



GIS-based earthquake risk analysis in the coastal districts of İstanbul along the sea of Marmara

Zeliha ÖZEL MAZLUM¹, ORCID: 0000-0002-8461-2500
Özge YALÇINER ERCOŞKUN², ORCID: 0000-0003-2734-0374

Abstract

İstanbul is at risk of earthquakes due to its high population, old building stock and proximity to active fault lines in the coastal areas of the Marmara Sea. This study aims to geographically map the risk levels by comprehensively analyzing the physical, spatial and socio-economic factors affecting earthquake risks. A total of 21 districts on the European and Anatolian sides were evaluated based on multidimensional criteria such as suitability for settlement, soil characteristics, building condition, demographic indicators and earthquake scenarios. The data were analyzed using Geographical Information Systems (GIS) and it was determined that risk factors are concentrated in the districts bordering the Marmara Sea. Especially in districts such as Avcılar, Küçükçekmece, Zeytinburnu and Fatih on the European Side, physical factors such as old building stock, soil liquefaction and inadequate infrastructure play an important role in increasing the risk. Risks on the Anatolian side, on the other hand, exhibit a more heterogeneous distribution. The findings show that precautions should be taken especially in the regions bordering the Marmara Sea and suggest that these approaches can serve as a guide for other metropolitan areas under similar risk.

Highlights

- Earthquake risks along İstanbul's coastline are multi-layered, shaped by both physical and socio-economic factors.
- In earthquake risk analysis along İstanbul's coastline, GIS-based spatial analyses enable the identification of vulnerable areas.
- Fatih district has the highest earthquake risk due to old building stock, population density, and soil liquefaction.

Keywords

Earthquake risk analysis; İstanbul; Geographic Information Systems (GIS); Coastal vulnerability; Weighted overlay method

Article Information

Received:
07.04.2025

Accepted:
06.10.2025

Available Online:
23.04.2026

Article Category

Research Article

Contact

1. Faculty of Architecture, Gazi University, Ankara, Türkiye.

zzeliha.ozel@gmail.com

2. Faculty of Architecture, Gazi University, Ankara, Türkiye.

ozgeyal@gazi.edu.tr



İstanbul'un Marmara kıyı ilçelerinde CBS tabanlı deprem riski analizi

Zeliha ÖZEL MAZLUM¹, ORCID: 0000-0002-8461-2500
Özge YALÇINER ERCOŞKUN², ORCID: 0000-0003-2734-0374

Öz

İstanbul, yüksek nüfusu, eski yapı stoku ve Marmara Denizi'ne kıyısı olan bölgelerin aktif fay hatlarına yakınlığı nedeniyle deprem riski taşımaktadır. Bu çalışma, deprem risklerini etkileyen fiziksel, mekânsal ve sosyo-ekonomik faktörlerini kapsamlı bir şekilde analiz ederek, risk seviyelerini coğrafi olarak haritalandırmayı amaçlamaktadır. Avrupa ve Anadolu Yakası'ndaki toplam 21 ilçe, yerleşime uygunluk, zemin özellikleri, yapı durumu, demografik göstergeler ve deprem senaryoları gibi çok boyutlu kriterler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak analiz edilmiş ve Marmara Denizi'ne kıyısı olan ilçelerde risk faktörlerinin yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Özellikle Avrupa Yakası'nda Avcılar, Küçükçekmece, Zeytinburnu ve Fatih gibi ilçelerde, eski yapı stoku, zemin sıvılaşması ve yetersiz altyapı gibi fiziksel unsurların riskin artmasında önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Anadolu Yakası'ndaki risklerin ise daha heterojen bir dağılım sergilediği görülmüştür. Elde edilen bulgular, özellikle Marmara Denizi'ne kıyısı olan bölgelerde önlemlerin alınması gerektiğini göstermekte; aynı zamanda bu yaklaşımların, benzer risk altındaki diğer metropoller için de rehber niteliğinde olabileceğini öne sürmektedir.

Öne Çıkanlar

- İstanbul kıyılarındaki deprem riskleri, fiziksel ve sosyo-ekonomik faktörlerin birlikte şekillendirdiği çok katmanlı bir olgudur.
- İstanbul kıyılarındaki deprem risk analizinde CBS tabanlı mekânsal analizler, hassas bölgelerin belirlenmesini sağlar
- Fatih ilçesi, eski yapı stoku, nüfus yoğunluğu ve zemin sıvılaşması nedeniyle en yüksek deprem riskine sahiptir.

Anahtar Sözcükler

Deprem risk analizi; İstanbul; Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); Kıyı kırılganlığı; Ağırlıklı çakıştırma yöntemi

Makale Bilgileri

Alındı:
07.04.2025
Kabul Edildi:
06.10.2025
Erişilebilir:
23.04.2026

Makale Kategorisi

Araştırma Makalesi

İletişim

1. Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara/Türkiye.
zzeliha.ozel@gmail.com
2. Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara/Türkiye.
ozgeyal@gazi.edu.tr

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.

Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF), dünyanın en aktif ve hızlı hareket eden fay hatlarından biri olarak tanımlanmaktadır. Her ne kadar KAF’ın doğu bölgesindeki enerji geçmişteki büyük depremlerle boşaltılmış olsa da batı tarafında büyük bir deprem potansiyeli için enerji birikmektedir. Özellikle Marmara Denizi’nin altındaki bölümde, deprem üretme potansiyeli taşıyan enerji birikmektedir (Naimi vd., 2021).

İstanbul’da beklenen olası depremle ilgili olarak, KAF’ın Marmara Denizi’ndeki bölümünün kırılmasına dayanan bilimsel araştırmalar ve resmi raporlar, 7.0 ile 7.7 büyüklüğünde bir deprem öngörmekte ve olası hasar senaryolarını bu tahminlere göre değerlendirmektedir. Bu bilgilere atıfta bulunan temel kaynaklardan biri, İstanbul Deprem Master Planı (2003) ve JICA (Japon Uluslararası İş Birliği Ajansı) tarafından yapılan İstanbul Sismik Mikro-Bölgeleme Raporu (2002)’dur (JICA ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi [İBB], 2002), (İBB, 2003).

KAF’ın Marmara Denizi’ne yakın bölgelerinde yoğun yapılaşma ve yüksek nüfus, büyük bir deprem tehdidi oluşturmaktadır. Güney kıyılar, deprem ve tsunami riskine açık olup, afet sonrası hasarı azaltmak için proaktif hazırlık gerektirmektedir. 1999 İzmit ve Düzce depremleri, şehrin hazırlık durumunun yetersizliğini gösterirken, 2023 Kahramanmaraş depremi İstanbul’un kırılganlığını yeniden gündeme getirmiştir. CBS tabanlı analizler ve hassasiyet haritaları, afet yönetimine katkı sağlayarak, İstanbul’un daha güvenli ve dayanıklı hale gelmesine yardımcı olacaktır.

Tamamen risksiz bir ortam mümkün olmasa da, uygun tahmin ve yönetim stratejileriyle risk azaltılabilir (Boukria vd., 2018). Bu bağlamda CBS, afet öncesi ve sonrasında verilerin toplanması, analizi ve görselleştirilmesi için temel bir karar destek altyapısı sunarak acil durum operasyonlarını ve tahliye planlamasını hızlandırır (Çetinkaya vd., 2021; Ródenas vd., 2018). CBS tabanlı risk haritaları, yerleşimlerin fay hatlarına uzaklığı, zemin özellikleri ve bina yaşı gibi ana parametreleri bütünleştirerek sismik tehlike ve kırılganlığı mekânsal olarak bütüncül biçimde bir araya getirir (Ersoz vd., 2023). ArcGIS gibi yazılımlar, büyük ve yüksek çözünürlüklü veri setlerini işleyip tutarlı sonuçlar üretir (Sinaga vd., 2011). İstanbul ölçeğinde deprem riskinin güvenilir biçimde değerlendirilmesi, bütüncül bir veri tabanı ile metodolojik açıdan tutarlı risk haritalarının geliştirilmesini gerektirir. Bu çalışma, kırılgan bölgeleri nesnel ölçütlerle tanımlayarak karar vericilere önceliklendirme ve müdahale planlaması için kanıt sunmayı hedeflemektedir.

İBB, olası bir deprem senaryosuna karşı kapsamlı çalışmalar yürütmüş ve risk yönetimi süreçlerini güçlendirmek için çeşitli analizler gerçekleştirmiştir. İBB, ilçe bazlı deprem kayıp tahminleri ve tsunami risk analizleri gibi önemli projelerle İstanbul’un afetlere hazırlık sürecini bilimsel verilerle desteklemiştir. Ancak, gerçekleştirilen çalışmalar ya sadece zemin durumuna ya da sadece kayıp tahminlerine odaklanmaktadır. Daha kapsamlı analizlerin gerçekleştirildiği çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (İBB, 2024a; İBB, 2024b).

Bu çalışma, kıyı kentlerinde deprem riskinin değerlendirilmesine yönelik sınırlı veri setiyle uygulanabilir sonuçlar üretilebileceğini göstermektedir. Fiziksel, mekânsal ve sosyo-ekonomik

unsurların birlikte ele alındığı analizler ile riskin farklı boyutları aynı platformda bütünleştirilmiştir. Zemin özellikleri, yapı stoğu, altyapı durumu ve demografik yapı gibi farklı veri gruplarının ağırlıklı karşılaştırma yöntemiyle bir arada değerlendirilmesi, riskin mekânsal dağılımının ayrıntılı biçimde ortaya konmasını sağlamıştır. Bu yönüyle çalışma, verinin kısıtlı olduğu koşullarda dahi afet risk değerlendirmesi için uygulanabilecek pratik bir yöntem önermektedir.

Geliştirilen yöntem ve analiz yaklaşımı, yalnızca incelenen alanla sınırlı olmayıp benzer risk profiline sahip kıyı kentlerinde de kullanılabilecek niteliktedir. Afet riskine ilişkin güvenilir ve mekânsal olarak detaylı bilgiye erişim, özellikle veri erişiminin sınırlı olduğu bölgelerde planlama süreçleri için kritik önemdedir. Bu nedenle çalışma, eldeki verilerin etkin kullanımıyla üretilmiş, yerel koşullara uyarlanabilir ve farklı coğrafyalarda uygulanabilir bir karar destek yaklaşımı ortaya koyarak hem yerel hem de uluslararası düzeyde afet risk yönetimi çalışmalarına katkı sağlama gerekliliğini karşılamaktadır.

