

## Amasya Kent Merkezinde Fiziksel Zarar Görebilirlik Düzeylerinin Mekânsal Analizi: CBS Tabanlı Bir Yaklaşım

Harun Ceylan<sup>1</sup>, Rabia Karamustafa<sup>2</sup>, Süleyman Tuğrul Kılıç<sup>3</sup> ve Aslı Altanlar<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Amasya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Amasya, Türkiye, (harunlv@gmail.com)

<sup>2</sup>Amasya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Amasya, Türkiye, (rabiakaramustafa34@gmail.com)

<sup>3</sup>Amasya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Amasya, Türkiye, (tuğrul.klc9@icloud.com)

<sup>4</sup>Amasya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Amasya, Türkiye, (asli.altanlar@gmail.com)

\*Corresponding author: asli.altanlar@amasya.edu.tr; asli.altanlar@gmail.com

**Özet** – Afet risklerinin azaltılmasında, fiziksel zarar görebilirlik düzeylerinin mekânsal olarak belirlenmesi ve görselleştirilmesi, kentsel dayanıklılığın artırılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışma, Amasya kent merkezinde afet kaynaklı fiziksel kırılabilirlik düzeylerini mahalle ölçeğinde değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde doğal çevre (eğim, taşkın riski, jeolojik yapı, fay hattına uzaklık), yapı çevre (nüfus yoğunluğu, bina yoğunluğu, yapı durumu, kat yüksekliği, yapı malzemesi) ve kamusal alan erişimi gibi çok sayıda mekânsal kriter, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında raster formata dönüştürülmüş ve Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi (Weighted Overlay Analysis) ile değerlendirilmiştir. Beşli Likert ölçeğiyle puanlanan ve 0.00–1.00 aralığında normalize edilen veriler doğrultusunda yapılan analizlerde, kentsel alanın %84,86'sının orta düzeyde, %12,94'ünün düşük düzeyde ve yalnızca %2,2'sinin yüksek düzeyde fiziksel zarar görebilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Mahalle bazında hesaplanan alan ağırlıklı bütüncül skorlar, fiziksel kırılabilirliğin mekânsal olarak anlamlı düzeyde farklılaştığını ortaya koymaktadır. Gümüşlü (0.68), Fethiye (0.64) ve Dere (0.64) mahalleleri yüksek kırılabilirlik düzeyleriyle öne çıkarken; Beyazıtpaşa, Bahçeleriçi, Ellibeşevler, Nergis, Çakallar ve İhsaniye mahalleleri düşük zarar görebilirlik düzeyleriyle görece olarak daha dirençli alanlar olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, afet riskinin mekânsal dağılımı açısından öncelikli müdahale gerektiren mahallelerin belirlenmesine olanak tanımakta ve kentsel dayanıklılık stratejilerinin, yerleşimlerin özgün mekânsal özellikleri doğrultusunda geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, fiziksel zarar görebilirlik analizlerinin kent ölçeğinde afet risklerini azaltmaya yönelik karar alma süreçlerine veri temelli ve bütüncül bir zemin sunduğu anlaşılmaktadır.

**AnahtarKelimeler-** Kentsel kırılabilirlik, Afet riski, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Ağırlıklı Çakıştırma, Zarar görebilirlik analizi.

## Spatial Analysis of Physical Vulnerability Levels in Amasya City Center: A GIS-Based Approach

**Abstract** – Identifying and mapping physical vulnerability levels is critically important for enhancing urban resilience and reducing disaster risks. This study aims to evaluate physical vulnerability levels caused by natural hazards at the neighbourhood scale in the city centre of Amasya. Within the scope of the analysis, a set of spatial criteria related to the natural environment (slope, flood risk, geological structure, distance to fault lines), built environment (population density, building density, building condition, number of floors, construction material), and accessibility to public spaces were processed in raster format using Geographic Information Systems (GIS) and analyzed through the Weighted Overlay Method. Each criterion was rated using a five-point Likert scale and normalised to a 0.00–1.00 range. The findings reveal that 84.86% of the urban area exhibits moderate physical vulnerability, 12.94% low vulnerability, and only 2.2% high vulnerability. Neighbourhood-level weighted average scores indicate a significant spatial variation in physical vulnerability across the city. Gümüşlü (0.68), Fethiye (0.64), and Dere (0.64) stand out as the most vulnerable neighbourhoods, while Beyazıtpaşa, Bahçeleriçi, Ellibeşevler, Nergis, Çakallar, and İhsaniye emerge as relatively resilient areas with lower vulnerability scores.

The results highlight the necessity of prioritising neighbourhoods with high disaster risk and developing urban resilience strategies that account for their specific spatial characteristics. Ultimately, the study demonstrates that physical vulnerability analysis provides a data-driven and integrated foundation for decision-making processes aimed at disaster risk reduction at the urban scale.

**Keywords** – Urban vulnerability, disaster risk, geographical information systems, weighted overlay, vulnerability analysis

### I.GİRİŞ

Doğal afetler, kentlerde ciddi fiziksel, sosyal ve ekonomik kayıplara yol açan olaylar arasında yer almakta ve günümüzde artan kentleşme dinamikleri nedeniyle etkileri daha karmaşık hale gelmektedir. Özellikle depremler, seller, heyelanlar gibi afet türleri, kentsel alanlarda altyapının, yapı stokunun ve

sosyal hizmet ağlarının zarar görmesine sebep olmakta, bu durum kentlerin dayanıklılık kapasitesini önemli ölçüde azaltmaktadır [1], [2]. Bu bağlamda, afet risklerinin mekânsal düzeyde doğru bir şekilde analiz edilmesi ve riskin yüksek olduğu alanların önceden belirlenerek müdahale planlarının geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir [3], [4].

Afet risklerinin mekânsal analizi, çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı teknolojilerin entegrasyonu ile daha sistematik ve nesnel bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir [5], [6], [7]. Bu analizlerde, doğal çevre koşulları, yapılı çevrenin özellikleri ve kamusal alanlara erişim gibi farklı faktörler dikkate alınarak, risk ve zarar görebilirlik düzeyleri mekânsal olarak haritalanmaktadır [8], [9]. Literatürde, ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Weighted Overlay), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), lojistik regresyon ve PROMETHEE gibi farklı çok kriterli değerlendirme yöntemleri kullanılarak çoklu afet tehlikeleri ve zarar görebilirlik analizlerinin yapıldığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [1], [2], [4]. Türkiye’de de afet riskinin azaltılması ve dirençli kentlerin oluşturulması hedefleri doğrultusunda, yerel ölçekli afet risk analizlerine yönelik çalışmalar giderek artmaktadır. Ancak, bu çalışmaların çoğunda yalnızca belirli afet türleri ya da yalnızca doğal çevre bileşenleri dikkate alınmakta, yapılı çevre ve kamusal alan erişimi gibi insan merkezli değişkenler yeterince bütüncül bir yaklaşımla ele alınmamaktadır [10], [11]. Bu çalışmanın özgünlüğü, Amasya kent merkezinde afet eksenli zarar görebilirlik analizinin doğal çevre, yapılı çevre ve kamusal alanlar olmak üzere üç ana bileşen temelinde bütüncül bir yaklaşımla gerçekleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Her bir bileşen için detaylı alt kriterler tanımlanmış, bu kriterler CBS ortamında raster veri işleme teknikleriyle standardize edilmiş ve ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle bütünleştirilmiştir. Ayrıca, analiz sürecinde, literatürde önerilen farklı modelleme yaklaşımlarından [10], [12], [8] yararlanılarak kriterlerin mekânsal ve tematik düzeyde entegrasyonu sağlanmıştır. Bu yönüyle çalışma hem yönetsel çeşitliliği hem de kent ölçeğinde afet zarar görebilirlik haritalamasına yönelik sistematik bir analiz çerçevesi sunarak literatüre katkı sağlamayı hedeflemektedir.

### 1.1. Doğal Afet Risklerinin Mekânsal Analizinde Çok Kriterli Değerlendirme Yaklaşımları

Doğal afetlerin meydana getirdiği fiziksel, sosyal ve ekonomik kayıpların azaltılmasında, risklerin doğru bir şekilde tanımlanması ve mekânsal düzeyde haritalanması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, afet risklerinin mekânsal analizinde çok kriterli karar verme temelli ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli yöntemlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle ağırlıklı çakıştırma yöntemi, doğal süreçler üzerinde etkili olan çevresel faktörlerin belirlenmesi, bu faktörlere göreli önem derecelerinin atanması ve katmanların CBS ortamında entegrasyonu ile risk ve duyarlılık haritalarının üretilmesine imkân sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında, Amasya kent merkezinde afetlere karşı fiziksel zarar görebilirlik düzeylerinin belirlenmesi amacıyla ağırlıklı çakıştırma yönteminin uygulanması planlanmıştır. Yöntemsel çerçeveyi güçlendirmek amacıyla literatürde bu yöntemin farklı afet türlerine ilişkin kullanımına yönelik gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiş ve ağırlıklı çakıştırmanın afet duyarlılığı tespitindeki etkinliği değerlendirilmiştir.

Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi (Weighted Overlay), doğal afetlere yönelik duyarlılık ve tehlike haritalarının üretilmesinde kullanılan, çok kriterli karar verme temelli ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli bir analiz yaklaşımıdır. Bu yöntemde, belirli bir doğal süreç ya da tehlike üzerinde etkili olduğu bilinen çevresel faktörler seçilmekte, her bir faktörün süreç üzerindeki göreli etkisi literatür bilgisi,

uzman görüşü veya istatistiksel analizler aracılığıyla belirlenmekte ve CBS ortamında birleştirilerek bileşik bir duyarlılık ya da risk haritası üretilmektedir [5], [13], [7], [8]. Literatürde, ağırlıklı çakıştırma yönteminin afet duyarlılığı ve risk analizi çalışmalarında yaygın olarak kullanıldığı çeşitli örnekler bulunmaktadır. Bu doğrultuda, çalışmanın yönetsel temelini oluşturan söz konusu yaklaşım, farklı afet türlerine ilişkin birçok araştırmada uygulanmış ve etkinliği çeşitli mekânsal analizlerle test edilmiştir. Ağırlıklı çakıştırma yöntemi, farklı çevresel faktörlerin etkilerini bir araya getirme kapasitesi ve karar verme süreçlerine sistematik bir yapı kazandırması bakımından, afet duyarlılığı analizlerinde sıklıkla tercih edilen bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemin uygulanma süreci dört temel aşamada yapılandırılmaktadır: (i) Analize konu olan doğal süreçle doğrudan veya dolaylı ilişkili faktörlerin belirlenmesi, (ii) Faktör haritalarının oluşturulması ve her bir faktördeki sınıfların yeniden sınıflandırılması, (iii) Her bir faktörün süreç üzerindeki göreli etkisini yansıtmak şeklinde ağırlıklandırılması, (iv) Tüm katmanların Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında birleştirilerek, nihai risk ya da duyarlılık haritasının üretilmesi [14], [6], [9], [8].

