinel-2a uydu görüntüleri ile Giresun il merkezi için kısa dönem arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. Sayı:19 , Yıl:2019 ,361-368.

Çevre, Şehir ve İklim Değişikliği Bakanlığı Arşivi (2023).

EM-DAT. (2022). 2022 disasters in numbers. https://cred.be/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=-pN3NADR_50xR9nk-b8hyUx2BMkwpEBp4Umoo7ZtQPU.

Erdik, M. ve Durukal, E. (2008). Earthquake risk and its mitigation in Istanbul. Nat Hazards. Sayı:44 , Yıl:2008 , 181-197.

Erdik, M., Demircioğlu, M., B., Şeşetyan, K. ve Hancılar, U. (2011). Deprem risk belirlemesi. İstanbul Bülten. Sayı:15 , Yıl:2011 , 8-20.

Esmael, S., S. (2018). Seismic risk assessment using geographical information system (gis) with analytic hierarchy process (ahp): Eskişehir, Turkey. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Eskişehir.

Işıldar, H., T. ve Ercoşkun, Ö., Y. (2022). Türkiye'nin kıyı illerinin CBS ile hasargörebilirliğinin değerlendirilmesi. Çevre, Şehir ve İklim Dergisi. Sayı:1 , Yıl:2022 , 273-291.

İpek, P. (2023). Kentsel dönüşüm süreçlerinde bütünleşik afet tehlike analizi: İstanbul Kartal örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

İstanbul Büyükşehir Belediye Arşivi. (2019).

İstanbul Büyükşehir Belediye Arşivi. (2023).

İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi Ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem Ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. (2009). İstanbul mikrobölgeleme projesi: Anadolu Yakası. <https://depremezemin.ibb.istanbul/calismalarimiz/tamamlanmis-calismalar/istanbul-ili-mikrobolgeleme-projeleri/>

İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi Ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem Ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. (2009). İstanbul mikrobölgeleme projesi: Avrupa Yakası. <https://depremezemin.ibb.istanbul/calismalarimiz/tamamlanmis-calismalar/istanbul-ili-mikrobolgeleme-projeleri/>

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. (2012). Afet risk yönetimi için megaşehir gösterge sistemi. <https://depremezemin.ibb.istanbul/megaist/>

Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA). (2002). Türkiye Cumhuriyeti İstanbul ili sismik mikrobölgeleme dahil afet önleme/azaltma temel planı çalışması son rapor.

Kalaycıoğlu, M., Kalaycıoğlu, S., Çelik, K. ve Christie, R. (2023). An analysis of social vulnerability in a multi-hazard urban context for improving disaster risk reduction policies: The case of Sancaktepe, Istanbul. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Sayı:91 , Yıl:2023 , 1-21.

Kapluhan, E. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri'nin (CBS) coğrafya öğretiminde kullanımının önemi ve gerekliliği. *Marmara Coğrafya Dergisi*. Sayı:29, Yıl:2014 , 34-59.

Kartal, R. F., Kadirioğlu, F. T. Ve Zübül, S. (2015). Kuzey Anadolu fay zonunun kinematığı. AFAD, Deprem Dairesi Başkanlığı.

Kundak, S. (2006). İstanbul'da deprem risk parametrelerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kundak, S. ve Türkoğlu H., D. (2007). Evaluation of earthquake risk parameters in the historical site of Istanbul. *ARI The Bulletin of the İstanbul Technical University*. Sayı:55 , Yıl:2007 , 53-66.

Lin, B., C. ve Lee, C., H. (2023). Constructing an adaptability evaluation framework for community-based disaster management using an earthquake event. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Sayı:93 , Yıl:2023 , 1-13.

Saner, T., S. (2013). Seismic vulnerabilities and risks for urban mitigation planning in Turkey. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Shaw, R. ve Mitra, A. (2023). Systemic risk management in India: An analytics perspective. *Progress in Disaster Science*. Sayı:18 , Yıl:2023, 1-8.

T.C. İstanbul Valiliği İstanbul Proje Koordinasyon Birimi. (2014). We are strengthening our future İSMEP. İstanbul seismic risk mitigation and emergency preparedness Project. The giant project of İstanbul: İSMEP. https://www.ipkb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/ISMEP_dergi_ENG_2208d%C3%BCs%C3%BCk.pdf

The World Bank. (2019). Strengthening the disaster resilience of Indonesian cities – A policy note.

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/748581569515561529/pdf/Strengthening-the-Disaster-Resilience-of-Indonesian-Cities-A-Policy-Note.pdf>

URL 1: BMKG. (2023, Haziran, 14). Asean earthquake information center. <https://aeic.bmkg.go.id/apps/about>

URL 2: ESA. (2023, Haziran, 14). Indonesia earthquake displacement data. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/10/Indonesia_earthquake_displacement_data

URL 3: USGS. (2023, Haziran, 14). What we do earthquake hazards program. <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/what-we-do-earthquake-hazards-program>

URL 4: BMKG. (2023, Haziran, 14). Indonesia tsunami early warning system. <https://inatews.bmkg.go.id/eng>

URL 5: EMDAT. (2023, Haziran, 14). The EM-DAT atlas the georeferenced emergency events database (EM-DAT) centre for research on the epidemiology of disasters (CRED). https://www.emdat.be/emdat_atlas/index.html#one

URL 6: EM-DAT. (2023, Haziran, 14). Global occurrences from ground movement disasters, 1900 to 2023. <https://public.emdat.be/mapping>

URL 7: USGS. (2023, Haziran, 14). Shakemap Archives. http://usgs.github.io/shakemap/manual3_5/shakemap_archives.html#generating-earthquake-scenarios

URL 8: USGS. (2023, Haziran, 14). Maps. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?extent=-89.58992,760.78125&extent=89.59492,589.21875&listOnlyShown=true&showPopulationDensity=true&showUSFaults=true&showUSHazard=true&baseLayer=terrain&timeZone=utc&list=false>

URL 9: AFAD. (2023, Haziran, 14). Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması. <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>

URL 10: BDTİM. (2023, Haziran, 14). Marmara bölgesi depremleri. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/wp-content/uploads/2023/01/2022.pdf>

URL 11: TUIK. (2023, Haziran, 14). İstanbul nüfusu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>

URL 12: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Portalı. (2023, Haziran, 14). Mahalle bazlı bina sayıları. <https://data.ibb.gov.tr/dataset/mahalle-bazli-bina-analiz-verisi>

URL 13: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Portalı. (2023, Haziran, 14). Deprem senaryosu analiz sonuçları. <https://data.ibb.gov.tr/dataset/deprem-senaryosu-analiz-sonuclari>

World Health Organization. (2019). Health emergency and disaster risk management framework. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326106/9789241516181-eng.pdf>

Yeşil, S. T., Preiffer, C. ve Tanner, M. (2020). The determinants of information seeking behaviour and paying attention to earthquake-related information. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Sayı:49 , Yıl:2020: , 1-11.

Yücel, G. (2018). Earthquake and evacuation area assesment for Istanbul Avcılar district. *Disaster Science And Enginnering*. Sayı:4 , Yıl:2018 , 65-79.

Zaicenco, A. ve Alkaz, V. (2009). GIS application for the assessment of seismic damage to buildings. Volume 52: Optimisation of Disaster Forecasting and Prevention Measures in the Context of Human and Social Dynamics. DOI 10.3233/978-1-58603-948-6-29