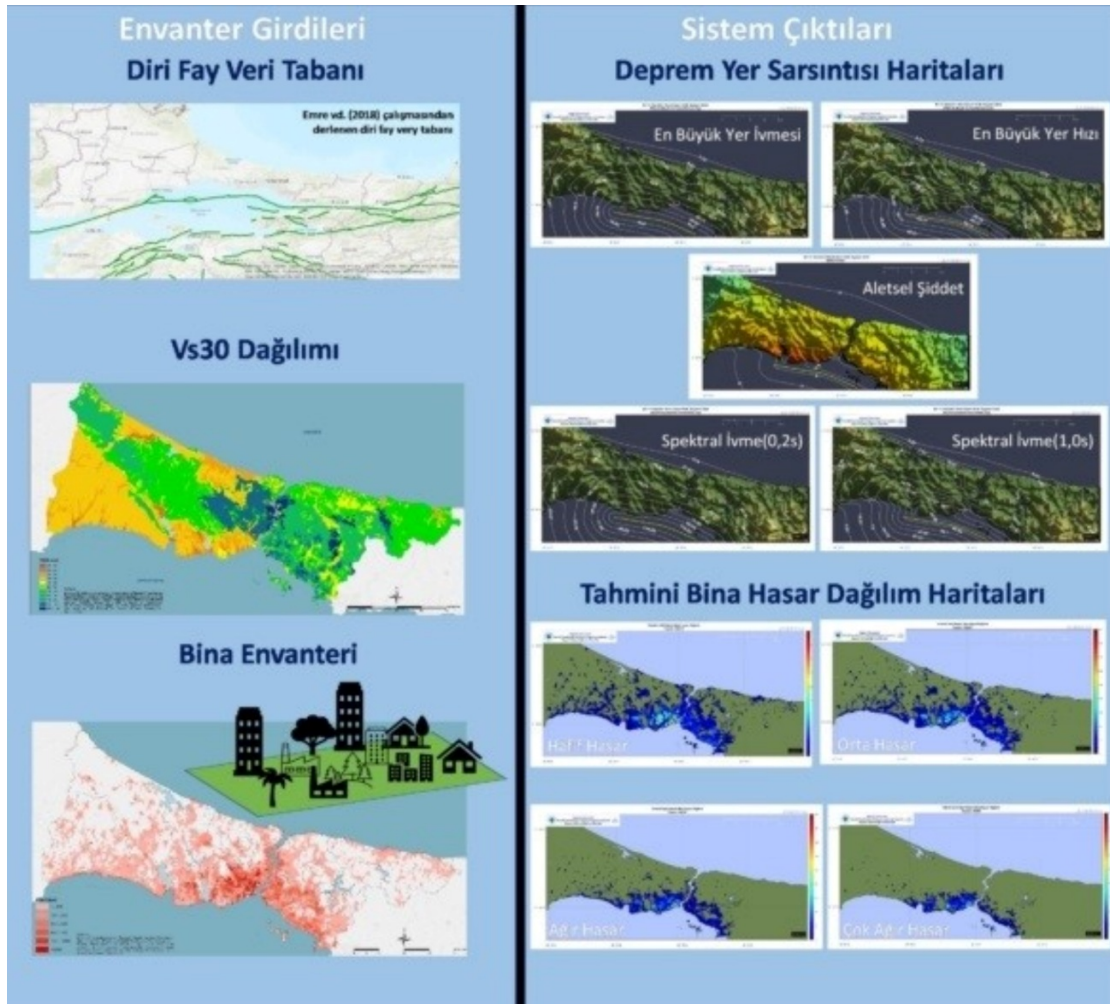
ÇALIŞMA ALANI

İstanbul'un yaklaşık 15 milyonluk nüfusunun büyük bir bölümü KAF'a yakın bölgelerde yaşamaktadır. Bu durum, yoğun yapılaşmayla birleşerek olası bir depremde can kaybı ve yapısal hasar riskini artırmaktadır (Shafapour Tehrani vd., 2022). 1999 İzmit (M 7.6) ve Düzce (M 7.2) depremleri de İstanbul'u etkilemiş, bu süreçte İBB ve uluslararası kuruluşlar çeşitli eylem planları hazırlamıştır. Ancak, bu çalışmalar yetersiz kalmış, deprem toplanma alanları imara açılarak alışveriş merkezleri ve rezidanslarla dolmuştur (Demarchi, 2014; Naimi vd., 2021).

Ortalama olarak, her 50 yılda orta şiddette bir deprem, her 300 yılda ise yüksek şiddette bir deprem şehri etkilemektedir (Demarchi, 2014). Çalışmalarda, Marmara'da 7.0 veya daha büyük bir depremin olasılığının oldukça yüksek olduğu vurgulanmaktadır (Şimşek vd., 2021).

İstanbul'un 30 ilçesi için yapılan olasılıksal sismik risk analizinde, dört farklı geri dönüş süresine dayalı hasar değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Gumbel-Gutenberg-Richter yöntemleriyle 25, 50, 75 ve 100 yıllık periyotlarda deprem büyüklükleri sırasıyla 6.72, 7.2, 7.48 ve 7.68 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, özellikle güney kıyı ilçelerinin yüksek hasar riski taşıdığını göstermektedir. En kötü senaryoda, binaların %7'sinin tamamen yıkılması, %12'sinin ise ciddi hasar görmesi beklenmektedir (Sanrı Karapınar, 2018).

1999 depremleri sonrasında hazırlanan İstanbul Deprem Master Planı (Şekil 2) ile İstanbul'un deprem sorunları kapsamlı bir şekilde ele alınarak, risklerin azaltılması için yöntemler geliştirilmiştir. İstanbul'daki bina stoğunun önemli bir bölümü, deprem yönetmeliğine uygun değildir. 2000 yılı öncesinde inşa edilen binaların %68'i risk altındadır (Aydınoğlu, 2021).



Şekil 2. İstanbul Deprem Master Planı (İBB, 2003).

İstanbul'da nüfusun KAF'a yakın, yoğun yapılaşmış alanlarda toplanması ve 2000 öncesi yönetmeliğe uymayan bina stoğu kırılabilirliği belirgin biçimde artırmaktadır. Tarihsel tekrar periyotları ve Marmara'da ≥ 7.0 olasılığı, özellikle güney kıyı ilçelerinde yüksek hasar beklentisiyle birleşerek riskin güncel ve acil niteliğini göstermektedir.

İSTANBUL'UN DEPREM RİSKİ

Son yıllardaki bibliyometrik eğilimler, sismik tehlike ve risk araştırmalarının hızla genişlediğini ve odağın tehlike ölçümünden kırılabilirlik–risk bütünlüğüne kaydığını göstermektedir (İsmail vd., 2024). Literatürde risk, yalnızca zemin durumuyla değil; yapılaşmış çevre, çevresel koşullar ve sosyoekonomik göstergelerin etkileşimiyle tanımlanan çok boyutlu bir olgu olarak ele alınmakta, bu nedenle çok ölçütlü yaklaşımlar öne çıkmaktadır (Quiñones-Bustos vd., 2021). Yer hareketlerinin mekânsal farklılaşması, büyük kentlerde altyapı kırılabilirliğini artırarak afet sonrası müdahale ve erişilebilirliği güçleştirir (Wang vd., 2022). Kıyı kentleri bağlamında ise jeofiziksel tehlikeler ile sosyal ve ekonomik kırılabilirliklerin kesişimi riski yoğunlaştırdığı için (Tanim vd., 2022) İstanbul'un Marmara kıyı ilçeleri gibi alanlarda riskin bütüncül ve CBS destekli biçimde değerlendirilmesi gereklidir.

İBB, olası bir deprem senaryosuna karşı kapsamlı çalışmalar yürüterek risk yönetimi süreçlerini güçlendirmiştir. 39 ilçeye yönelik yayımlanan Olası Deprem Kayıp Tahminleri raporları, bina hasarları, altyapı zararları, can kayıpları ve tahliye gereksinimleri gibi kritik unsurları içermektedir (İBB, 2024b). Ayrıca, İlçe Tsunami Bilgi Kitapçıkları ile kıyı bölgelerinde deprem sonrası tsunami riskleri değerlendirilmiş, sahil şeridindeki yapılaşma için senaryolar geliştirilmiştir (İBB, 2024a). Bu çalışmalar, İstanbul'un afetlere hazırlık sürecini bilimsel verilerle destekleyerek risk azaltma stratejilerine katkı sağlamaktadır.

Çalışma kapsamında hem değerlendirilecek parametrelerin belirlenmesine yol göstermesi hem de analizlerde kullanılacak katsayıların saptanması için İstanbul'a ilişkin akademik ve kurumsal çalışmalar sistematik biçimde incelenmiştir. Bu inceleme, ilgili yöntemlerin bulgularını karşılaştırarak ArcGIS tabanlı ağırlıklı çakıştırma modelinin gösterge setinin tanımlanmasına ve ağırlıklandırma mantığının literatüre dayalı biçimde kurulmasına olanak sağlamıştır.

Kundak vd. (2007) çalışmasında, İstanbul'un 613 mahallesi 15 farklı değişken doğrultusunda değerlendirilmiş ve ana bileşenler analizi yöntemiyle çok boyutlu bir deprem risk haritası üretilmiştir. Söz konusu analizde demografik yapı, yapı yoğunluğu ve plansız kentleşmenin yanı sıra; yanıcı-patlayıcı kullanım alanları, ortalama ivme, eğim ve sağlık altyapısı gibi fiziksel, çevresel ve yapısal tehlike göstergeleri ile kurtarma potansiyelleri de dikkate alınmıştır. Bulgular, Avrupa Yakası'nda Küçükçekmece, Avcılar, Bağcılar, Esenler, Bahçelievler ve Zeytinburnu; Anadolu Yakası'nda ise Ümraniye, Pendik, Maltepe ve Kartal gibi ilçelerin yüksek riskli alanlar olduğunu ortaya koymuştur. Mevcut çalışmada da benzer ilçeler analiz edilmiş; ancak farklı olarak ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılmış ve veriler tematik katmanlar halinde birleştirilerek mekânsal risk haritaları oluşturulmuştur. Bu yönüyle, her iki çalışmanın bulguları örtüşmekte, ancak kullanılan yöntemlerin farklılığı değerlendirme yaklaşımını çeşitlendirmektedir.

Shafapourtehrany Tehrany ve arkadaşları (2022), İstanbul'un deprem kırılganlığını değerlendirmek amacıyla yapay zekâ temelli sınıflandırma algoritmalarından faydalanarak kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. K-means kümeleme yöntemi temelinde karar ağacı, destek vektör makinesi, lojistik regresyon ve kendini organize eden harita gibi dört farklı model kullanılarak kırılganlık düzeyleri analiz edilmiştir. Çalışmada, demografik yapı, yapı yoğunluğu, zemin durumu, sosyal hizmet altyapısı ve ulaşım gibi çok çeşitli parametreler içeren geniş kapsamlı bir veri seti kullanılmıştır. Bu çeşitlilik ve yenilikçi yöntem kullanımı, çalışmanın bilimsel altyapısını güçlendirmekte ve elde edilen kırılganlık haritalarının güvenilirliğini artırmaktadır. Bulgular, özellikle Beyoğlu, Fatih ve Sultangazi gibi bölgelerin tüm modellerde yüksek kırılganlık düzeyine sahip olduğunu göstermiştir. Mevcut çalışmada ise benzer mekânsal temalar analiz edilmiş, ancak yöntemsel olarak tematik katmanların ağırlıklandırıldığı çok kriterli bir çakıştırma yaklaşımı benimsenmiştir. Böylece, farklı modelleme teknikleri kullanılsa da her iki çalışmada benzer kırılgan bölgelerin belirlenmiş olması, analizlerin karşılıklı tutarlılığını desteklemektedir.