Ağırlıklı çakıştırma yönteminin, farklı afet türleri ve coğrafi bağlamlarda başarıyla uygulandığını gösteren çok sayıda çalışma literatürde yer almaktadır. Akgün ve Türk (2011), Tokat ili örneğinde gerçekleştirdikleri çalışmada, erozyon duyarlılığını haritalamak amacıyla eğim, litoloji, drenaj yoğunluğu ve arazi kullanımı gibi çevresel faktörleri değerlendirmiştir. Her bir faktör haritası CBS ortamında normalize edilip sınıflandırılmış; faktörlerin erozyon üzerindeki etkileri lojistik regresyon analiziyle belirlenmiş ve bu doğrultuda ağırlıklandırılarak AÇY ile duyarlılık haritası oluşturulmuştur [5]. Bu çalışma, istatistiksel yöntemlerle desteklenen AÇY uygulamalarının sonuç güvenilirliğini artırabileceğini göstermesi açısından önem taşımaktadır. Benzer şekilde, Yüksel ve Avcı (2015), Vahkin Çayı Havzası’nda gerçekleştirdikleri araştırmada eğim, drenaj yoğunluğu, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ve arazi kullanımı gibi faktörleri dikkate almış; literatüre dayalı etki düzeylerine göre risk puanları atayarak CBS tabanlı ağırlıklı çakıştırma ile erozyon riski haritası üretmişlerdir. Bu yaklaşım, uzman görüşü ve literatür bilgisine dayalı ağırlıklandırmanın uygulanabilirliğini göstermektedir [13].

AÇY’yi yönetsel olarak geliştiren öncü çalışmalardan biri olan Carrara (1983), eğim, litoloji ve bitki örtüsü gibi çevresel faktörleri kullanarak bileşik bir indeks oluşturmuş; stabil ve instabil alanları ayırmıştır. Ancak çalışmasında, ağırlıkların belirlenmesinde öznel yargıların etkili olabileceğini ve bu durumun yöntemin farklı coğrafyalara doğrudan aktarılabilirliğini sınırlayabileceğini de vurgulamıştır [14]. Ayalew ve Yamagishi (2005) ise AÇY’ye ek olarak lojistik regresyon ve bivariate istatistiksel analiz yöntemlerini entegre etmiş; faktörler arası ilişkileri nesnel veri analize dayandırarak model oluşturmasını arazi gözlemleriyle gerçekleştirmiştir. Bu çok yönlü yaklaşım, AÇY’nin daha nesnel ve doğrulanabilir çıktılar üretebilmesini sağlamıştır [6]. Yi ve arkadaşları (2019), Çin’in Wenchuan bölgesinde deprem sonrası heyelan duyarlılığını analiz ettikleri çalışmalarında frekans oranı ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemlerini bir arada kullanmıştır. Frekans oranı ile faktörlerin heyelan oluşumuna etkisi belirlenmiş; AHP ile çok kriterli değerlendirme yapılarak faktör ağırlıkları atanmış ve sonuçta

AÇY ile risk haritaları üretilmiştir. Bu çalışma, çoklu yöneme dayalı ağırlıklandırmanın, AÇY'nin etkinliğini artırabileceğini ortaya koymaktadır [7]. Basharat ve arkadaşları (2017) ise Pakistan Himalayaları'nda yürüttükleri çalışmada morfolojik ve hidrolojik faktörleri esas alarak AÇY ile heyelan duyarlılığı zonlarını belirlemiş ve sonuçları CBS destekli mekânsal analizlerle haritalamıştır [9]. Özyetkin Altun ve Altun (2025), deprem, sel, heyelan ve iklim olayları gibi birden fazla afet türünü eş zamanlı değerlendirdikleri çalışmalarında, çok kriterli karar verme yöntemleriyle belirlenen faktör ağırlıklarını CBS ortamında duyarlılık ve zarar görebilirlik katmanlarıyla entegre etmiş ve çoklu tehlike risk haritaları üretmiştir [8]. Bu çalışma, AÇY'nin çoklu afet senaryoları için de uygun bir analiz yaklaşımı sunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Pallathadka (2023) ve Shit ve arkadaşları (2016) tarafından yürütülen çalışmalarda da AÇY, kar-buz tehlikesi ve heyelan riski gibi afet türlerine ilişkin mekânsal analizlerde başarıyla uygulanmıştır [15] [16]. Her iki çalışmada da faktör ağırlıkları literatür temelli ve uzman görüşüne dayalı olarak belirlenmiş; risk zonlamaları CBS ortamında gerçekleştirilmiştir. Tüm bu çalışmalar genel olarak, Ağırlıklı Çakıştırma Yönetimi'nin farklı doğal afet türlerine uyarlanabilir, esnek ve çok amaçlı bir analiz yöntemi sunduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, özellikle ağırlıkların belirlenme sürecinde öznel unsurların etkili olabilmesi, yöntemin farklı alanlara genellenebilirliği açısından dikkat edilmesi gereken bir sınırlılık olarak değerlendirilmektedir [14], [5], [6], [13], [7], [9], [8], [15], [16].

Ağırlıklı çakıştırma yöntemi, afet duyarlılığı ve risk haritalamasında sıklıkla tercih edilen etkili bir analiz yaklaşımı olmakla birlikte, literatürde farklı mekânsal analiz tekniklerinin de bu amaçla kullanıldığı görülmektedir. Farklı doğal afet türlerine, veri yapısına ve çalışma ölçeklerine bağlı olarak, ağırlıklı çakıştırma yöntemine alternatif veya tamamlayıcı nitelikte çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu bağlamda, çok kriterli karar verme temelli ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli analizlerin farklı uygulama biçimleri incelenmiş; kullanılan yöntemlerin ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile benzerlikleri ve farklılıkları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak Sandoli ve arkadaşları (2022) tarafından geliştirilen yöntem incelenmiştir. Çalışmada, küçük ve orta ölçekli İtalyan tarihi kentlerinde, kentsel düzeyde deprem kaynaklı zarar görebilirlik senaryoları oluşturmak amacıyla hibrit tabanlı bir yöntem önerilmiştir. Geleneksel tipolojik kırılma eğrileri yerine, kentsel kırılma eğrileri geliştirilmiş; bina stokunun taşıyıcı sistem özelliklerine göre CarTiS veri tabanı kullanılarak sınıflandırılması yapılmıştır. Binalar, daha önce tanımlanan beş makro yapı sınıfına (URM-1-URM-5) atanmış ve her bir sınıfın lognormal dağılım parametreleri, bina oranlarına göre ağırlıklandırılarak bölgesel kentsel kırılma eğrileri elde edilmiştir. Çalışmanın özgün yönü, belirli bir maksimum yer ivmesi (Peak Ground Acceleration- PGA) değerine karşılık gelen hasar olasılıklarını mekânsal düzeyde tahmin edebilmesi ve saha gözlemleriyle doğrulanmasıdır. Sandoli ve arkadaşlarının (2022) yöntemi, ağırlıklı çakıştırma yöntemine alternatif olarak doğrudan risk zonları yerine kentsel ölçekli ortalama zarar düzeylerini analiz etmeyi hedeflemekte ve ağırlıklandırmayı bina tipolojilerine dayalı olarak gerçekleştirmektedir [3]. Benzer bir yaklaşım, Mladineo ve arkadaşları (2022) tarafından Hırvatistan'ın Kaštel Kambelovac yerleşiminde geliştirilmiştir. Bu çalışmada, deprem, deniz taşkını ve aşırı deniz dalgası gibi

birden fazla afet tehlikesi eşzamanlı olarak değerlendirilmiş; çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre edilerek uygulanmıştır. Afet türlerine özgü tehlike ve zarar görebilirlik düzeyleri belirlendikten sonra, kriter ağırlıkları PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemiyle tanımlanmıştır. Risk değerlendirmesi hem yapı bazında hem de oluşturulan homojen mekânsal zonlar düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın öne çıkan yönü, PROMETHEE gibi daha az yaygın birçok kriterli karar verme yöntemini kullanması ve analizlerini hem mikro (bina) hem de mezo (zon) ölçeklerde bütünleştirerek sunmasıdır. Bu yönüyle, yalnızca tehlike haritalaması yapmakla kalmayıp, karar vericilere çok ölçekli mekânsal planlama açısından da yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır [4].

Sharma ve Miyazaki (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, çoklu doğal afet risklerinin kentsel planlama süreçlerine entegre edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) temelli çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi kullanılmış; belirlenen faktörlere AHP yöntemi aracılığıyla ağırlıklar atanmış ve bu ağırlıklar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında katmanlar hâlinde birleştirilerek uygunluk analizleri yürütülmüştür. Ancak çalışmada, doğrudan fiziksel zarar görebilirlik haritalarının üretilmesi yerine, arazi kullanım türlerine yönelik uygunluk düzeyleri analiz edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle benzer şekilde çok kriterli bir yapı sunmakla birlikte, mekânsal risk zonlarının belirlenmesine değil, kentsel gelişim alanlarının yönlendirilmesine odaklanması bakımından farklılaşmaktadır. Özellikle, risk değerlendirmesinden çok arazi kullanım kararlarının optimizasyonuna katkı sunması açısından literatürde ayrı bir yere sahiptir. Çalışmada kullanılan kriterler arasında eğitim, mevcut arazi kullanımı, altyapı erişimi, doğal tehlike alanları ve ulaşım ağlarına yakınlık gibi unsurlar yer almakta olup; analizler kent bütününde uygulanarak orta ölçekli planlama kararlarına yön vermeyi hedeflemiştir [2].

Hariklia ve arkadaşları (2019), Yunanistan'ın Peneus Nehri Havzası'nda yürüttükleri çalışmada, heyelan, sel ve deprem gibi birden fazla doğal tehlikeyi bütüncül biçimde değerlendirmiştir. Çalışmada, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları doğrultusunda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli çoklu tehlike haritaları üretilmiştir. Elde edilen tehlike düzeyleri, AHP çıktılarıyla entegre edilerek tek bir birleşik çoklu tehlike haritası oluşturulmuş ve bu doğrultuda kentsel gelişim için en uygun alanlar belirlenmiştir. Söz konusu yaklaşım, faktörlerin ağırlıklandırılması ve mekânsal analizlerin CBS ortamında gerçekleştirilmesi bakımından ağırlıklı çakıştırma yöntemine benzerlik göstermektedir. Ancak çalışmanın temel amacı doğrudan zarar görebilirlik düzeylerini analiz etmekten ziyade, çoklu tehlikelerin eş zamanlı dikkate alındığı bir planlama aracı olarak kentsel gelişim yönlendirmesi yapmaktır. Bu yönüyle, mekânsal risk zonlamasından çok stratejik mekânsal karar desteğine odaklanan farklı bir uygulama örneği sunmaktadır [1].

Öte yandan, Keloğlu ve Bayar (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Aydın ili Efeler ilçesinde, arazi kullanım kararlarını yönlendirmek amacıyla arazi kullanım çatışmalarını belirleme stratejisi (Land Use Conflict Identification Strategy- LUCIS) modeli kullanılmıştır. Tarım, koruma ve kentsel gelişim gibi farklı kullanım türleri için uygunluk analizleri yapılmış; CBS ortamında mekânsal

çakıştırmalarla arazi kullanım çatışmaları belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada doğrudan doğal afet riskleri dikkate alınmamış, yalnızca arazi kullanım ihtiyaçlarının mekânsal uyumluluğu analiz edilmiştir. Dolayısıyla yöntem, ağırlıklı çakıştırmadan farklı olarak afet duyarlılığı yerine arazi kullanım planlamasına odaklanmaktadır [11].

Benzer şekilde, Aydoğdu ve Bakırcı (2021a) tarafından Tekirdağ ili örneğinde gerçekleştirilen çalışmada, yerleşime uygunluk analizleri için LUCIS modeli kullanılmıştır. Bu kapsamda; eğitim, sel riski, jeolojik yapı, ulaşım erişimi ve kamu hizmetlerine yakınlık gibi çok sayıda mekânsal kriter belirlenmiş; her biri literatürdeki önem düzeyine göre ağırlıklandırılarak raster veri formatında değerlendirilmiştir. Farklı arazi kullanım türlerine (konut, ticaret, sanayi) yönelik uygunluk yüzdeleri hesaplanmış ve çakışan talepler mekânsal olarak analiz edilmiştir. Ancak bu çalışmada doğrudan afet duyarlılığına dayalı kapsamlı bir risk analizi yapılmamış; odak noktası, arazi kullanım önceliklerinin mekânsal optimizasyonudur. Bu yönüyle yöntem, afet odaklı fiziksel zarar görebilirlik risklerinin analizine yönelik ağırlıklı çakıştırmaya yaklaşımından ayrılmaktadır [17].

Son olarak, Taşkın (2012a) tarafından Sakarya ili örneğinde geliştirilen çok boyutlu zarar görebilirlik modeli, mahalle ölçeğinde afet risklerinin analizine yöneliktir. Model, fiziksel, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç temel zarar görebilirlik boyutunu içermekte; bu boyutlar altında toplam yedi alt başlık ve on dokuz gösterge tanımlanmaktadır. Göstergeler, maksimum-minimum normalizasyon yöntemiyle standartlaştırılmış, ardından uzman değerlendirmelerine dayalı olarak ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen bileşik puanlar CBS ortamında haritalanarak, zarar görebilirlik düzeyi yüksek mahalleler belirlenmiştir. Taşkın'ın yöntemi, faktörlerin ağırlıklandırılması ve mekânsal analiz süreçleri açısından ağırlıklı çakıştırmaya yaklaşımıyla örtüşmekte; ancak sosyo-ekonomik kırılma göstergelerine öncelik verilmesi bakımından farklılaşmaktadır. Bu yönüyle çalışma, sadece fiziksel çevre unsurlarına değil, toplumsal ve ekonomik duyarlılık bileşenlerine dayalı bütüncül bir analiz çerçevesi sunmaktadır [10].

Sonuç olarak, yapılan incelemeler, afet risklerinin mekânsal analizinde ağırlıklı çakıştırmaya yönteminin yanı sıra farklı yöntemlerin de kullanıldığını ortaya koymaktadır. İncelenen çalışmalar göstermektedir ki, tüm yöntemlerde ortak bir biçimde çok kriterli karar verme ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli analizler kullanılmaktadır. Ancak, kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri (örneğin AHP, PROMETHEE gibi), analiz edilen mekânsal ölçekler (bina, mahalle, homojen zon gibi) ve elde edilmek istenen çıktılar (risk zonları, kentsel kırılma eğrileri, arazi kullanım uygunluk haritaları gibi) açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Ağırlıklı çakıştırmaya yöntemi doğrudan riskli alanları belirlemeye odaklanırken, bazı alternatif yaklaşımlar zarar görebilirlik seviyelerinin tahmini veya kentsel gelişim yönlendirmesi gibi farklı hedeflere yönelmektedir. Bu nedenle, afet risklerinin mekânsal analizinde hangi yöntemin kullanılacağına karar verilirken, çalışmanın amacı, veri yapısı, analiz ölçeği ve kullanılacak kriterlerin özellikleri mutlaka dikkate alınmalıdır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Amasya İli'nin merkez ilçesini kapsamaktadır. Yeşilirmak

Nehri boyunca uzanan bir vadi içerisinde konumlanan Amasya Merkez İlçesi, 1.889 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahiptir ve 2 belediye, 40 mahalle ile 100 köyü içermektedir [18]. İlçe, 40°39'–40°47' kuzey enlemleri ile 35°30'–35°59' doğu boylamları arasında yer almakta olup, ortalama deniz seviyesinden yüksekliği 412 metredir [19].

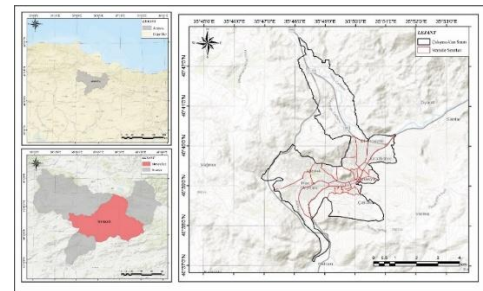
Topografya güneyden kuzeye doğru yükselmekte; Yeşilirmak Vadisi boyunca eğim %0–10 arasında değişirken, kuzey kesimlerde %30'un üzerine çıkmaktadır. Güneydeki Geldingen Ovası, verimli topraklarıyla tarımsal üretim açısından önem taşımaktadır. İlçe, kuzeyde Suluova ve Merzifon, doğuda Taşova, güneyde Tokat, batıda ise Çorum ile çevrilidir (Şekil 1).

Bölgede yarı kurak karasal iklim etkili olup, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 13–14°C, yıllık yağış miktarı ise 450–550 mm arasında değişmektedir [20]. Arazi kullanımı tarım, orman ve yerleşim alanları arasında dağılmakta; alüvyonal toprakların bulunduğu Yeşilirmak çevresinde tarımsal faaliyetler yoğunlaşırken, yüksek kesimlerde orman ve çalılık alanlar baskın durumdadır.

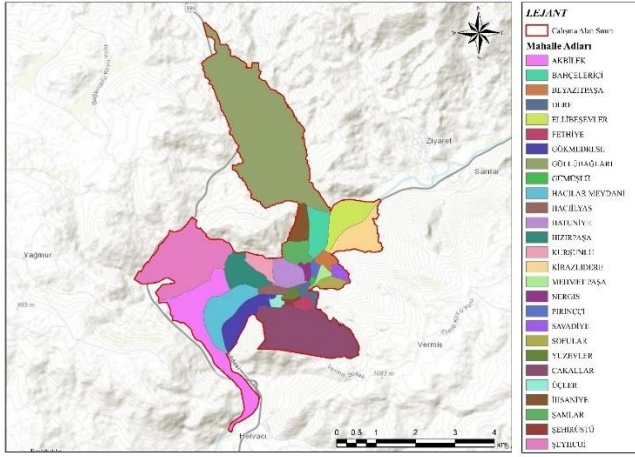
### 2.2. Veri Seti ve Mekansal Katmanlar

Çalışmada kullanılan doğal ve yapısal çevreye ilişkin mekânsal veriler, 2024 yılı içinde çeşitli ulusal ve uluslararası kurumlardan temin edilmiştir. Eğim analizi için Sayısal Yükseklik Modeli (DEM), ASF üzerinden ALOS PALSAR verileriyle; taşkın riski analizinde kullanılan akarsu verileri ise OSM platformundan elde edilmiştir [21]. Jeoloji katmanları Texas Jeoloji Ofisi'nden, diri fay verileri ise Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden [22] temin edilmiştir.

Yapı yoğunluğu ve özelliklerine ilişkin veriler, Amasya Belediyesi'nin 2015 tarihli yapı envanteri ve 2024 tarihli uygulama imar planı katmanlarına dayanmaktadır [23]. Nüfus yoğunluğu TÜİK (2024) mahalle verileriyle hesaplanmıştır [24]. Kamusal alanlara ilişkin veriler (sağlık, eğitim, rekreasyon vb.), güncel imar planı verileri üzerinden sayısallaştırılarak analizlerde kullanılmıştır [23]. Çalışma alanı, Amasya Merkez ilçesindeki 32 mahalleyi kapsamaktadır (Şekil 2).



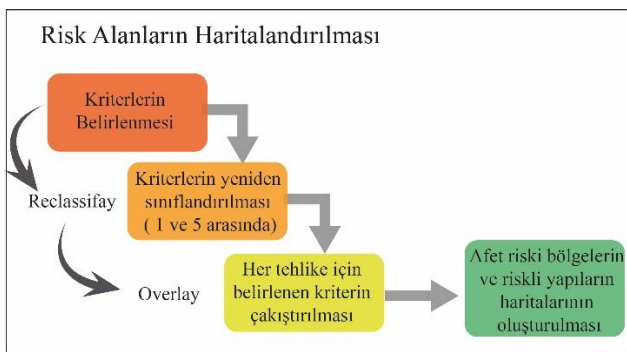
Şekil 1. Çalışma alanı coğrafi konumu



Şekil 2. Amasya Merkez İlçesi'nde analiz kapsamına alınan mahalle sınırları

### 2.3. Yöntem ve Veri Kullanımı

Bu çalışmada, Amasya kent merkezinde fiziksel zarar görebilirlik düzeylerini belirlemeye yönelik olarak, çok kriterli karar verme (MCDM) yaklaşımına dayalı ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli bir analiz modeli geliştirilmiştir. Model; doğal çevre, yapılı çevre ve kamusal alanlar olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Her bileşen, ilgili alt kriterler doğrultusunda değerlendirilmiş ve "Ağırlıklı Çakıştırma" yöntemi ile bütünleştirilmiştir [5], [13], [6], [14]. Kriter ağırlıkları ve puanlamalar, Taşkın'ın (2012a, 2012b) mahalle ölçekli zarar görebilirlik indeksi ile Çınar, Akgün ve Maral'ın (2018) afet risk analizi yaklaşımına dayanmaktadır [12]. Analiz süreci; kriterlerin tanımlanması, mekânsal olarak yeniden sınıflandırılması, çakıştırılması ve nihayetinde fiziksel zarar görebilirlik düzeylerinin haritalandırılması aşamalarından oluşmaktadır. Elde edilen çıktılar, risk yönetimi ve planlama kararları için mekânsal tabanlı bir değerlendirme sunmaktadır [25] (Şekil 3). Fiziksel zarar görebilirlik analizi; doğal çevre (%30), yapılı çevre (%45) ve kamusal alanlar (%25) olmak üzere üç ana bileşen üzerinden yapılandırılmıştır. Her bir bileşen, kendisine ait alt kriterlerle birlikte değerlendirilmiş ve ağırlıklı katkıları doğrultusunda analize entegre edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Risk alanlarının haritalandırılması [25].

Doğal çevre bileşeni kapsamında; eğim, taşkın riski, jeolojik yapı ve fay hattına uzaklık gibi parametreler dikkate alınmıştır. Yapılı çevre bileşeni, nüfus ve bina yoğunluğu, bina durumu, kat yüksekliği ve yapı malzemesi gibi değişkenler aracılığıyla kentsel dokunun risk düzeyini ortaya koymaktadır. Kamusal alanlar bileşeninde ise sağlık tesisleri, eğitim kurumları, kamu hizmet binaları ile park ve rekreasyon alanları gibi kentsel donatılar değerlendirilmiştir. Her bir alt kriterin

sayısallaştırılması ve ağırlıklandırılması yoluyla, çalışma alanının fiziksel zarar görebilirlik düzeyi bütüncül bir biçimde analiz edilmiştir.