İBB tarafından hazırlanan İstanbul Kentsel Dönüşüm Strateji Belgesi kapsamında, çok kriterli analiz yöntemiyle afet riski yüksek bölgeler nicel olarak belirlenmiş; Fatih, Küçükçekmece, Avcılar, Bahçelievler, Zeytinburnu, Beylikdüzü, Bakırköy ve Esenler, en yüksek deprem riski taşıyan ilçeler olarak tanımlanmıştır. Bu ilçelerdeki risk seviyesinin artmasında Marmara Denizi'ne yakınlık, zemin yapısı ve fay hatlarına olan mesafe temel etkenlerdir (İBB, 2019). Benzer şekilde, Özel Mazlum vd.

(2023) çalışması da İstanbul'da CBS tabanlı deprem riski değerlendirmesinde zemin durumu, yapılaşma, demografik yapı ve deprem senaryolarını temel parametre olarak ele almıştır. Yerleşime uygunluk, eski ve yüksek katlı yapı yoğunluğu, nüfus yoğunluğu ile senaryoya dayalı can kaybı, ağır hasar, geçici barınma ve deprem şiddeti verileri ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle analiz edilmiştir. Sonuçta, Fatih, Küçükçekmece, Bahçelievler ve Bağcılar yüksek riskli ilçeler olarak öne çıkarken, Sultanbeyli ve Sultangazi gibi ilçeler daha düşük riskli alanlar olarak belirlenmiştir. İstanbul'da deprem riski, zemin koşulları, yapı stoku ve sosyo-demografik kırılganlığın bileşkesi olarak özellikle Marmara kıyı koridorunda yoğunlaşmaktadır.

Kundak vd. 2007, Shafapourtehrany ve arkadaşları 2022 ve İBB 2019 bulguları, bu çalışmada kullanılan analiz katsayılarının belirlenmesine temel olmuştur. Sonuçta, ArcGIS tabanlı ağırlıklı çakıştırma ile göstergeler belirlenmiş, ağırlık katsayıları literatüre dayalı biçimde tayin edilmiş ve Marmara kıyı ilçeleri için eyleme dönük, yeniden üretilebilir risk haritaları üretilmiş; bulgular güney kıyı ilçelerinde yüksek hasar beklentisini doğrularak dönüşüm, güçlendirme ve acil lojistik planlamasında önceliklendirme gereğine işaret etmiştir.

YÖNTEM

Ağırlıklı çakıştırma yöntemi, riskli alanları belirlemek için kullanılan bir coğrafi analiz tekniğidir. Bu yöntemde, farklı tematik katmanlar afet riski etkilerine göre ağırlıklandırılarak nihai risk puanı hesaplanır (Arnous, 2010). Farklı veri türlerini bir araya getirerek analiz üzerindeki etkilerini artırma veya azaltma imkânı sunar. Bu yöntemle oluşturulan haritalar, kentsel kırılganlık gibi karmaşık verileri daha anlaşılır hale getirir (Albulescu, 2023; Dhar vd., 2016). Ağırlıklar, uzman görüşleri veya veri analizine dayanarak belirlenir ve tüm katmanlar ArcGIS yazılımında birleştirilerek nihai risk veya duyarlılık haritası oluşturulur (Michael vd., 2016).

Nitekim Han vd. (2019), deprem kırılganlık analizinde jeoteknik, fiziksel, yapısal, sosyal ve erişilebilirlik gibi göstergeleri AHS ile ağırlıklandırarak CBS ortamında bir kırılganlık haritası üretmişlerdir. Bu yaklaşımın, tematik göstergelerin hiyerarşik olarak organize edilmesini ve mekânsal analizlerin daha bilimsel temellere dayanmasını sağladığı ifade edilmektedir. Benzer şekilde Yi ve arkadaşları (2019), deprem sonrası heyelan risklerini analiz ettikleri çalışmada, litoloji, eğim, yükseklik gibi doğal göstergelere AHS ile ağırlık vererek ağırlıklı çakıştırma yöntemini kullanmışlardır. Pilehvar vd. (2019) ise Kuzey Horasan'da kentsel sismik kırılganlık değerlendirmesinde yapı malzemesi, sokak genişliği ve bina yaşı gibi göstergeleri ağırlıklandırarak benzer bir yaklaşım benimsemiştir.

Ağırlıklı çakıştırma yönteminin bir diğer avantajı, farklı coğrafi bağlamlara kolayca uyarlanabilmesi ve tematik katmanların CBS ortamında entegrasyonunu sağlamasıdır. Bu yönüyle, karar vericilere bilimsel temelli ve harita tabanlı çıktılar sunarak afet yönetiminde kullanılabilir bilgi üretmektedir (Han vd., 2019; Yi vd., 2019; Pilehvar vd., 2019).

Bu çalışmada, Özel Mazlum vd. (2023) yaklaşımı doğrultusunda, farklı analiz katmanlarının mekânsal olarak bir araya getirilmesini sağlayan CBS tabanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem, afet riski gibi çok bileşenli konularda farklı göstergelerin karşılaştırılabilir biçimde değerlendirilmesine ve sonuçların görselleştirilmesine olanak tanıyan sistematik ve şeffaf

bir yapı sunmaktadır. Okuryazarlık oranı, hanehalkı büyüklüğü, doğalgaz, içme suyu ve atık su altyapısı ile akaryakıt istasyonları verileri modele dâhil edilerek veri tabanı genişletilmiştir.

Bu çalışmada ilk adımında, hem literatür incelemeleri hem de erişilebilir veri kaynakları doğrultusunda çalışmada kullanılacak analiz başlıkları belirlenmiştir. Bu göstergelere ait veriler ilgili kurumlardan, açık veri portallarından veya daha önceki çalışmalardan temin edilmiş ve CBS ortamında kullanılabilir hâle getirilmiştir. Sonraki aşamada, her bir göstergeye ilişkin mekânsal analizler gerçekleştirilerek tematik katmanlar oluşturulmuştur. Elde edilen bu analiz sonuçlarının görece önem düzeyleri, literatürde yaygın olarak kullanılan 1–9 aralığındaki sistematik bir ölçekle puanlanmış ve faktör ağırlıkları belirlenmiştir. Bu sayede, çok sayıda farklı göstergenin katkısı ortak bir çerçevede karşılaştırılabilir hâle getirilmiştir. Ağırlıklandırılan analiz katmanları, tanımlanan ortak bir değerlendirme ölçeği üzerinden normalize edilerek birlikte işlenmeye uygun hâle getirilmiştir. Son aşamada ise tüm katmanlar, belirlenen ağırlıklar doğrultusunda CBS ortamında çakıştırılmış ve risk seviyelerini mekânsal olarak gösteren bütüncül bir sonuç haritası elde edilmiştir. Böylece, farklı göstergelerin katkısıyla oluşturulmuş risk analizi, karar vericiler açısından öncelikli alanların tanımlanmasına olanak tanıyan uygulanabilir bir çıktı üretmiştir.

Analizlerin Gerçekleştirilmesi

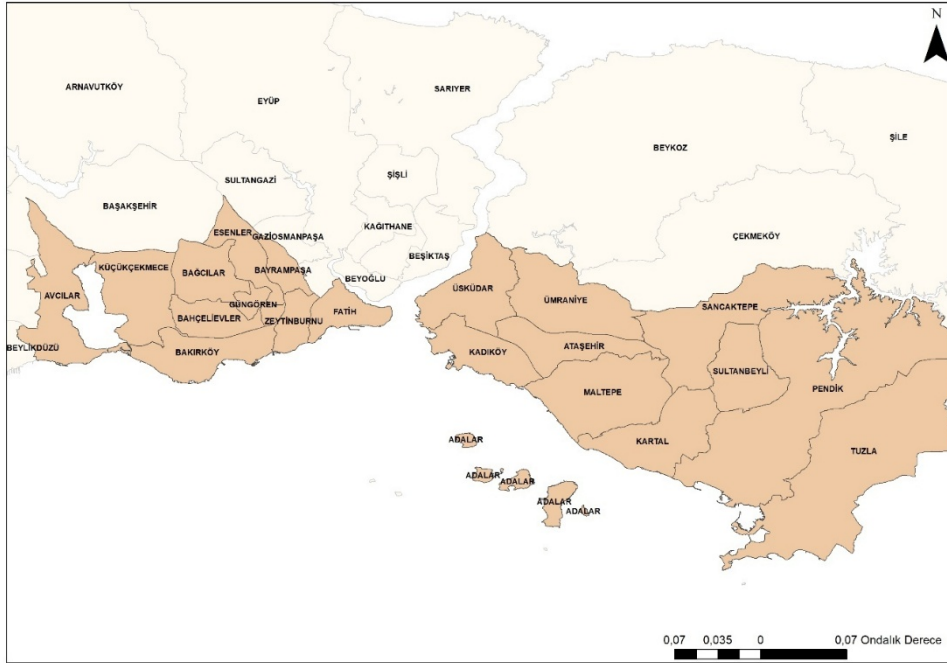
Yazarlar tarafından daha önce İstanbul'un kıyı ilçelerine yönelik gerçekleştirilen çalışmada, CBS tabanlı risk değerlendirmesi kapsamında zemin özellikleri, yapılaşmış çevre, demografik yapı ve olası deprem senaryoları temel parametreler olarak ele alınmıştır. Sentez aşamasında yerleşime uygunluk, bina yaşı ve yüksekliği, nüfus yoğunluğu gibi fiziksel ve sosyal göstergelerin yanı sıra, senaryoya bağlı olarak can kaybı, çok ağır hasar, geçici barınma ihtiyacı ve deprem şiddeti değişkenleri kullanılarak kırılabilirlik analizi yapılmıştır (Özel Mazlum vd., 2023).