Şekil 4. Fiziksel zarar görebilirlik kriterleri

Bu çalışmada izlenen yöntemsel yaklaşım, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) entegrasyonuna dayanmaktadır. Söz konusu yöntem, risklerin mekânsal olarak belirlenmesi ve analiz edilmesinde sistematik bir çerçeve sunmaktadır. Şekil 5'te ayrıntılı biçimde görselleştirilen bu süreç, dört temel aşamadan oluşmaktadır:

- [1] Risklerin belirlenmesi,
- [2] Risk durumlarının değerlendirilmesi için kullanılacak kriterlerin tanımlanması,
- [3] Risk alanlarının haritalandırılması,
- [4] Nihai afet riski bölgelerinin belirlenmesi.

Bu aşamalar kapsamında yürütülen model uygulaması ise aşağıdaki adımlar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir:

**A1. Veri Derleme ve Hazırlama:** Doğal çevre, yapılı çevre ve kamusal alanlara ilişkin veriler resmi kurumlar, literatür ve arazi çalışmaları yoluyla elde edilmiş; CBS ortamına aktararak raster formata dönüştürülmüş ve mekânsal analizler için uygun hale getirilmiştir.

**A2. Verilerin Normalizasyonu ve Sınıflandırılması:** Her alt kriter, CBS ortamında 1 (en düşük risk) ile 5 (en yüksek risk) arasında yeniden sınıflandırılarak ortak bir değerlendirme ölçeğine indirgenmiştir. Böylece farklı kaynak ve ölçeklerdeki veriler karşılaştırılabilir hâle getirilmiştir [26], [12].

**A3. Ağırlıklandırma:** Alt kriterlerin fiziksel zarar görebilirlik üzerindeki görece etkileri; literatür, uzman görüşleri ve saha gözlemleri doğrultusunda ağırlıklandırılmıştır [5], [13].

**A4. Çok Kriterli Mekânsal Çakıştırma:** Sınıflandırılmış ve ağırlıklandırılmış raster katmanlar, CBS ortamında "Ağırlıklı Çakıştırma" yöntemiyle birleştirilmiştir. İlk olarak doğal çevre, yapılı çevre ve kamusal alanlara ait ara haritalar üretilmiş; ardından bu katmanlar önceden belirlenen bileşen ağırlıkları (%30, %45, %25) esas alınarak entegre edilmiştir [8], [7], [7].

Elde edilen sonuç, 1 ile 5 arasında derecelendirilen zarar görebilirlik düzeylerini gösteren raster tabanlı tematik bir haritadır. Bu harita, Amasya kent merkezindeki fiziksel zarar görebilirliğin mekânsal dağılımını görsel ve analitik olarak ortaya koymaktadır (Şekil 5):

**1. Derece – En Düşük Fiziksel Zarar Görebilirlik (Risk Yok):** Bu sınıf, afet riski açısından en güvenli alanları temsil etmektedir. Düşük eğim, taşkın riski bulunmaması, stabil jeolojik yapı, aktif fay hatlarına uzaklık, düşük bina ve nüfus yoğunluğu ile yeterli kamusal hizmet erişimi bu alanların başlıca özellikleridir. Yapısal ve çevresel açıdan en az risk taşıyan yerleşim birimlerini kapsamaktadır.

2. Derece – Düşük Fiziksel Zarar Görebilirlik (Az Riskli): Bu sınıf, görece güvenli olmakla birlikte sınırlı düzeyde risk barındıran bölgeleri kapsamaktadır. Düşük-orta eğimli, düşük taşkın riski taşıyan, kısmen sağlam zemin yapısına ve düşük yoğunluklu yerleşim dokusuna sahip alanlardan oluşmaktadır. Ancak yapı yoğunluğu ve hizmet erişimi gibi bazı unsurlar zarar görebilirlik potansiyelini artırmaktadır.

3. Derece – Orta Düzey Fiziksel Zarar Görebilirlik (Orta Riskli): Doğal ve yapılı çevre açısından geçiş özelliği taşıyan bu alanlar, orta eğime, taşkın riski taşıyan su varlıklarına yakın konuma, kısmen stabil zemin yapısına, orta yoğunlukta yapılaşmaya ve sınırlı hizmet erişimine sahiptir. Afet riskleri açısından göz ardı edilemeyecek ancak kritik eşik seviyesine ulaşmamış bölgelerdir.

4. Derece – Yüksek Fiziksel Zarar Görebilirlik (Yüksek Riskli): Bu grup, birden fazla kırılganlık unsurunu barındıran yüksek riskli alanları kapsamaktadır. Yüksek eğim, taşkın alanlarına yakınlık, zayıf ve heterojen zemin yapısı, yüksek nüfus ve bina yoğunluğu, düşük yapı kalitesi ve sınırlı kamusal hizmet erişimi bu bölgelerin başlıca özellikleridir.

5. Derece – Çok Yüksek Fiziksel Zarar Görebilirlik (Çok Yüksek Riskli): Afet riski açısından en kritik bölgeleri temsil etmektedir. Dik yamaçlar, aktif fay hatlarına yakınlık, yüksek taşkın riski, yetersiz mühendislik hizmeti, eski yapı stoku, yoğun yapılaşma ve kamusal hizmetlere sınırlı ya da hiç erişim olmayan alanlar bu sınıfa dâhildir. Bu bölgeler, öncelikli müdahale ve iyileştirme stratejilerinin hedefi olmalıdır.

Sonuç olarak, elde edilen raster harita, Amasya kent merkezindeki fiziksel zarar görebilirlik düzeylerinin mekânsal dağılımını düşükten yükseğe doğru açık şekilde ortaya koymakta; afet risklerini azaltmaya yönelik planlama ve müdahale önceliklerinin belirlenmesine katkı sağlamaktadır (Şekil 5).

#### Mahalle Bazında Zarar Görebilirlik Skorunun Hesaplanması

Son olarak çalışmada mahalle düzeyinde fiziksel zarar görebilirlik analizinin mekânsal olarak daha temsil edilebilir şekilde yapılabilmesi amacıyla raster tabanlı sınıflama yöntemi kullanılmıştır. Her bir alt kriter, 1 (en düşük risk) ile 5 (en yüksek risk) arasında değişen 5'li Likert ölçeğine göre puanlandırılmış ve bu puanlar 0.00–1.00 aralığında normalize edilmiştir. Normalize dönüşümde aşağıdaki formül kullanılmıştır [27].

Normalize Skor = (Gerçek Puan – Minimum Puan) / (Maksimum Puan – Minimum Puan)

Normalize Skor = (Likert -1) / 5-1 = Likert Puanı - 1 / 4

Bu dönüşüm sonucunda:

- 1 puan → 0.00 (düşük zarar görebilirlik),
- 3 puan → 0.50 (orta düzey zarar görebilirlik),
- 5 puan → 1.00 (yüksek zarar görebilirlik) değerine karşılık gelmektedir.

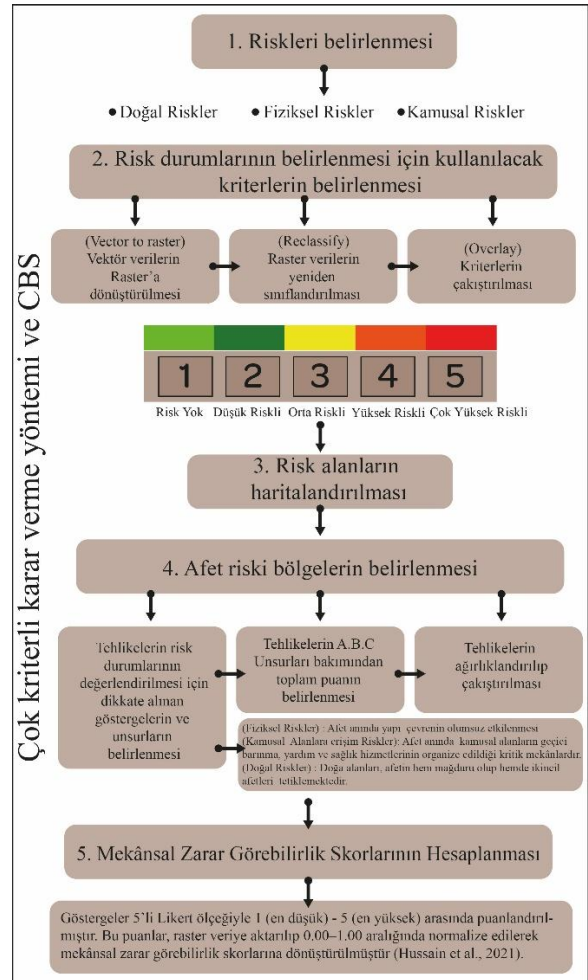
Her bir mahalle sınırı içinde, farklı Likert puanlarına sahip raster sınıfların kapladığı alan (m<sup>2</sup>) belirlenmiş ve bu alanlar normalize skorlar ile çarpılarak sınıf bazlı katkılar hesaplanmıştır. Bu katkılar kullanılarak mahalleye özgü alan ağırlıklı ortalama zarar görebilirlik skoru aşağıdaki formül ile belirlenmiştir:

$$\text{Mahalle Skoru} = \frac{(A_1 \times S_1) + (A_2 \times S_2) + \dots + (A_n \times S_n)}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)}$$

Burada:

- A<sub>n</sub>: n. sınıfa ait mahalledeki alan (m<sup>2</sup>),
- S<sub>n</sub>: n. sınıfa karşılık gelen normalize edilmiş zarar görebilirlik skoru.

Bu yöntem, mahalle içerisinde farklı kırılganlık düzeylerine sahip alanların mekânsal dağılımını dikkate alarak, daha temsil edici bir bütüncül değerlendirme yapılmasına olanak tanımaktadır. Alan ağırlıklı ortalama yaklaşımı sayesinde, yüzeysel aritmetik ortalamalardan farklı olarak mekânsal yoğunluk ve etkiler hesaba katılmakta; böylece risk temelli planlama ve müdahale süreçleri için karar destek aracı olarak kullanılabilir nitelikte bir çıktı elde edilmektedir.



Şekil 5. Zarar Görebilirlik Analizi Yöntem Kıs Şeması

### III. BULGULAR

#### 3.1. Fiziksel Zarar Görebilirlikte Doğal Çevre Bileşenlerinin Değerlendirilmesi

Doğal çevre bileşeni kapsamında; eğim, taşkın riski, jeolojik yapı ve fay hattına uzaklık olmak üzere dört temel alt kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin zarar görebilirlik analizinde kullanılması, afet risklerinin doğa kaynaklı fiziksel etkiler temelinde mekânsal olarak modellenmesini mümkün kılmaktadır (Tablo 1). Söz konusu kriterler hem yüzey şekilleri hem de yer kabuğu hareketlerinin dağılımını dikkate alarak doğal çevreye ilişkin kırılganlıkların analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Böylece, bu kırılganlık düzeyleri sayısal olarak değerlendirilebilmekte ve mekânsal temsiller aracılığıyla haritalanabilmektedir [14], [5], [6]. Bu durum, afet riski altındaki alanların önceliklendirilmesi ve uygun müdahale stratejilerinin geliştirilmesi açısından bilimsel temelli bir karar destek altyapısı sağlamaktadır. Bu çalışmada, Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) verilerinden elde edilen eğim rasteri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında "Slope"

aracı kullanılarak üretilmiş ve 0–5°, 5–10°, 10–15°, 15–25° ve 25° üzeri olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır. Eğim, başta kütle hareketleri olmak üzere çeşitli doğal afetlerin oluşumunda belirleyici bir parametre olup, fiziksel zarar görebilirlik analizlerinde önemli bir rol oynamaktadır [12]. Eğimin artması yüzey stabilitesini azaltmakta; bu durum, mekânsal kırılma eğilimi da yükselmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, yüksek eğimli alanlar daha yüksek risk puanları ile değerlendirilmiş ve kırılma eğilimi düzeyi yüksek bölgeler olarak sınıflandırılmıştır (bkz. Tablo 1; Şekil 6 a).