Bu çalışma ise söz konusu temel çerçeveyi korumakla birlikte, hem yöntemsel hem de içerik bakımından geliştirilmiş ve genişletilmiş bir analiz sunmaktadır. Literatür taraması, yalnızca İstanbul ölçeğindeki çalışmalarla sınırlı kalmamış; aynı zamanda CBS ve yapay zekâ temelli deprem riski analizleri bağlamında ağırlıklı çakıştırma gibi benzer tekniklerin kullanıldığı çok sayıda güncel akademik ve kurumsal kaynak detaylı biçimde incelenmiştir. Bu sistematik literatür değerlendirmesi, göstergelerin seçiminden analiz katsayılarının belirlenmesine kadar tüm metodolojik süreci veri temelli yapılandırmıştır. Bu çalışmada uzman görüşü alınmaksızın, güncel bilimsel çalışma ve resmi rapora dayalı olarak analiz ağırlıkları tayin edilmiştir. Bu yaklaşım, özellikle sınırlı uzman katılımının söz konusu olduğu durumlarda, yüksek düzeyde metodolojik güvenilirlik sağlayan alternatif bir strateji olarak literatüre katkı sunmaktadır.

Ayrıca gösterge seti hem sosyal kırılabilirlik hem de teknik altyapı bileşenleri bakımından önemli ölçüde genişletilmiştir. Sosyal kırılabilirlik göstergeleri olarak okuma yazma bilmeyen birey sayısı ve hanehalkı büyüklüğü gibi daha önceki çalışmalarda sıklıkla göz ardı edilen değişkenler dâhil edilmiştir. Teknik altyapıya yönelik kırılabilirlik ise içme suyu, atık su ve doğalgaz hatları ile akaryakıt istasyonu yoğunluğu gibi unsurlar aracılığıyla analiz modeline entegre edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma yalnızca mekânsal ve demografik verilerle sınırlı kalmayan, aynı zamanda altyapı sistemlerinin kırılabilirliğini de değerlendiren, veri temelli, çok katmanlı ve bütüncül bir risk analizi modeli sunmaktadır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen altyapı hasarı (Şekil 5), can kaybı, çok ağır hasarlı yapı (Şekil 6), geçici barınma ihtiyacı, demografik yapı (Şekil 7), kat yüksekliği (Şekil 8), yapım yılı ve akaryakıt istasyonu analizleri, yazarlar tarafından oluşturulmuş olup, kullanılan veri setleri ilgili bölümlerde detaylandırılmıştır. Şekil 4'te yer alan 72 yıllık geri dönüş döneminde deprem şiddeti analizi, Saner (2013) tarafından hazırlanan doktora tezinden alınmıştır. Bu analiz, İstanbul'un deprem tehlikesini değerlendirmek amacıyla Kandilli Rasathanesi verileri kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, yazarlar tarafından üretilmemiştir. Şekil 9'da sunulan yerleşime uygunluk analizi, İBB tarafından hazırlanan mikro bölgeleme raporlarından alınmıştır. Bu rapor, İstanbul'un yerleşime uygunluk durumunu değerlendirmek amacıyla jeolojik, jeofizik ve sismolojik incelemeler doğrultusunda üretilmiştir. Bu analiz, yazarlar tarafından oluşturulmamış, İBB'nin ilgili çalışmasından alınarak değerlendirilmiştir.

Çalışma Avrupa Yakasında Avcılar, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Bayrampaşa, Güngören, Fatih, Esenler, Küçükçekmece ve Zeytinburnu ilçelerini kapsamaktadır. Anadolu Yakasında ise Adalar, Ataşehir, Kadıköy, Kartal, Maltepe, Pendik, Sancaktepe, Sultanbeyli, Ümraniye, Üsküdar, Tuzla kıyı ilçeleri olmak üzere 21 ilçeyi kapsamaktadır (Şekil 3). Çalışmada ağırlık çakıştırma yöntemi kullanılacağından, analizlerin tutarlılığı ve verilerin karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla tüm analiz sınırlarının aynı olması gerekmektedir. Diğer taraftan, İBB tarafından gerçekleştirilen ve analizler arasında yer alan yerleşime uygunluk analizi ağırlık değeri yüksek bir analizdir. Bu çerçevede çalışma alanı, yerleşime uygunluk analizinin (İBB Arşivi, 2019) gerçekleştirildiği sınır ile aynı olacak şekilde belirlenmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanı sınırlarına giren ilçeler.

Tüm veriler excel formatında ilçe ölçeğine göre düzenlenerek, CBS ortamına aktarılmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında demografik özelliklere ilişkin analizler ile birlikte yapı ve zemin durumuna ilişkin analizler ve deprem senaryoları analizleri gerçekleştirilmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi açık portalında sunulan deprem senaryosu veri seti 7.5 Mw büyüklüğünde

gece olacak deprem senaryosuna göre yapılan analizlerin sonuçlarını içermektedir. 19 Mart 2021 tarihinde oluşturulan veri seti 2 Mart 2023 yılında İBB tarafından güncellenmiştir. İlgili veri setinin güncellenme çalışmaları devam etmektedir. Çalışma kapsamında altyapı, can kaybı, çok ağır hasarlı yapı sayısı ve geçici barınma ihtiyacı değerlendirilmiştir (URL 1). Bunun dışında 2013 yılında Kandilli Rasathanesi verilerini kullanarak, hazırlanan deprem senaryosu da çalışmaya dâhil edilmiştir (Saner, 2013).

Demografik yapıya ilişkin analizler; hanehalkı büyüklüğü, nüfus yoğunluğu ve okuma yazma bilmeyen kişi sayısı analizleridir (TUIK, 2023). 9-19 kat yüksekliğine sahip yapı sayısı ve 1980 öncesi inşa edilen yapı sayısı ise yapısal analizleri oluşturmaktadır. 16 Ocak 2021 tarihinde oluşturulan veri seti 2 Mart 2023 yılında İBB tarafından güncellenmiştir. İBB tarafından ilgili veri setinin güncellenme çalışmaları devam etmektedir (URL 2).

İBB, İstanbul'un olası risklerini belirlemek amacıyla mikro bölgeleme çalışmaları yürütmüştür. Bu çalışmalar, riskleri azaltmaya katkı sağlamak ve büyük ölçekli projelere, stratejik planlara ve kentsel dönüşüm faaliyetlerine veri sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında jeolojik, jeofizik, jeoteknik ve sismolojik analizler yapılmış, 1/2.000 ölçekli yerleşime uygunluk haritaları hazırlanmıştır. Anadolu ve Avrupa Yakası için ayrı oluşturulan mikro bölgeleme raporları 2007 ve 2009'da tamamlanmış, 2019'da İBB arşivinden edinilmiştir. Yerleşime uygunluk değerlendirmelerinde sivilaşma riski, heyelan tehlikesi, sel baskını ve diğer mühendislik sorunları analiz edilmiştir (İBB, 2007; İBB 2009a; İBB, 2009b).

Akaryakıt istasyonlarının yoğunluğu, olası bir depremde büyük bir risk faktörü olabileceği ve yangın ve patlama riskini artıracacağı gerekçesiyle çalışmaya dâhil edilmiştir. 1 Mayıs 2021 tarihinde oluşturulan veri seti 5 Ekim 2024 yılında İBB tarafından güncellenmiştir. İlgili veri setinin güncellenme çalışmaları devam etmektedir (URL 3).

Analizlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Mevcut çalışmada uzman görüşüyle belirlenen ağırlıklar yerine, literatürdeki önceliklendirme eğilimlerinden yararlanılarak veri tabanlı bir yaklaşım benimsenmiştir. Analizde kullanılan tematik katmanların ağırlıkları, hem literatürde yer alan ve ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle gerçekleştirilen benzer mekânsal analiz çalışmaları hem de İstanbul'a özgü deprem risk senaryolarına ilişkin resmi raporlar ve bilimsel araştırmalar dikkate alınarak belirlenmiştir (Kim, 2019; Yi vd., 2019; Pilehvar vd., 2019; Kundak vd., 2007; Shafapour Tehrany vd., 2022; İBB, 2019; Özel Mazlum vd., 2023). Ayrıca analiz, deprem riski özelinde İstanbul'un kıyı ilçelerine odaklanarak, coğrafi odak farklılaştırılmış ve mekânsal modelleme, yerel risk bileşenleri dikkate alınarak yapılandırılmıştır. Bu yönüyle çalışma, sınırlı ve kamuya açık veri setleriyle uygulanabilir bir analiz modeli sunarken; farklı mekânlarda geliştirilmiş yöntemsel yaklaşımları, yerel ölçekte yeniden kurgulayan bir katkı ortaya koymaktadır.

Yerleşime uygunluk ve deprem şiddeti gibi faktörler, doğrudan fiziksel zararın belirlenmesinde en kritik unsurlar olduğundan, bu faktörlere en yüksek ağırlıklar verilmiştir. Özellikle yerleşime uygunluk, bir alanın yapılaşmaya elverişliliğini belirleyen en önemli kriterlerden biri olduğu için %20 ağırlık ile analizde belirleyici bir rol oynamaktadır (Tablo 1). Deprem şiddeti ise beklenen fiziksel hasar ve can kaybı açısından temel bir faktör olduğundan, %15 ağırlıkla değerlendirilmiştir. Bu iki

faktör, doğrudan yapısal hasar riskini ve dolayısıyla genel deprem riskini belirleyici olduğundan yüksek katsayılara sahiptir.

Diğer taraftan, 9-19 kat yüksekliğine sahip yapı sayısı ve 1980 öncesi inşa edilen yapı sayısı gibi yapısal analizler de görece yüksek katkı sunar, ancak deprem şiddeti ve yerleşime uygunluk kadar kritik bir etkiye sahip değildir. Yüksek katlı yapılar ve eski yapı stoğu da kademeli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, yapısal analizlere %8-10 arası ağırlık verilmiştir. Benzer şekilde, akaryakıt istasyonları ve altyapı hasarları, deprem sonrası yangın ve altyapı sorunlarına yol açabileceği için ikincil risk faktörleri olarak kabul edilmiştir ve %5-7 gibi orta düzeyde katsayılarla değerlendirilmiştir.

Son olarak, nüfus yoğunluğu, okuma-yazma oranı ve hanehalkı büyüklüğü gibi sosyo-ekonomik faktörler, deprem sonrası müdahale ve yardım süreçlerini çeşitli yollarla etkileyebilmektedir. Örneğin, yüksek nüfus yoğunluğu tahliye ve yardım dağıtımını zorlaştırabilir, düşük okuma-yazma oranı afet uyarılarının anlaşılma düzeyini sınırlayabilir, hanehalkı büyüdükçe ise barınma ihtiyacı artabilir. Bu faktörler, yapısal zararı doğrudan belirlememekle birlikte, afet sonrası sürecin etkinliğinde %2-4 arasında değişen katsayılarla analiz edilmiştir.

Tablo 1. Analizlerin referanslarını ve ağırlıklarını gösterir tablo.

ANALİZ KONUSU	ANALİZ İSMİ	KAYNAK	VERİ TEMİN YILI	AĞIRLIK	AÇIKLAMA
DEPREM SENARYOLARI	Altyapı Hasarı	İBB	2023	%8	Açık veri portalından elde edilmiştir.
	Can Kaybı			%8	
	Çok Ağır Hasarlı Yapı Sayısı			%15	
	Geçici Barınma İhtiyacı			%3	
	Deprem Şiddeti	Kandilli Rasathanesi	2013	%15	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.
	Hanehalkı Büyüklüğü	TUIK	2022	%3	Veriler TUIK'ten elde edilmiştir.
	Nüfus Yoğunluğu		2023	%3	

DEMOGRAFİK YAPI ANALİZLERİ	Okuma Yazma Bilmeyen Kişi Sayısı		2023	%2	
YAPISAL ANALİZLER	9-19 Kat Yüksekliğine Sahip Yapı Sayısı	İBB	2023	%8	Binalar yapım yılına ve kat sayısına göre kategorize edilmiştir. İlgili veri setinin güncellenme çalışmaları İBB tarafından devam etmektedir.
	1980 Öncesi İnşa Edilen Yapı Sayısı			%10	
ZEMİN DURUMU	Yerleşime Uygunluk	İBB	2019	%20	Analiz çalışma kapsamında üretilmemiştir. İBB tarafında gerçekleştirilen analiz kullanılmıştır. (Sıvılaşma, heyelan, sev stabilite, kaya düşmesi ve çökmesi, aşırı yapış riski, tsunami riski, yapay dolgu alanları, alüvyon riski, karşılaşma, ayrılmış kaya riski, taş ocağı riski ve diğer yumuşak zemin riski analizleri doğrultusunda üretilmiştir.)
İKİNCİL RISK FAKTÖRLERİ	Akaryakıt İstasyonu Sayısı	İBB	2024	%5	Ruhsatlı akaryakıt istasyonlarının konum bilgisi ve bayisi olduğu dağıtım şirketlerinin konumlarını gösterir veri setidir.

Değerlendirme Ölçeğinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, Özel Mazlum vd. (2023) çalışmasından farklı olarak analizlerin katkı düzeylerini daha nesnel ve kıyaslanabilir hâle getirebilmek amacıyla, tematik faktörler 1–9 aralığında açık bir değerlendirme ölçeğiyle puanlanmış ve öznel yargıların etkisi azaltılmıştır.

Çalışmada, ağırlıklı çakıştırma (Weighted Overlay ArcGIS) yöntemi kullanılarak, çeşitli yapısal ve demografik analizler ile birlikte deprem şiddeti ve yerleşime uygunluk gibi analizler bir arada değerlendirilmiştir. Veri ölçeklendirmesi, her bir faktörün deprem riski üzerindeki etkisini doğru şekilde yansıtabilmek için analizlerin özelliğine göre değerlendirilmiştir. Yerleşime uygunluk ve deprem şiddeti gibi kritik faktörler daha geniş bir aralıkta (1-9), diğer faktörler ise daha kademeli bir şekilde değerlendirilmiştir (2-5, 3-6). Yapısal analizlerde 1 ve 9 gibi uç değerler (Tablo 2)

kullanılmaması, bu faktörlerin deprem riskini doğrudan etkileme gücünün, yerleşime uygunluk ve deprem şiddeti gibi faktörlere göre daha kademeli bir etkisi olduğunu gösterir.

Tablo 2. Değerlendirme ölçeği.

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

Yerleşime uygunluk analizinde, 1 en uygun olmayan alan olarak kabul edilirken, 9 en uygun alanı temsil etmektedir. (Tablo 3).

Tablo 3. Analizlerin ağırlık katsayıları ve özelliklerin değerlendirme ölçeğini gösterir tablo.

	NO	ANALİZ İSMİ	DEĞER	KAT SAYISI	DEĞERLENDİRME
					ÖLÇEĞİ (1 DEN 9 A KADAR)
DEPREM SENARYOLARI	ALTYAPI HASARI (Doğalgaz, İçme Suyu, Atık Su Boru Hattı Sayısı)				
	1	16-33	1	%8	5
	2	33-49	2		4
	3	49-72	3		3
	4	72-109	4		2
	DEPREM SENARYOSU-CAN KAYBI (Kişi Sayısı)				
	1	42-95	1	%8	5
	2	95-268	2		4
	3	268-754	3		3
	4	754-1633	4		2

DEMOKRAFİK YAPI ANALİZLERİ	DEPREM SENARYOSU-ÇOK AĞIR HASARLI YAPI SAYISI (Yapı Sayısı)				
	1	84-146	1	%15	5
	2	146-391	2		4
	3	391-796	3		3
	4	796-2083	4		2
	DEPREM SENARYOSU-GEÇİCİ BARINMA İHTİYACI (Kişi Sayısı)				
	1	3115-16635	1	%3	5
	2	16635-23064	2		4
	3	23064-46784	3		3
	4	46784-72774	4		2
	DEPREM SENARYOSU-DEPREM ŞİDDETİ				
	1	6,9-7,2	1	%15	4
	2	7,2-7,5	2		3
	3	7,5-7,8	3		2
	4	7,8-8,1	4		1
	HANEHALKI BÜYÜKLÜĞÜ (Kişi Sayısı)				
	1	2,32 - 2,35	1	%3	6
	2	2,35 - 2,97	2		5
	3	2,97-3,27	3		4
	4	3,27-393	4		3
NÜFUS YOĞUNLUĞU (Kişi/Hektar)					
1	14,7-79,64	1	%3	6	
2	79,64-161,1	2		5	
3	161,1-248,42	3		4	
4	248,42-376,57	4		3	
OKUMA YAZMA BİLMEYEN (Kişi Sayısı)					
1	140-4128	1	%2	7	
2	4128-6367	2		6	

	3	6367--8638	3		5	
	4	8638-12665	4		4	
YAPISAL ANALİZLER	9-19 KAT YÜKSELİĞİNE SAHİP YAPI SAYISI (Yapı Sayısı)					
	1	0-227	1	%8	5	
	2	227-505	2		4	
	3	505-1602	3		3	
	4	1602-4797	4		2	
	1980 ÖNCESİ İNŞA EDİLEN YAPI SAYISI (Yapı Sayısı)					
	1	458-460	1	%10	5	
	2	460-4869	2		4	
	3	4869-9211	3		3	
	4	9211-31899	4		2	
	ZEMİN DURUMU	YERLEŞİME UYGUNLUK				
		1	ÖA-b	1	%20	5
2		ÖA-a	2	3		
3		UA	3	9		
4		UOA	4	1		
DİĞER	AKARYAKIT İSTASYONU SAYISI (Adet)					
	1	0-10	1	%5	5	
	2	10-23	2		4	
	3	23-31	3		3	
	4	31-43	4		2	
TOPLAM			100			

Ağırlıklı Çakıştırma

İstanbul'un kıyı ilçelerinin deprem riskini analiz eden bu çalışma dört ana adımda gerçekleştirilmiştir: Selection (Seçim), Raster, Reclassify (Sınıflandırma) ve Weighted Overlay (Ağırlıklı Çakıştırma). İlk adımda, Selection aracı ile analiz bölgesine giren ilçeler seçilir, ardından ilgili katman kaydedilir ve yeni bir katman oluşturulur. İkinci adımda, raster işlemi yapılır; burada katman "To Raster" aracı kullanılarak raster formatına dönüştürülür. Üçüncü adımda, Reclassify

aracı ile sınıflandırma yapılır, bir önceki adımda raster formatına dönüştürülen katman eklenerek sınıf sayısı belirlenir. Son adım olan Weighted Overlay işleminde ise tüm analizlerin ağırlıklandırılması yapılır. Analiz özelliklerine önem derecelerine göre 1 ile 9 arasında puan, her bir analize ise toplamı %100'e ulaşacak şekilde ağırlıklar verilir.

BULGULAR

Bu bölümde, İstanbul'un kıyı ilçelerinde deprem riskini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen analizlerin sonuçları sunulmaktadır. Bulgular, çalışma kapsamında üretilen analizler, modellemeye katkı sağlayan dış kaynaklı analizler ve her iki veri setinin bütünleştirilmesiyle elde edilen entegre bulgular olmak üzere üç grupta değerlendirilmektedir. Çalışma kapsamında üretilen bulgular, altyapı analizi, can kaybı analizi, çok ağır hasarlı yapı analizi, geçici barınma ihtiyacı, demografik yapıya ilişkin analizler (nüfus yoğunluğu, hanehalkı büyüklüğü, okuma-yazma oranı), yapılara ilişkin kat yüksekliği ve yapım yılı analizleri ile ikincil risk faktörlerinden akaryakıt istasyonu sayısı analizlerinden oluşmaktadır. Modellemeye katkı sağlayan dış kaynaklı bulgular ise, deprem şiddeti analizi (Saner, 2013) ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülen mikro bölgeleme çalışmaları kapsamında üretilmiş yerleşime uygunluk analizidir (İBB, 2007; İBB, 2009a; İBB, 2009b). Entegre bulgular, hem bu çalışma kapsamında üretilen hem de dış kaynaklardan sağlanan verilerin ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile bir araya getirilmesi sonucu oluşturulan İstanbul'un kıyı ilçeleri risk haritasıdır.

Analizde kullanılan faktörlerin ağırlıkları, literatürde kabul görmüş benzer çalışmaların yöntemsel yaklaşımları doğrultusunda belirlenmiş ve çalışmanın özgün bağlamına uyarlanmıştır. Bu kapsamda, tematik göstergelere atfedilen önem düzeyleri, önceki araştırmalarda kullanılan ağırlıklandırma sistemleriyle (Kim, 2019; Yi vd., 2019; Pilehvar vd., 2019; Kundak vd., 2007; Shafapour Tehrany vd., 2022; İBB, 2019; Özel Mazlum vd., 2023) karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve uyumlu bir yapı izlenmiştir. Ayrıca, çalışmanın ortaya koyduğu sonuçlar, İstanbul'daki mevcut risk analizleri ile kıyaslanarak doğrulama sürecinden geçirilmiştir. Elde edilen yüksek riskli bölgelerin, literatürde daha önce dikkat çekilen alanlarla büyük ölçüde örtüştüğü görülmüştür (Kundak vd., 2007; Shafapour Tehrany vd., 2022; İBB, 2019; Özel Mazlum vd., 2023). Bu bulgular, kullanılan yöntemin yalnızca kavramsal değil, aynı zamanda uygulama düzeyinde de bilimsel geçerliliğe sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, analiz sürecinde izlenen yöntemsel yaklaşım, hem uluslararası araştırma standartlarıyla hem de yerel risk değerlendirme pratiğiyle tutarlılık arz etmektedir.