Taşkın tehlikesinin mekânsal analizinde doğrusal uzaklığa dayalı sınıflandırma, riskli bölgelerin belirlenmesinde literatürde yaygın olarak başvurulan bir yöntemdir. Bu kapsamda, çalışma alanı sınırları içerisindeki dere yataklarına olan mesafeler, ArcGIS Spatial Analyst modülünde yer alan “Doğrusal Uzaklık” (Euclidean Distance) aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda alanlar, 0–100 m (5 puan), 100–200 m (4 puan), 200–400 m (3 puan), 400–600 m (2 puan) ve 600 m ve üzeri (1 puan) olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır [8]. Dere yataklarına yakın konumlanan bölgeler, yoğun yağışlar sonrasında taşkın riskine daha fazla maruz kaldıkları için, fiziksel zarar görebilirlik açısından daha yüksek puanlarla değerlendirilmiştir (Tablo 1; Şekil 6 b).

Zemin stabilitesi hem depremler hem de diğer jeolojik afet türleri karşısında fiziksel kırılma düzeyini doğrudan etkileyen temel bir değişkendir. Bu kapsamda, alüvyon, heyelan alanları ve kaya düşmesi riski taşıyan bölgeler gibi jeoteknik açıdan riskli zemin türleri dikkate alınarak sınıflandırma yapılmıştır (Tablo 1). Risk düzeyi yüksek olan zemin türleri 5 puan, sağlam (stabil) zeminler ise 1 puan ile derecelendirilmiştir. Jeolojik açıdan istikrarsız zeminlerin yüksek puanla değerlendirilmesi, fiziksel zarar görebilirlik analizinin mekânsal doğruluğunu artırmakta ve müdahale önceliklerinin belirlenmesinde önemli bir katkı sunmaktadır [8] (Şekil 6c).

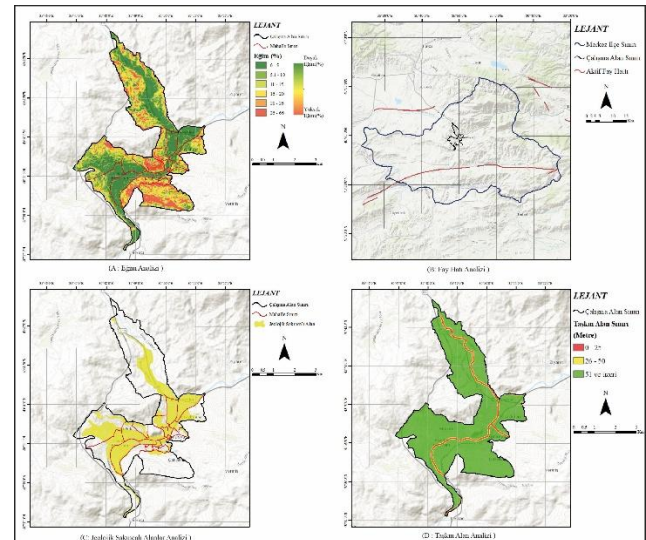
Fay hatlarına olan mesafe, depremlerin şiddeti ve etkilediği alan üzerindeki doğrudan etkileri nedeniyle, fiziksel zarar görebilirliğin belirlenmesinde temel bir kriter olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, fay hatlarına yakın konumlanan alanların daha yüksek risk düzeyi ile sınıflandırılması, literatürde sıkça kullanılan ve bilimsel çalışmalarda standart bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada, Türkiye Diri Fay Hatları verileri kullanılarak, her bir birimin faya olan uzaklığı hesaplanmış ve elde edilen değerler doğrultusunda mesafeler <50 km (5 puan), 50–100 km (4 puan), 100–150 km (3 puan), 150–200 km (2 puan) ve >200 km (1 puan) olacak şekilde kademeli olarak puanlandırılmıştır (Tablo 1) [8]. Bu yöntemle, deprem kaynaklı fiziksel zarar görebilirlik düzeylerinin mekânsal olarak modellenmesi sağlanmıştır (Şekil 6d).

Bu çalışmada eğim, taşkın riski, jeolojik yapı ve fay hattına uzaklık olmak üzere dört doğal çevre kriterine ilişkin ağırlıklar, her birinin fiziksel zarar görebilirlik üzerindeki görece etkisi esas alınarak belirlenmiştir. Ağırlıklandırma sürecinde, doğrudan sayısal bir karar modeli kullanılmamış; mevcut akademik literatürde yer alan bulgular temel alınmıştır [8], [7], [5]. Buna göre, taşkın riski %40 ile en yüksek ağırlığı alırken; jeolojik yapı %30, fay hattına uzaklık %20 ve eğim %10 oranında ağırlıklandırılmıştır. Bu dağılım, söz konusu parametrelerin kırılma üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak inceleyen çalışmalarla uyumludur. Örneğin, Yi vd. (2019), taşkın riskini kent merkezine yakın alanlarda yüksek etkiye sahip öncelikli bir kırılma unsuru olarak

tanımlamıştır [7]. Akgün ve Türk (2011) ise zemin özellikleri ile litolojik yapıların yüzey stabilitesi ve erozyon süreçleri üzerindeki rolünü vurgulayarak jeolojik parametrelerin önemine dikkat çekmiştir [5]. Fay hattına uzaklık, sismik tehlikelerin mekânsal yayılımını değerlendirmede etkili bir unsur olarak ele alınırken; eğim, doğrudan bir etken olmaktan çok, diğer faktörlerle etkileşim içinde tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir. Bu doğrultuda, doğal çevre bileşenine ait mekânsal risk faktörleri, bilimsel temelli ve uygulamaya uygun bir analiz çerçevesiyle bütünleştirilmiştir (Şekil 6).

Tablo 1. Doğal Çevre Kriter Değerleri

DOĞAL ÇEVRE		
KRİTER	KRİTER DEĞERLERİ	DEĞER PUANLAMASI
EĞİM	%5 - 10	1
	%11 - 15	2
	%16 - 20	3
	%21 - 25	4
	<5 veya >26	5
TAŞIK SAHASI VERİSİ YOKSA	Açık dere ıslah edilmemiş (İlk 25 metre)	5
	Açık dere ıslah edilmiş (İlk 50 metre)	4
	Kapalı kanal (İlk 25 metre)	4
	Kapalı kanal (İlk 50 metre)	3
	Açık dere ıslah edilmiş (İlk 25 metre)	2
	Açık dere ıslah edilmiş (İlk 50 metre)	1
JEOLOJİ VERİSİ	Heyelan Sorunlu Alanlar	5
	Kaya Düşmesi Sorunlu Alanlar	5
	Alüvyon	5
	Stabilite Sorunlu Alanlar	3
FAY HATTINA UZAKLIK	Aktif faya çok yakın mesafe <50km	5
	Aktif faya yakın mesafe 50 - 100 km	4
	Aktif faya orta mesafe 100- 150 km	3
	Aktif faya orta uzak mesafe 150 - 200 km	2
	Aktif faya uzak mesafe 200+	1



Şekil 6. Doğal çevre bileşenine ait alt kriterlere göre fiziksel zarar görebilirlik haritaları

Eğim analizine göre, %16 ve üzeri yüksek eğimli alanlar güneybatı, kuzeybatı ve doğu kesimlerde yoğunlaşmakta olup, toprak hareketliliği, yüzey akışı ve heyelan riski nedeniyle yüksek fiziksel kırılma göstermektedir. Bu bölgelerde yapılaşma, eğime bağlı yapısal stres ve zemin sorunları açısından risklidir. Buna karşılık, %0–5 arası düşük eğimli alanlar nehir vadisi boyunca uzanmakta; yerleşime uygunluğu, düşük inşaat maliyeti ve azalan topografik engellerle görece olarak daha az kırılma riski taşımaktadır. %6–15 arası orta

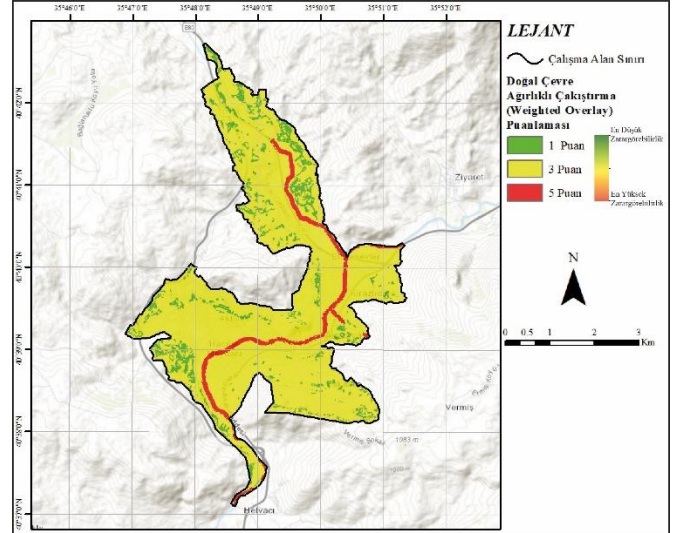
eğimli bölgeler ise geçiş zonları oluşturarak, kademeli müdahale stratejilerine zemin hazırlamaktadır (Şekil 6 a).

Fay hattı analizine göre, çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde yer almakta ve iki ana aktif fay hattı arasında konumlanmaktadır. Güneydeki “Merzifon–Gümüşhacıköy Fayı” doğu-batı doğrultusunda uzanmakta ve yerleşim alanlarının sismik dalgalara doğrudan maruz kalma riskini artırmaktadır. Kuzeydeki “Çorum–Laçın–Ezinepazarı Fay Zonu” ise parçalı yapısıyla çok odaklı sismik risk oluşturmaktadır, bu da bölgeyi karmaşık bir tehlike alanına dönüştürmektedir. Her iki fay hattına olan yakınlık, özellikle yoğun yapılaşma ve nüfusa sahip mahallelerde öncelikli müdahale ve izleme gereksinimini ortaya koymaktadır. Bu durum, yer seçimi, yapılaşma izinleri ve risk azaltma stratejilerinde sismik güvenliğin temel öncelik olması gerektiğini göstermektedir (Şekil 6 b).