Deprem şiddeti analizi, olası bir büyük depremde İstanbul'da beklenen deprem şiddetini göstermektedir. Renkler, bölgelerde hissedilecek sarsıntının büyüklüğünü ifade etmektedir. En yüksek deprem şiddeti (7.8 - 8.1), özellikle Marmara Denizi'ne kıyısı olan Avcılar, Küçükçekmece, Zeytinburnu gibi ilçelerde ve Adalar bölgesinde öngörülmektedir. Anadolu yakasında ise kıyıya yakın olan Kartal, Maltepe ve Pendik ilçelerinde şiddetin 7.6 - 7.8 aralığında olması beklenmektedir. İstanbul'un daha iç bölgelerinde ise deprem şiddeti 7.2 - 7.4 arasında değişecektir. Harita, kıyıya yakın bölgelerin özellikle yüksek deprem şiddeti riski taşıdığını göstermektedir (Şekil 4).

7.5 Mw büyüklüğünde gece olacak deprem senaryosunda olası can kayıplarını gösteren can kaybı analizinde ise Avrupa yakasında, özellikle Küçükçekmece, Bahçelievler ve Fatih ilçelerinde en yüksek can kaybı riskine sahip olduğu görülmektedir. İstanbul'un batı yakasında özellikle Marmara Denizi'ne yakın ve yoğun yerleşim alanlarına sahip bölgelerde deprem kaynaklı can kaybı riskinin daha fazla olduğunu görülmektedir. Bu durum hem zemin yapısı hem de bölgedeki yapı stoğunun niteliğiyle doğrudan ilişkilidir. Batı İstanbul'daki yüksek can kaybı riski taşıyan bölgelerde eski ve depreme dayanıklı olmayan binaların fazla olması, zemin koşulları ve yoğun nüfus gibi faktörler öne çıkmaktadır. Anadolu yakasında ise can kaybı riski genelde daha düşük görünmektedir. Anadolu yakasında zemin yapısının görece daha dayanıklı olması ve yapı stokunun daha yeni olması, can kayıplarının görece daha düşük seviyelerde olmasına neden olmaktadır.

Çok ağır hasarlı yapı analizi, depremin ağır hasar vereceği yapıların dağılımını göstermektedir. Küçükçekmece, Bağcılar, Bahçelievler, Zeytinburnu gibi batı ilçeleri çok ağır hasarlı yapı sayısı bakımından yüksek risk altındadır. Ancak en riskli İlçe Fatih'tir. Yapı stokunun eski olması, bu sonucu doğuran önemli bir faktördür. Anadolu yakasında ise Tuzla ilçesinde yapı hasarının önemli boyutlarda olacağı öngörülmektedir. Anadolu yakası görece daha az hasarlı yapı sayısına sahiptir (Şekil 6).



Şekil 6. Çok ağır hasarlı yapı sayısı analizi.

Geçici barınma ihtiyacı analizi, olası bir deprem sonrası İstanbul'da geçici barınma ihtiyacı duyacak kişi sayısını göstermektedir. En yüksek barınma ihtiyacı, özellikle Anadolu yakasında ise barınma ihtiyacı görece daha düşük olup, Pendik ilçesinde 16.636 ile 23.064 kişi arasında geçici barınma ihtiyacı öngörülmektedir. Genellikle, İstanbul'un batısında ve Marmara Denizi'ne yakın bölgelerde barınma ihtiyacı daha yüksek görünmektedir.



Şekil 9. Yerleşime uygunluk analizi (İBB Arşivi, 2019).

Akaryakıt istasyonlarının yoğunluğu, olası bir depremde büyük bir risk faktörü olabileceği ve yangın ve patlama riskini artıracağı gerekçesiyle çalışmaya dâhil edilmiştir. Bağcılar ve Pendik gibi akaryakıt istasyonlarının yoğun olduğu ilçelerde ciddi güvenlik tehditleri oluşabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu tür bölgelerde acil durum yönetimi ve risk azaltma çalışmaları büyük önem taşımaktadır.

İstanbul'un kıyı ilçelerinin deprem riskini analiz eden bu çalışmada ArcGIS aracılığıyla ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılarak, riskli bölgelerin coğrafi dağılımı ayrıntılı bir şekilde haritalanmaktadır. Haritada yer alan renk kodlaması, farklı risk seviyelerini ortaya koymaktadır. Deprem riski: çok yüksek riskli alanlar (koyu kırmızı), yüksek riskli alanlar (turuncu), riskli alanlar (açık turuncu) ve düşük riskli alanlar (yeşil) olmak üzere dört ana kategoride sınıflandırılmıştır (Şekil 10).

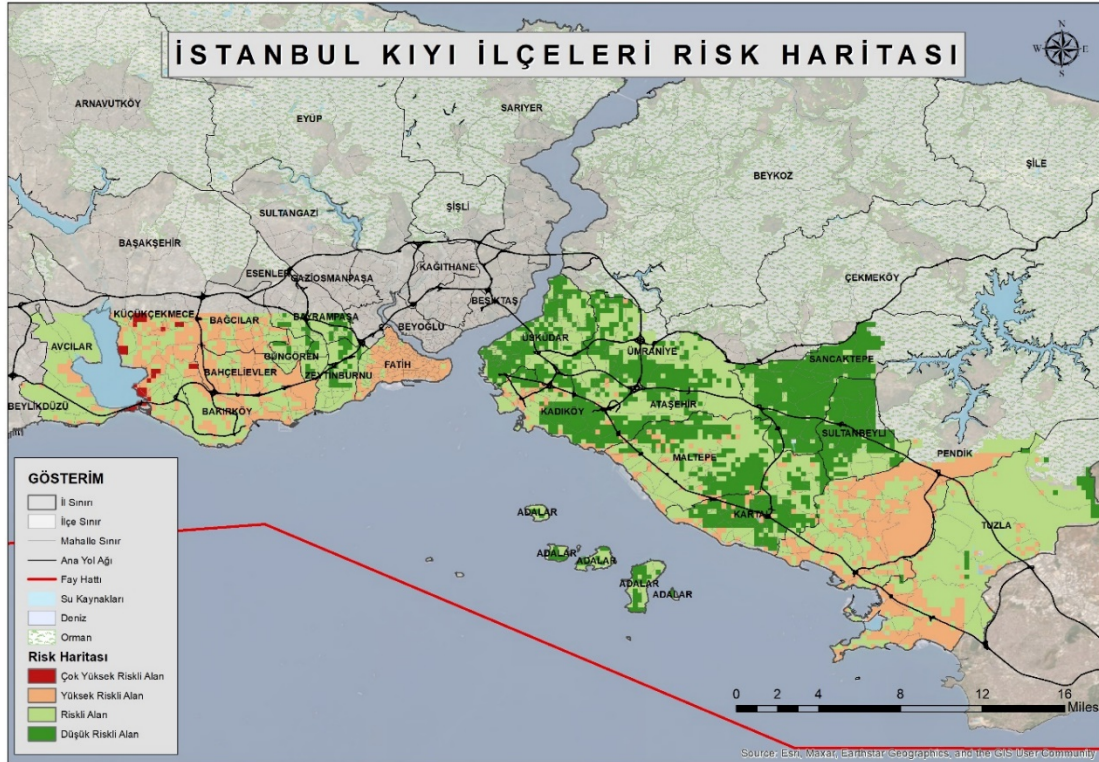
Harita üzerinde yapılan incelemeye göre, Marmara Denizi'ne kıyısı olan Avcılar, Bakırköy, Zeytinburnu, Fatih ilçelerinde, çok yüksek ve yüksek riskli alanların yoğun olduğu görülmektedir. Bu durum, Marmara Denizi'ne yakın bölgelerin aktif fay hatlarına olan yakınlıkları sebebiyle daha yüksek deprem riski taşıdıklarını ortaya koymaktadır. İstanbul'un merkezi ve kıyı bölgelerindeki eski yapı stoku, bu bölgelerin risk düzeylerini artırmaktadır. Fatih, Zeytinburnu, Bakırköy gibi eski yerleşim bölgelerinde bu faktör ön plana çıkmaktadır. Yerleşim için uygun olmayan alanlar, risk faktörünü önemli ölçüde artırmaktadır. Bu durum, Avcılar ve Küçükçekmece ilçelerinde belirgin bir sorun alanı olarak dikkat çekmektedir (Şekil 10).

Öte yandan, Anadolu Yakası'nda yer alan kıyı ilçeleri, daha düşük risk seviyelerine sahip alanlar olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Kadıköy, Kartal, Üsküdar ve Adalar gibi ilçelerde düşük riskli bölgelerin daha fazla yer kapladığı gözlemlenmektedir. Ancak Pendik gibi bazı Anadolu Yakası kıyı

ilçelerinde yüksek riskli alanların da var olduğu dikkat çekmektedir. Maltepe ilçesi ise hem yüksek riskli hem de düşük riskli alanları bir arada barındıran bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla, Anadolu Yakası kıyı ilçelerinde, risk dağılımının homojen olmadığı ve bazı ilçelerin diğerlerine göre daha düşük risk taşıdığı gözlemlenmektedir. Marmara Denizi'ne kıyısı olan ilçeler, fay hattına yakınlıkları sebebiyle yüksek risk taşımaktadır. Bu coğrafi yakınlık, özellikle Pendik, Kartal ve Tuzla gibi kıyı ilçelerinde riskin artmasına neden olmaktadır (Şekil 10).

Sancaktepe ve Sultanbeyli ilçelerine ilişkin veriler, İstanbul'un deprem riski açısından kıyı ilçelerine kıyasla daha düşük risk seviyelerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu ilçelerde düşük risk seviyesinin temel nedeni, Marmara Denizi kıyısında yer almamaları ve aktif fay hatlarına uzak olmalarıdır. İstanbul'un özellikle kuzey ve doğu bölgelerine doğru gidildikçe, deprem riskinin azaldığı görülmektedir. Sancaktepe ve Sultanbeyli, Marmara Fay Hattı'na daha uzak konumda olduklarından, jeolojik ve sismik olarak daha stabil alanlar arasında yer almaktadır (Şekil 10).