Jeolojik analiz bulguları, çalışma alanında heyelan, kaya düşmesi ve zemin stabilitesine bağlı risklerin yönel farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Doğu, güneydoğu ve güneybatı yönlerinde yoğunlaşan jeolojik sakıncalı alanlar, eğim kırıklıkları ve nehir kenarı formasyonlarının etkisiyle daha yüksek kırılganlık düzeyi sergilemektedir. Bu bölgelerde düşük zemin stabilitesi, yapılaşma ve altyapı açısından ciddi tehdit oluşturmaktadır. Merkez aks boyunca uzanan jeolojik risk zonları, yerleşim alanlarının bu tehlikelerle sürekli etkileşim içinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Yeşilirmak’a paralel kuzeydoğu ve kuzeybatı bölgelerdeki heyelan riski taşıyan dar bantlar, özellikle kıyıya yakın yamaçlarda ek tehlike oluşturmaktadır. Batı kesimlerinde ise risk alanları daha dağınık ve heterojen bir yapıdadır. Genel olarak jeolojik kırılganlık; alçak kotlu, eğimli ve nehir etkisine açık alanlarda yoğunlaşmaktadır (Şekil 6 c).

Taşkın riski analizine göre, zarar görebilirliğin en yüksek olduğu alanlar doğu, güneydoğu ve merkez aksında, özellikle Yeşilirmak vadisi boyunca alçak kotlu bölgelerde toplanmaktadır. Bu alanlar, düşük eğim ve nehre yakınlık nedeniyle taşkına doğrudan açıktır. Yağışa bağlı yüzey akışı ve su birikimi gibi süreçler riski artırmakta; bu bölgeler, tahliye güçlüğü ve yapısal zarar açısından öncelikli kırılganlık alanları olarak öne çıkmaktadır. Taşkın tehdidinde en açık zonların 0–25 metre kot aralığında yer aldığı; buna karşılık batı, güneybatı ve kuzeybatı kesimlerin 51 metre üzeri kotlarıyla daha güvenli olduğu belirlenmiştir. Bu bölgeler, afet sonrası müdahale ve toplanma süreçleri için avantajlı konumda değerlendirilmektedir (Şekil 6 d).

Sonuç olarak, doğal çevre bileşenine ait fay hattı uzaklığı, eğim, taşkın riski ve jeolojik sakınca katmanları ayrı ayrı analiz edilmiş; CBS ortamında çok kriterli değerlendirme yöntemiyle ağırlıklı çakıştırma gerçekleştirilerek, çevresel kırılganlık düzeylerinin mekânsal dağılımı bütüncül biçimde haritalanmıştır (Şekil 7). Şekil 7’deki tematik harita, en yüksek fiziksel zarar görebilirlik düzeyine (5 puan) sahip alanların doğu, güneydoğu ve güney akslarında yoğunlaştığını göstermektedir. Bu bölgeler; nehre yakın, düşük kotlu, eğimli ve jeolojik olarak sakıncalı zeminlerde yer almakta ve hem birincil (taşkın, fay) hem de ikincil (heyelan, zemin stabilitesi) tehlikelere karşı yüksek kırılganlık sergilemektedir.



Şekil 7. Doğal çevre bileşenine ait ağırlıklı çakıştırma analizi sonuç haritası

Orta düzey zarar görebilirlik gösteren alanlar (3 puan), risk faktörlerinin etkisinin kısmen hissedildiği geçiş zonlarını temsil etmektedir. Bu bölgeler, doğrudan müdahale gerektirmemekle birlikte izleme, kontrollü gelişim ve risk azaltıcı planlama stratejileriyle yönetilmelidir. En düşük zarar görebilirlik düzeyine (1 puan) sahip alanlar ise batı, güneybatı ve kuzeybatı yönlerinde yoğunlaşmakta; yüksek kot ve stabil zemin koşulları nedeniyle görece olarak daha güvenli bölgeleri oluşturmaktadır. Bu alanlar, yeni yerleşimlerin yönlendirilmesi, yapı yoğunluğunun artırılması ve kritik altyapıların konumlandırılması açısından planlama önceliği taşıyan sahalar olarak değerlendirilmelidir (Şekil 7).

### 3.2. Fiziksel Zarar Görebilirlikte Yapılı Çevre Bileşenlerinin Değerlendirilmesi

Yapılı çevre bileşeni, afet anı ve sonrasında yapısal hasar, can kaybı, tahliye güçlüğü ve müdahale zorluklarının belirlenmesinde kritik rol oynamaktadır. Bu kapsamda; nüfus yoğunluğu, bina yoğunluğu, yapı durumu, kat yüksekliği ve yapı malzemesi olmak üzere beş alt kriter tanımlanmış ve mekânsal-kırılganlık göstergeleri olarak puanlandırılmıştır (Tablo 2).

Nüfus yoğunluğu, can kaybı riski, tahliye zorluğu ve müdahale kapasitesi üzerindeki etkileri nedeniyle temel bir kırılganlık göstergesidir. Mahalle bazında hesaplanan nüfus yoğunluğu, kişi/km<sup>2</sup> cinsinden beş sınıfa ayrılarak 1 (en düşük) ile 5 (en yüksek) puanla derecelendirilmiştir (Tablo 2). Yüksek yoğunluklu alanlar, artan toplumsal risk nedeniyle daha yüksek zarar görebilirlik puanı almıştır [10], [26] (Şekil 8 a).

Yapı yoğunluğu, deprem, yangın ve benzeri afetlerde yapısal hasar ve domino etkisi riskini artırdığı için fiziksel zarar görebilirlik analizlerinde kritik bir parametredir (Tablo 2). Bu çalışmada, mahalle ölçeğinde yapı yoğunluğu, birim alan (1000 m<sup>2</sup>) başına düşen bina sayısına göre hesaplanmış ve yoğunluk arttıkça kırılganlık düzeyinin arttığı varsayımıyla 1–5 puan aralığında derecelendirilmiştir [10], [26] (Şekil 8b).

Kat yüksekliği, özellikle deprem gibi yatay kuvvetlerin etkili olduğu afet senaryolarında yapısal kırılganlığı artıran önemli bir değişkendir. Bu nedenle, yüksek katlı yapılar fiziksel zarar görebilirlik analizlerinde yüksek risk göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, kat sayıları manuel olarak analiz edilmiş; tek katlı yapılar 1, iki-üç katlılar 2–3, dört katlılar 4 ve beş kat ve üzeri yapılar 5 puanla derecelendirilmiştir (Tablo 2). Böylece kat yüksekliği,

mekânsal kırılma analizine sistematik biçimde entegre edilmiştir [10], [26] (Şekil 8c).

Binaların fiziksel durumu, yapısal dayanıklılık ve afet performansı üzerinde doğrudan etkili olduğundan, fiziksel zarar görebilirlik analizlerinde dikkate alınan temel kriterlerden biridir [12]. Bu çalışmada, yapı durumu imar planı verileri ve saha gözlemleri temelinde değerlendirilmiş; iyi durumdaki yapılar 1, orta durumdakiler 3, kötü durumdakiler ise 5 puanla sınıflandırılmıştır (Tablo 2) (Şekil 8 d).

Yapılı çevre bileşenine ait alt kriterlerin ağırlıkları, literatürdeki görece önem düzeylerine dayalı olarak belirlenmiştir: nüfus yoğunluğu %10, bina yoğunluğu %10, bina durumu %20, kat yüksekliği %15 ve yapı malzemesi türü %25, (Tablo 2). Bu ağırlıklar, çok kriterli mekânsal analizlerde kullanılarak yapı çevreye ilişkin kırılma unsurlarının dengeli ve bütüncül biçimde değerlendirilmesini sağlamıştır (Şekil 8, Şekil 9).

Nüfus yoğunluğu analizi, mahalle ölçeğinde demografik baskının mekânsal olarak farklılaştığını ve bu farklılığın fiziksel zarar görebilirlik açısından kritik bir değişken olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 8a). 1000 m<sup>2</sup> başına kişi sayısı esas alınarak yapılan analizde, en yüksek yoğunluk 193,84–270,84 kişi/1000 m<sup>2</sup> aralığında olup, Şehirüstü Mahallesi'nde yoğunlaşmaktadır. Bu mahalle, tahliye ve müdahale zorlukları ile can kaybı riski açısından öncelikli kırılma zonu olarak öne çıkmaktadır. En düşük nüfus yoğunluğu ise Çakallar, Göllü Bağları, Sofular, Hatuniye, Dere, Nergis, Şamlar ve Gökmedrese mahallelerinde görülmekte olup, bu mahallelerde değerler 1,35–29,34 kişi/1000 m<sup>2</sup> aralığındadır. Düşük yoğunluk, tahliye ve erişim açısından avantaj sağlasa da, özellikle kırsal-çeper alanlarda altyapı ve müdahale kapasitesi açısından ek zorluklar barındırmaktadır.

Tablo 2. Yapılı çevre alt kriterleri ve puanlama değerleri

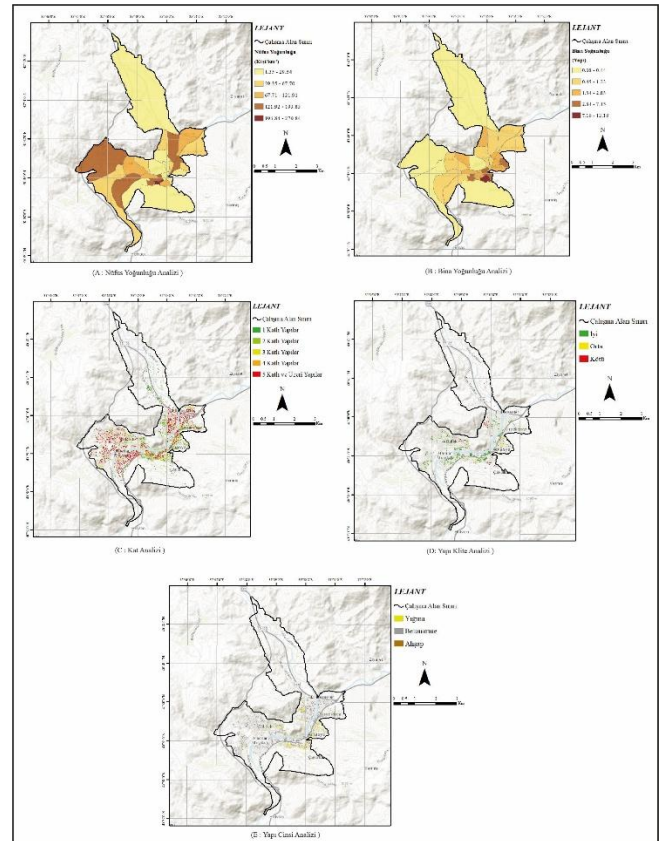
YAPILI ÇEVRE		
KRİTER	KRİTER DEĞERLERİ	DEĞER PUANLAMASI
NÜFUS YOĞUNLUĞU	1.35 - 29.34 kişi/km <sup>2</sup>	1
	29.35 - 67.70 kişi/km <sup>2</sup>	2
	67.71 - 121.91 kişi/km <sup>2</sup>	3
	121.92 - 193.83 kişi/km <sup>2</sup>	4
	193.84 ve üzeri kişi/km <sup>2</sup>	5
BİNA YOĞUNLUĞU	0 - 0.44 yapı	1
	0.45 - 1.33 yapı	2
	1.34 - 2.83 yapı	3
	2.84 - 7.5 yapı	4
	7.6 ve üzeri yapı	5
BİNA DURUMU	İyi	1
	Kötü	5
	Orta	3
KAT YÜKSEKLİĞİ	Tek katlı yapılar	1
	2 katlı yapılar	2
	3 katlı yapılar	3
	4 katlı yapılar	4
	5 kat ve daha fazla	5
YAPI MALZEMESİ TÜRÜ	Betonarme (yüksek dayanıklılık)	1
	Yığılma taş veya tuğla	3
	Kerpiç, ahşap veya diğer düşük dayanıklı malzemeler	5

Bina yoğunluğu analizi, yapılaşma baskısının mekânsal dağılımını ve bu dağılımın fiziksel zarar görebilirlik üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır (Şekil 8b). Mahalle bazında 1000 m<sup>2</sup>'ye düşen bina sayısına göre yapılan analizde, en yüksek yoğunluk 7,16–12,18 bina/1000 m<sup>2</sup> ile Fethiye Mahallesi'nde gözlemlenmiştir. Ticaret ve konut kullanımının

iç içe geçtiği bu mahalle, yapısal çökme, domino etkisi ve müdahale zorluğu açısından yüksek kırılma sergilemektedir.