Sonuç olarak, İstanbul'da yüksek riskli alanların fazla olmasının temelinde, yerleşime uygunluk analizi en etkili unsur olarak öne çıkmaktadır. Eski yapı stoku ve yüksek kat yapısı da riskin artmasında büyük rol oynamaktadır, zira bu faktörler özellikle Marmara kıyısındaki ilçelerde risk düzeyini yükseltmektedir. Buna karşın, sosyoekonomik faktörler ağırlıklı çakıştırma analizinde daha düşük katsayılara sahip olduğundan, deprem riskinin artışında belirleyici bir rol oynamamaktadır. Bu bağlamda, İstanbul'un deprem riski yüksek alanlarının tespitinde, jeolojik uygunluk ve yapılaşma yoğunluğu gibi fiziksel ve mekânsal özellikler, sosyoekonomik etkenlere kıyasla daha kritik bir rol oynamaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Risk haritası.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye, aktif fay hatları üzerinde yer alması nedeniyle sık ve yıkıcı depremlerle karşı karşıya kalan bir ülkedir. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremler, ülke genelinde büyük can kaybına ve yapısal yıkıma neden olarak afetlere hazırlık ve risk yönetimi konusundaki yetersizlikleri bir kez daha gözler önüne sermiştir. Özellikle Marmara Bölgesi ve İstanbul, Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın batı segmentine yakınlığı, yoğun nüfusu ve yapılaşma baskısı nedeniyle yüksek deprem riski barındırmakta; İstanbul'un denize yakın konumu ise ikincil afet risklerini artırarak kırılabilirliği daha da derinleştirmektedir. Bu durum, deprem riskinin yalnızca mekânsal değil sosyal boyutlarıyla birlikte ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

Bu çerçevede yürütülen çalışma, İstanbul ölçeğinde mevcut kırılabilirlik haritalarını ve çok kriterli analiz modellerini sistematik olarak değerlendirmiştir. Kundak vd. (2007) ana bileşenler analizine dayalı araştırması, kentteki mahalleleri yapısal ve çevresel değişkenlerle sınıflandırarak çok boyutlu bir risk değerlendirmesi ortaya koymuştur. Shafapourtehrany vd. (2022) ise K-means kümeleme temelli yapay zekâ modelleriyle, demografik yapı, yapı yoğunluğu, sosyal hizmet altyapısı gibi farklı temaları bir araya getirmiş ve mekânsal kırılabilirlik düzeylerini nesnel biçimde tespit etmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin (2019) çok kriterli karar verme yaklaşımı da kamu eliyle geliştirilen bilimsel içerikli planlama örneği sunarak, Avrupa ve Anadolu Yakası'ndaki kritik risk bölgelerini tanımlamada etkin bir zemin hazırlamıştır.

Bu çalışmada ise, Özel Mazlum vd. (2023)'ün yaklaşımı temel alınarak, farklı analiz katmanlarının mekânsal olarak bütünleştirilmesini mümkün kılan CBS tabanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, afet riski gibi çok boyutlu konularda çeşitli göstergelerin ortak bir ölçekte değerlendirilmesine ve sonuçların görsel olarak aktarılmasına imkân tanıyan sistematik ve şeffaf bir çerçeve sunmaktadır. Ayrıca, literatürde nadiren ele alınan okuryazarlık oranı, hanehalkı büyüklüğü, doğalgaz, içme suyu ve atık su altyapısı ile akaryakıt istasyonları gibi göstergeler de analize dâhil edilerek veri seti daha kapsamlı hale getirilmiştir. Bu yönüyle çalışma, hem önceki literatürle tutarlılık sergilemekte hem de özgün katkılar üreterek, afet yönetimi için çok boyutlu bir karar destek altyapısı önermektedir. Ayrıca literatürde yer alan benzer çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, bu çalışmanın bulgularının tutarlı olduğu görülmekte; farklı yöntemlerle elde edilen sonuçların mekânsal risk dağılımında benzer eğilimleri ortaya koyması, analizlerin güvenilirliğini ve geçerliliğini güçlendirmektedir.

Bu çalışmada CBS, İstanbul'un kıyı ilçelerindeki deprem risklerini nicel olarak değerlendiren kapsamlı bir analiz platformu olarak kullanılmıştır. ArcGIS tabanlı analizlerde eğim, yükseklik, zemin uygunluğu, yapı yüksekliği, nüfus yoğunluğu ve yapım yılı gibi çok sayıda mekânsal veri katmanı entegrasyon yoluyla bir araya getirilmiş; bu katmanlar, literatüre dayalı ağırlıklandırma yöntemiyle bütünleştirilerek risk düzeyleri karşılaştırılabilir bir biçimde ortaya konmuştur. Böylece Marmara kıyısındaki ilçelerde riskin mekânsal dağılımı net bir şekilde haritalanmış ve farklı bölgeler arasındaki kırılabilirlik düzeyleri somut verilerle ortaya çıkarılmıştır.

Söz konusu yöntem yalnızca İstanbul özelinde değil, Güney Kore, Çin ve İran gibi farklı coğrafyalarda da uygulanmış (Kim, 2019; Yi vd., 2019; Pilehvar vd.); her bölgenin özgün jeolojik, yapısal ve sosyoekonomik özelliklerine uyarlanarak afet risk yönetiminde güçlü bir karar destek

aracı haline gelmiştir. Bu bağlamda, çalışmada üretilen risk haritaları, deprem şiddeti (Saner, 2013), yerleşime uygunluk (İBB, 2007; 2009a; 2009b) ve altyapı, yapı stoku ile demografik yapı gibi çok boyutlu göstergelerin CBS ortamında bütünleştirilmesiyle elde edilmiş; bu bütüncül yapı, yalnızca riskin tanımlanmasına değil, aynı zamanda öncelikli müdahale alanlarının belirlenmesine de olanak sağlamıştır.

Sonuç olarak, ağırlıklı çakıştırma yöntemi farklı veri setlerini sistematik biçimde bir araya getirerek, yerel ölçekte afet yönetimi ve kentsel planlama için detaylı, karşılaştırılabilir ve uygulanabilir bir bilgi tabanı sunmuş; karar vericilere stratejiler geliştirme konusunda güçlü bir yol haritası oluşturmuştur. Çalışma, İstanbul'un kıyı ilçelerindeki deprem risklerini değerlendirmiş ve Marmara Denizi'ne kıyısı olan ilçelerin yüksek deprem şiddeti, altyapı hasarı, can kaybı riski, ağır hasarlı yapı oranı ve geçici barınma ihtiyacı açısından en kırılgan bölgeler olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle Avcılar, Küçükçekmece, Zeytinburnu, Bakırköy ve Fatih gibi ilçeler, hem yüksek deprem şiddeti hem de eski yapı stokları nedeniyle ciddi risk taşımaktadır. Anadolu Yakası'nda ise Kartal, Pendik ve Maltepe kıyı bölgeleri yüksek riskli alanlar arasında öne çıkmaktadır. Mikro bölgeleme çalışmaları, sıvılaşma, heyelan ve zemin sorunlarının bu bölgelerde yapılaşmayı daha riskli hale getirdiğini göstermektedir. Altyapı analizi, Marmara Denizi'ne kıyı bölgelerde doğalgaz ve su hatlarının ağır hasar görebileceğini öngörürken, geçici barınma ihtiyacı en fazla Bağcılar, Bahçelievler ve Küçükçekmece gibi batı ilçelerinde öngörülmüştür.

Anadolu Yakası kıyı ilçelerinde risk dağılımı daha heterojen olmakla birlikte, Pendik ve Tuzla gibi fay hattına yakın bölgelerde risk daha yüksektir. Kadıköy ve Üsküdar gibi yeni yapılaşan bölgelerde risk seviyesi görece daha düşüktür. Demografik ve yapısal analizler, İstanbul'un batı bölgelerinde yüksek nüfus yoğunluğu, hane halkı yapısı ve eski yapı stoklarının risk artışında belirleyici olduğunu vurgulamaktadır. Bu bulgular, deprem riskinin öncelikle fiziksel ve mekânsal unsurlardan etkilendiğini ve sosyoekonomik faktörlerin risk değerlendirmesinde destekleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Çalışma, Marmara Denizi kıyısındaki alanlarda afet öncesi önlemlerin artırılması gerektiğini ve özellikle eski yapı stokunun yenilenmesinin hayati önem taşıdığını ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, sınırlı veri koşullarında dahi uygulanabilirliği yüksek olan bu yöntem, riskin mekânsal dağılımını ayrıntılı biçimde görünür kılmakta ve karar vericilere önceliklendirme konusunda somut bir zemin sunmaktadır. Yöntemin yalnızca İstanbul için değil, benzer risk profiline sahip kıyı kentlerinde de uyarlanabilir nitelikte olması, ulusal ve uluslararası ölçekte afet risk yönetimine katkı sağlayabilecek bir karar destek modeli olduğunu göstermektedir. İstanbul'un deprem riski, sadece zemin ve yapı özellikleriyle değil, aynı zamanda kıyı kırılganlığı ile de yakından ilişkilidir. Depremler sonrasında oluşabilecek tsunami, kıyı erozyonu ve altyapı hasarı gibi ikincil afet risklerinin yönetilmesi, kentin ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle kıyı alanlarında sürdürülebilir altyapı ve kentsel dönüşüm projelerinin geliştirilmesi, afet yönetim planlarının etkin biçimde uygulanması ve kıyı hassasiyetine dayalı stratejik planlamaların yapılması, İstanbul'un hem deprem hem de kıyı kaynaklı risklere karşı dirençliliğini artırmak için hayati bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Conflict of Interest Statement | Çıkar Çatışması Beyanı

Araştırmanın yürütülmesi ve/veya makalenin hazırlanması hususunda herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

There is no conflict of interest for conducting the research and/ or for the preparation of the article.

Financial Statement | Finansman Beyanı

Bu araştırmanın yürütülmesi ve/veya makalenin hazırlanması için herhangi bir mali destek alınmamıştır.

No financial support has been received for conducting the research and/ or for the preparation of the article.

Ethical Statement | Etik Beyanı

Araştırma etik standartlara uygun olarak yapılmıştır.

All procedures followed were in accordance with the ethical standards.

Copyright Statement for Intellectual and Artistic Works | Fikir ve Sanat Eserleri Hakkında Telif Hakkı Beyanı

Makalede kullanılan fikir ve sanat eserleri (şekil, fotoğraf, grafik vb.) için telif hakları düzenlemelerine uyulmuştur.

In the article, copyright regulations have been complied with for intellectual and artistic works (figures, photographs, graphics, etc.).

Author Contribution Statement | Yazar Katkı Beyanı

YAZAR 1: a) Fikir, (b) Çalışma Tasarısı, Yöntemi, (c) Literatür Taraması, (e) Malzeme, Kaynak Sağlama, (f) Veri Toplama, İşleme, (g) Analiz, Yorum, (h) Metin Yazma.