En düşük bina yoğunluğu ise 0,08–0,44 bina/1000 m<sup>2</sup> ile Akbilek, Şeyhçui, Çakallar, Hatuniye ve Göllü Bağları mahallelerinde saptanmıştır. Bu mahalleler daha seyrek yapılaşmış, açık alan oranı yüksek kentsel dokulara sahip olup, fiziksel yıkım riski açısından avantaj sunsa da, altyapı ve müdahale erişimi açısından belirli sınırlılıklar barındırmaktadır.

Kat yüksekliği analizi, çok katlı yapılaşmanın mekânsal dağılımını ve bu dağılımın fiziksel zarar görebilirlik üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır (Şekil 8c). Analiz sonuçlarına göre, 5 kat ve üzeri yapıların özellikle batı ve güneybatı mahallelerinde yoğunlaştığı, bu bölgelerde yapılaşma baskısı ve kentleşme eğiliminin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, deprem senaryolarında yıkım riski, tahliye zorluğu ve domino etkisi gibi kırılma unsurlarını artırmaktadır. Buna karşılık, 1–2 katlı yapıların kent merkezinden uzak mahallelerde yoğunlaştığı görülmekte; bu yapılar kat yüksekliği açısından avantaj sunsa da, malzeme kalitesi ve yapısal yıpranma gibi etkenlere bağlı olarak zarar görebilirlik düzeyleri farklılık göstermektedir.

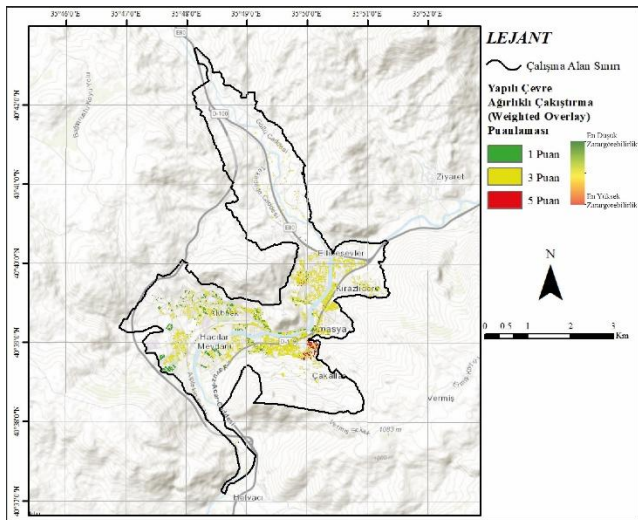


Şekil 8 (a,b,c,d,e). Yapılı çevre bileşenine ait alt kriterlere göre fiziksel zarar görebilirlik haritaları

Yapı malzemesi analizi, kullanılan yapı cinslerinin mekânsal dağılımını ve fiziksel zarar görebilirlik üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır (Şekil 8 e). Yapılar; betonarme, yığılma ve ahşap olmak üzere üç ana grupta değerlendirilmiştir. Betonarme yapılar, özellikle batı ve güneybatı mahallelerinde yoğunlaşmakta olup, modern yapılaşma ve mühendislik hizmeti almış yapı stoku oranının görece yüksek olduğunu göstermektedir. Uygun zemin koşullarında bu tür yapılar, daha düşük zarar görebilirlik riski taşımaktadır.

Yığma yapılar, doğu, kuzeydoğu ve merkez çevresindeki mahallelerde yoğunlaşmakta; düşük dayanım kapasiteleri ve mühendislik hizmeti eksikliği nedeniyle yüksek kırılma sergilemektedir. Ahşap yapılar ise sınırlı sayıda olup, tarihi merkez aksı çevresinde parçalı biçimde dağılmıştır. Yaş ve malzeme özelliklerine bağlı olarak bu yapılar, yangın ve çökme riski açısından özel değerlendirme gerektirmektedir. Genel olarak, Fethiye, Şeyhcuî ve Göllü Bağları'nda betonarme; Hatuniye, Sofular ve kısmen Gökmedrese'de ise yığma yapıların yaygın olduğu görülmektedir. Ancak verilerin güncellik sınırlılığı nedeniyle bazı mahallelerde (ör. Gökmedrese, Dere) saha verisiyle desteklenmesi gerekmektedir. Yapı cinsine bağlı bu mekânsal farklılık, afet riski değerlendirmelerinde yapı dayanıklılığı ve kırılma düzeyi açısından önemli bir ayrışma yaratmaktadır.

Yapılı çevre bileşenine ilişkin beş alt kriterin (nüfus yoğunluğu, bina yoğunluğu, kat yüksekliği, bina durumu ve yapı malzemesi türü) mekânsal analiz bulguları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle birleştirilmiş ve bu doğrultuda elde edilen tematik haritada, çalışma alanındaki yapılaşma karakteristiğine bağlı fiziksel zarar görebilirlik düzeylerini mekânsal olarak ortaya koymuştur (Şekil 9).



Şekil 9. Yapılı çevre ait ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) analizi sonuç haritası

Zarar görebilirlik analizi, çalışma alanında fiziksel kırılmanın üç temel sınıfta yoğunlaştığını göstermektedir: düşük (1), orta (3) ve yüksek (5) düzey. Bu sınıflar, kırılma puanlarının dağılım eğilimleri temelinde gruplandırılmıştır.

Yüksek zarar görebilirlik (5 puan), özellikle Fethiye Mahallesi ve çevresindeki ticaret ve konut yoğunluğu yüksek merkez mahallelerde yoğunlaşmaktadır. Bu bölgelerde yüksek nüfus, çok katlı betonarme yapılar ve sıkışık kentsel doku, tahliye ve müdahale açısından öncelikli kırılma alanları oluşturmaktadır.

Orta düzey zarar görebilirlik (3 puan), Kirazlıdere, Hacı İlyas, Şeyhcuî ve Çakallar çevresinde gözlemlenmekte olup, yapı türleri ve yoğunluk açısından parçalı ve heterojen bir örüntü sergilemektedir.

Düşük zarar görebilirlik (1 puan) ise Akbilek, Helvacı ve Hacılar mahallelerinde yoğunlaşmakta; bu bölgeler, düşük katlı, seyrek yerleşimli ve görece sağlam yapı stoğuyla daha az risk taşımaktadır.

Elde edilen bulgular yapı yoğunluğu, nüfus baskısı ve yapı kalitesi gibi etkenlerin birleşik etkisiyle kırılmanın kent merkezine yakın alanlarda yoğunlaştığını; çevresel mahallelerde ise görece olarak azaldığını göstermektedir. Bu durum, afet risk azaltım stratejilerinin merkezden çevreye doğru kademeli biçimde planlanması gerektiğine işaret etmektedir (Şekil 9).

### 3.2.1. Fiziksel Zarar Görebilirlik Açısından Kamusal Alan Varlığı ve Erişilebilirliği

Kamusal alanlara ilişkin fiziksel zarar görebilirlik analizi, afet sonrası müdahale kapasitesini etkileyen dört alt kriter üzerinden yürütülmüştür: sağlık tesisleri, eğitim kurumları, kamu hizmet binaları ve park/rekreasyon alanları (Tablo 3). Bu donatılar, afet anında yalnızca hizmet sunan yapılar değil, aynı zamanda geçici barınma, toplanma ve koordinasyon noktaları olarak da kritik rol oynamaktadır. Bu kapsamda ilk değerlendirme, eğitim kurumlarına erişim düzeyi üzerinden yapılmıştır. Okulların afet sonrası işlevselliği dikkate alınarak, bu yapılara olan mesafe 0–200 metre arasında olan alanlar 1 puan; 1000 metre ve üzeri mesafedeki alanlar ise 5 puanla değerlendirilmiştir. Puanlama, erişim mesafesi arttıkça kırılma düzeyinin yükseldiği varsayımına dayanmaktadır [28] (Şekil 10 a).

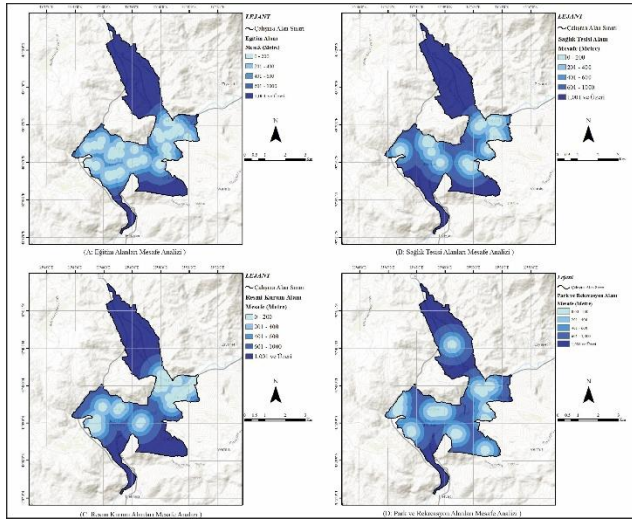
Sağlık hizmetlerine erişim, afet sonrası müdahale ve yaralı tahliyesi açısından fiziksel zarar görebilirlik analizlerinde belirleyici bir unsurdur. Sağlık kuruluşlarına yakın alanlar, ilk yardım ve acil müdahale açısından avantajlı kabul edilirken; uzak bölgelerde erişim süresi uzamakta ve kırılma artmaktadır. Bu çalışmada, sağlık kurumlarına olan mesafeye göre alanlar 0–200 m için 1 puan, 1000 m ve üzeri için 5 puan olacak şekilde puanlandırılmıştır (Tablo 3). Elde edilen bulgular, erişim mesafesi arttıkça fiziksel zarar görebilirlik düzeyinin de yükseldiğini göstermektedir [28] (Şekil 10 b).