YAZAR 2: a) Fikir, (b) Çalışma Tasarısı, Yöntemi, (d) Danışmanlık, (g) Analiz, Yorum, (i) Eleştirel İnceleme

KAYNAKLAR

- Albulescu, A.-C. (2023). Open source data-based solutions for identifying patterns of urban earthquake systemic vulnerability in high-seismicity areas. *Remote Sensing*, 15(5), Article 1453. <https://doi.org/10.3390/rs15051453>
- Arnous, M. O. (2010). Integrated remote sensing and GIS techniques for landslide hazard zonation: A case study Wadi Watier area, South Sinai, Egypt. *Journal of Coastal Conservation*, 15(3), 477–497. <https://doi.org/10.1007/s11852-010-0137-9>
- Aydınoğlu, M. N. (2021). Deprem ve binalarımız: Deprem tehlikesi altında binalarımızın hasar riski. In *İstanbul'un deprem gerçeği* (pp. 4–16). İBB Yayınları.
- Boukria, M., Farsi, M. N., Mebarki, A., Belazougui, M., Ait-Belkacem, M., Yousfi, N., Guessoum, N., Ait Benamara, D., Naili, M., Mezouara, N., & Amellal, O. (2018). Seismic vulnerability assessment at urban scale: Case of Algerian buildings. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 555–575. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.06.014>
- Çetinkaya, C., Özceylan, E., & Keser, İ. (2021). A GIS-based AHP approach for emergency warehouse site selection: A case close to Turkey-Syria border. *Journal of Engineering Research*, 10(3A), 250–273. <https://doi.org/10.36909/jer.10635>
- Demarchi, A. (2014). The seismic risk in Istanbul: An innovative assessment method. *ITU A|Z Journal of the Faculty of Architecture*, 11(1), 76–98.
- Dhar, S., Rai, A. K., & Nayak, P. (2016). Estimation of seismic hazard in Odisha by remote sensing and GIS techniques. *Natural Hazards*, 86(2), 695–709. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2712-3>
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., & Çan, T. (2018). Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(12), 3229–3275. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0041-2>
- Encyclopædia Britannica. (n.d.). *Kabramanmaraş earthquake of 2023*, <https://www.britannica.com/event/2023-Turkey-Syria-earthquake>, Erişim tarihi: 16.03.2025.
- Ersoz, T., & Bayrak, G. (2023). İstanbul'un ilçelerinde olası deprem riskinin Fine-Kinney yöntemiyle araştırılması. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 139–151.
- Fekete, A. (2023). Disaster risk, climate change, and urbanization as research topics in Western Asia—A bibliometric literature analysis. *Climate*, 11(131). <https://doi.org/10.3390/cli11060131>
- Han, J., & Kim, J. (2019). A GIS-based seismic vulnerability mapping and assessment using AHP: A case study of Gyeongju, Korea. *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(2), 217–228. <https://doi.org/10.7780/kjrs.2019.35.2.2>
- Ismail, A., Rashid, A. S. A., Amhadi, T., Nazir, R., Irsyam, M., & Faizal, L. (2024). Exploring the evolution of seismic hazard and risk assessment research: A bibliometric analysis. *Sustainability*, 16, 2687. <https://doi.org/10.3390/su16072687>

- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2003). *İstanbul Deprem Master Planı*. Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. <https://depremezmin.ibb.istanbul/tr/istanbul-deprem-master-planı-2003>, Erişim tarihi: 10.03.2025.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. (2007). *İstanbul mikrobölgeleme projesi: Avrupa Yakası (Güney) (Cilt I)*. <https://depremezmin.ibb.istanbul/calismalarimiz/tamamlanmis-calismalar/istanbul-ili-mikrobolgeleme-projeleri/>, Erişim tarihi: 16.03.2025.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. (2009a). *İstanbul mikrobölgeleme projesi: Anadolu Yakası (Cilt I)*. <https://depremezmin.ibb.istanbul/tr/istanbul-ili-mikrobolgeleme-projeleri>, Erişim tarihi: 16.04.2025
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. (2009b). *İstanbul mikrobölgeleme projesi: Anadolu Yakası (Cilt II)*. <https://depremezmin.ibb.istanbul/tr/istanbul-ili-mikrobolgeleme-projeleri>, Erişim tarihi: 16.04.2025.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2019). *İstanbul Kentsel Dönüşüm Strateji Belgesi*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü.
- İstanbul Büyükşehir Belediye Arşivi. (2019).
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2024a). İlçe tsunami bilgi kitapçıkları. <https://depremezmin.ibb.istanbul/tr/ilce-tsunami-bilgi-kitapcıkları>, Erişim tarihi: 16.04.2025
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2024b). *Olası deprem kayıp tahminleri ilçe kitapçıkları*. <https://depremezmin.ibb.istanbul/tr/olasi-deprem-kayip-tahminleri-ilce-kitapcıkları>, Erişim tarihi: 16.04.2025.
- JICA & İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB). (2002). *Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli sismik mikrobölgeleme dâhil afet önleme/azaltma temel planı çalışması: Son rapor*. Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- Kundak, S., & Türkoğlu, H. (2007). İstanbul'da deprem riski analizi. *İTÜ Dergisi A: Mimarlık, Planlama, Tasarım*, 6(2), 37–46. <https://core.ac.uk/display/230193273>, Erişim tarihi: 10.03.2025
- Michael, E. A., & Samanta, S. (2016). Landslide vulnerability mapping (LVM) using weighted linear combination (WLC) model through remote sensing and GIS techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(88). <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0141-4>
- Naimi, S., & Tufan, T. (2021). Olası İstanbul depremi ile yapılan kentsel dönüşüm çalışmaları ve alınan önlemlerin irdelenmesi. *Aurum Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi*, 5(1), 89–108. <https://doi.org/10.53600/ajesa.564197>
- Özel Mazlum, Z., & Yalçın Ercoşkun, Ö. (2023). İstanbul'un depreme dirençliliği artırmak için coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı. *Journal of Management Theory and Practices Research*, 4(2), 148–179.

- Pilehvar, A. A., & Hoseini, G. (2019). Assessment and zoning of Bojnord city in terms of seismic hazards. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 44(3), 501–511. <https://doi.org/10.1007/s40996-019-00248-0>
- Quiñones-Bustos, C., Bull, M. T., & Oyarzo-Vera, C. (2021). Seismic and coastal vulnerability assessment model for buildings. *Buildings*, 11(3), 107. <https://doi.org/10.3390/buildings11030107>
- Ródenas, J. L., García-Ayllón, S., & Tomás, A. (2018). Estimation of the buildings seismic vulnerability: A methodological proposal for planning ante-earthquake scenarios in urban areas. *Applied Sciences*, 8(7), 1208. <https://doi.org/10.3390/app8071208>
- Saner, T. S. (2013). *Seismic vulnerabilities and risks for urban mitigation planning in Turkey* (Yayımlanmamış doktora tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sanrı Karapınar, I. (2018). Earthquake risk analysis and damage assessment of districts of Istanbul. *Ömer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences*, 7(2), 741–750. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.444771>
- Shafapour Tehrany, M., Yariyan, P., Özener, H., Pradhan, B., & Shabani, F. (2022). Evaluating the application of K-mean clustering in Earthquake vulnerability mapping of Istanbul, Turkey. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 79, 103154. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103154>
- Sinaga, T. P. T., Nugroho, A., Lee, Y.-W., & Suh, Y. (2011). GIS mapping of tsunami vulnerability: Case study of the Jembrana Regency in Bali, Indonesia. *KSCCE Journal of Civil Engineering*, 15(3), 537–543. <https://doi.org/10.1007/s12205-011-0741-8>
- Şimşek, P., & Gündüz, A. (2021). A big earthquake awaits Istanbul: Mini review. *Afet ve Risk Dergisi*, 4(1), 53–60. <https://doi.org/10.35341/afet.849816>
- Tanim, A. H., Goharian, E., & Moradkhani, H. (2022). Integrated socio-environmental vulnerability assessment of coastal hazards using data-driven and multi-criteria analysis approaches. *Scientific Reports*, 12, 11625. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15237-z>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *İl ve ilçe bazında nüfus büyüklükleri*. <https://data.tuik.gov.tr>, Erişim tarihi: 15.02.2025.
- Wang, D., Zhao, X., & Liu, Y. (2022). Effect of spatial variation of earthquake ground motions on seismic vulnerability of urban road network considering building environment. *Buildings*, 12(3), 308. <https://doi.org/10.3390/buildings12030308>
- World Health Organization, Regional Office for the Eastern Mediterranean. (2015). *Managing disaster risks in communities: A community-based approach to disaster risk reduction: Training manual for the trainers of cluster representatives and volunteers*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/119856>, Erişim tarihi: 16.04.2025.
- Yi, Y., Zhang, Z., Zhang, W., Xu, Q., Deng, C., & Li, Q. (2019). GIS-based earthquake-triggered landslide susceptibility mapping with an integrated weighted index model in Jiuzhaigou region of Sichuan Province, China. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(8), 1973–1988. <https://doi.org/10.5194/nhess-19-1973-2019>

URL 1: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Portalı. (2024). *Deprem senaryosu analiz sonuçları*.
<https://data.ibb.gov.tr/dataset/deprem-senaryosu-analiz-sonuclari>, Erişim tarihi:
30.10.2024.

URL 2: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Portalı. (2024). *Mahalle bazlı bina sayıları*.
<https://data.ibb.gov.tr/dataset/mahalle-bazli-bina-analiz-verisi>, Erişim tarihi: 30.10.2024.

URL 3: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Portalı. (2024). *Akaryakıt istasyonları veri seti*.
<https://data.ibb.gov.tr/dataset/akaryakit-istasyonlari>, Erişim tarihi: 30.10.2024.

YAZARLARIN BİYOGRAFİLERİ

Zeliha ÖZEL MAZLUM

Zeliha Özel Mazlum, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Kentsel Dönüşüm Başkanlığı'nda Yüksek Şehir Plancısı olarak görev yapmaktadır. Lisans eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi'nde, yüksek lisansını ise Gazi Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Halen Gazi Üniversitesi'nde doktora çalışmalarına devam etmektedir. Akademik ve profesyonel ilgi alanları arasında akıllı şehir uygulamaları, coğrafi bilgi sistemleri, planlamada yenilikçi yaklaşımlar, afet yönetimi ve kentsel dönüşüm bulunmaktadır. Doktora araştırmalarında özellikle afet yönetimi, CBS ve planlamada yenilikçi yaklaşımlar konularına odaklanarak sürdürülebilir ve dirençli şehirler için yenilikçi çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmalarında disiplinler arası yaklaşımları benimseyerek kentsel dönüşüm süreçlerine katkı sunmayı hedeflemektedir.

Özge YALÇINER ERCOŞKUN (Prof. Dr.)

Prof. Dr. Özge Yalçiner Ercoşkun, Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde öğretim üyesidir. Lisans eğitimini 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde tamamlamış, 2002 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi almıştır. 2007 yılında Gazi Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde doktora çalışmalarını tamamlamıştır. İlgi alanları arasında sürdürülebilir kent planlama, akıllı kentler, ekolojik ve teknolojik (eko-tek) kentsel tasarım, dayanıklı kentler ve coğrafi bilgi sistemleri bulunmaktadır. Bu konularda beş kitap ve 100'ün üzerinde makale yazmış, birçok ulusal ve uluslararası projede araştırmacı olarak görev almıştır. Ayrıca, sürdürülebilirlik ve kentsel büyüme, sürdürülebilir turizm gibi alanlarda ödüllere layık görülmüştür.