Kamu hizmeti binalarına erişim, afet sonrası kriz yönetimi ve müdahale süreçlerinin etkinliği açısından kritik bir faktördür. Bu çalışmada, kamu kurumlarına olan mesafeye göre alanlar 0–200 m için 1 puan, 1000 m ve üzeri için 5 puanla derecelendirilmiştir (Tablo 3). Kamu binalarına uzak bölgeler, koordinasyon eksikliği ve müdahale gecikmesi riski nedeniyle daha yüksek fiziksel zarar görebilirlik puanı almıştır [28] (Şekil 10 c). Bu bulgular, afet sonrası erişim adaleti ve hizmete ulaşılabilirliğin planlama süreçlerinde öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Kamu kurumlarına erişim, afet sonrası kriz yönetimi, koordinasyon ve acil yardım organizasyonlarının etkinliği açısından belirleyici bir faktördür. Bu çalışmada, kamu hizmet binalarına olan mesafeye göre alanlar 0–200 m için 1 puan, 1000 m ve üzeri için 5 puanla puanlandırılmıştır (Tablo 3). Erişim mesafesi arttıkça koordinasyon zorlukları ve müdahale gecikmeleri artmakta; bu nedenle uzak bölgeler daha yüksek fiziksel zarar görebilirlik düzeyiyle değerlendirilmiştir [28] (Şekil 10 c). Bu durum, erişim adaleti, afet sonrası kamusal hizmetlere ulaşılabilirlik ve mekânsal kırılma gibi konuların, planlama kararlarında öncelikli olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 3. Kamusal altyapı unsurlarına erişim kriterleri ve zarar görebilirlik puanları

KAMUSAL ALANLAR		
KRİTER	KRİTER DEĞERLERİ	DEĞER PUANLAMASI
HASTANE VE SAĞLIK	0 - 200 metre	1
	201 - 400 metre	2
	401 - 600 metre	3
	601 - 1000 metre	4
	1000 metre ve daha fazlası	5
EĞİTİM KURUMLARI	0 - 200 metre	1
	201 - 400 metre	2
	401 - 600 metre	3
	601 - 1000 metre	4
	1000 metre ve daha fazlası	5
KAMU KURUMLARI	0 - 200 metre	1
	201 - 400 metre	2
	401 - 600 metre	3
	601 - 1000 metre	4
	1000 metre ve daha fazlası	5
PARK VE REKREASYON	0 - 200 metre	1
	201 - 400 metre	2
	401 - 600 metre	3
	601 - 1000 metre	4
	1000 metre ve daha fazlası	5



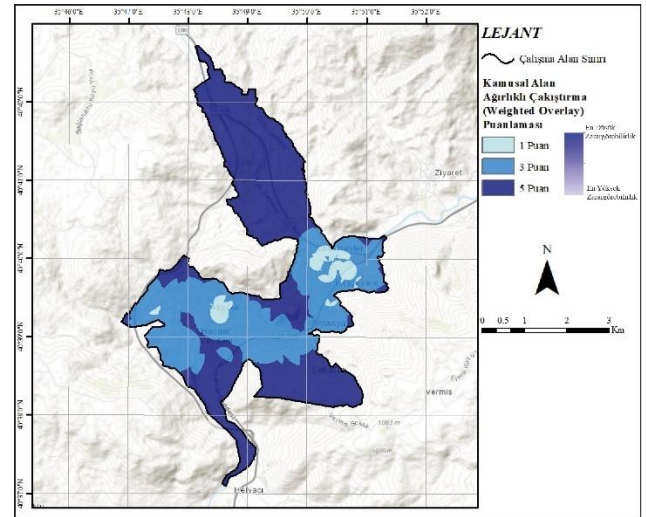
Şekil 10. Kamusal Hizmet Alanlarına Erişim Düzeylerine İlişkin Mesafe Temelli Mekânsal Analiz Haritaları (Eğitim, Sağlık, Resmi Kurum ve Park-Rekreasyon Alanları)

Açık ve yeşil alanlara erişim, afet sonrası toplanma, geçici barınma ve güvenli bekleme alanı işlevleri nedeniyle fiziksel zarar görebilirlik analizlerinde önemli bir göstergedir. Bu alanlara hızlı ve güvenli erişim, tahliye ve geçici yaşam organizasyonlarının etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, park ve rekreasyon alanlarına olan mesafeye göre alanlar 0–200 m için 1 puan, 1000 m ve üzeri için 5 puanla derecelendirilmiştir (Tablo 3). Yeşil alanlara yakın bölgelerin afet sonrası açık alan ihtiyacını daha hızlı karşılayabileceği öngörülmüş ve bu alanlar daha düşük kırılabilirlik düzeyiyle değerlendirilmiştir [28] (Şekil 10d).

Kamusal alan bileşenine ilişkin analizde değerlendirilen dört alt kriterin (eğitim kurumları, sağlık hizmetleri, kamu hizmetleri ve park/rekreasyon alanları) her biri, afet sonrası müdahale, barınma ve toplanma işlevleri açısından eşit düzeyde önem taşıdığından %25 oranında eşit ağırlık ile değerlendirilmiştir (Tablo 3). Belirlenen bu ağırlıklar doğrultusunda, mekansal analiz sürecinde ağırlıklı çakıştırma

yöntemi uygulanarak, kamusal alanlara ilişkin fiziksel zarar görebilirlik düzeylerini yansıtan tematik bir ara harita oluşturulmuştur. Bu harita, afet anında kamusal donatılara erişimin yetersiz olduğu bölgelerin mekansal olarak belirlenmesine olanak tanımaktadır [28] (Şekil 10).

Kamusal alanlara erişilebilirlik temelinde yürütülen ağırlıklı çakıştırma analizi, eğitim, sağlık, kamu hizmetleri ve park/rekreasyon alanlarına erişim düzeyine göre fiziksel zarar görebilirlik durumunu mekansal olarak ortaya koymaktadır. Analiz sonuçları, çalışma alanını 1 (yüksek erişilebilirlik–düşük zarar görebilirlik), 3 (orta düzey) ve 5 (düşük erişilebilirlik–yüksek zarar görebilirlik) puanlarıyla sınıflandırmıştır. Merkez aks ve yakın çevresinde konumlanan alanlar, kamusal hizmetlere yürüme mesafesinde olmaları nedeniyle afet sonrası müdahale ve geçici barınma açısından daha avantajlı kabul edilmektedir. Buna karşılık, kentin kuzey, güney ve batı uçlarında yer alan periferik mahalleler düşük erişim kapasitesi ve kamu hizmetlerinden mekansal kopukluk nedeniyle daha yüksek kırılabilirlik düzeyine sahiptir. Bu bulgular, kamusal altyapıya erişimdeki mekansal eşitsizliğin, özellikle çevresel yerleşimlerde afet riskini artıran temel etmenlerden biri olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 11).

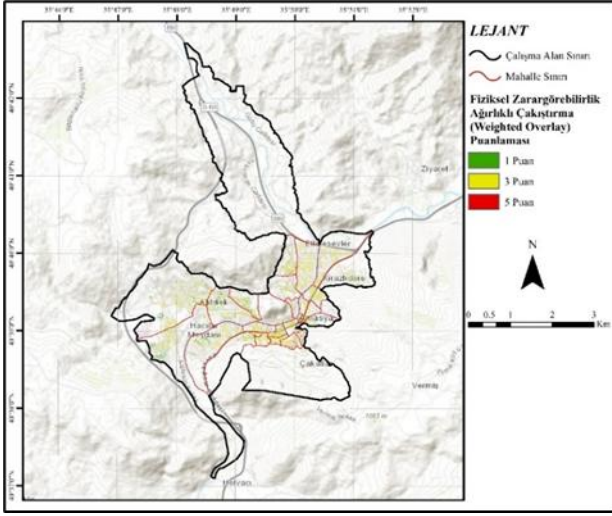


Şekil 6 Kamusal çevre ait ağırlıklı çakıştırma analizi sonuç haritası

### 3.3. Fiziksel Zarar Görebilirlik Bileşenlerin Entegrasyonu

Fiziksel zarar görebilirlik analizinde kullanılan doğal çevre, yapılı çevre ve kamusal alan bileşenlerine ait tematik haritalar, çok bileşenli mekansal değerlendirme yaklaşımı kapsamında birleştirilmiştir. Her bileşen, afet riskine olan göreceli etkisi dikkate alınarak ağırlıklandırılmış; bu kapsamda, literatürdeki öncül çalışmalar [5], [13] ve yerel saha bulguları doğrultusunda doğal çevre %30, yapılı çevre %45 ve kamusal alanlar %25 oranında ağırlıkla değerlendirilmiştir [8]. Bu dağılım, yapılı çevre göstergelerinin fiziksel kırılabilirlik üzerindeki belirleyici etkisini vurgularken, doğal ve kamusal çevrenin tamamlayıcı rolünü de dikkate almaktadır. Bileşenlere ait raster veri katmanları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında “Ağırlıklı Çakıştırma (Weighted Overlay)” yöntemi ile entegre edilerek her piksel için bileşik zarar görebilirlik skoru hesaplanmıştır (Carrara, 1983; Yi, Lee, & Choi, 2019). Bu skorlar, 1 (en düşük) ile 5 (en yüksek) arasında sınıflandırılmış ve mekansal desenleri görselleştiren tematik bir harita üretilmiştir. Elde edilen harita, Amasya kent merkezine ilişkin kırılabilirlik düzeylerini ortaya koymakta; risk

önceliklerinin belirlenmesi ve afet yönetimi planlamalarında kullanılabilecek bilimsel bir temel sunmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Amasya İli Merkez İlçesi Fiziksel Zarar Görebilirlik Düzeyleri (Ağırlıklı Çakıştırma – Weighted Overlay) Haritası

Doğal çevre, yapılı çevre ve kamusal alan bileşenlerine ilişkin analizlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle entegrasyonu sonucunda, çalışma alanının genel fiziksel zarar görebilirlik düzeylerini yansıtan mekânsal bir dağılım haritası oluşturulmuştur. Çok kriterli değerlendirme temelinde her mekânsal birim 1 (düşük risk), 3 (orta risk) ve 5 (yüksek risk) puanlarıyla sınıflandırılmıştır. Analiz bulguları, genel olarak orta düzeyde bir zarar görebilirliğe işaret etmekte; ancak kent merkezine yakın, yapı yoğunluğu ve kat yüksekliği fazla olan, altyapı ve erişim açısından dezavantajlı mahallelerde riskin belirgin şekilde arttığını göstermektedir. Bu yüksek riskli alanlar, çok katlı yapılaşma, jeolojik zayıflıklar ve kamusal alanlara erişim sınırlılıkları gibi kırılganlık unsurlarının çakıştığı bölgeler olarak öne çıkmaktadır (Şekil 12).

### 3.3.1. Mahalle Bazında Zarar Görebilirlik Değerlerinin Belirlenmesi

Çalışmada mahalle düzeyinde fiziksel zarar görebilirliğin mekânsal temsiliyeti yüksek biçimde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla raster tabanlı sınıflama ve normalizasyon yöntemi benimsenmiştir. Bu yöntemde, her bir alt kriter beşli Likert ölçeğiyle puanlandırılmış ve 0.00–1.00 aralığında normalize edilerek ortak bir karşılaştırma zemini oluşturulmuştur [27] (bkz. Bölüm 2). Her mahalle sınırı içerisinde farklı risk düzeylerine karşılık gelen raster hücrelerin alanları belirlenmiş, bu alanlar normalize değerlerle ağırlıklandırılarak her mahalleye özgü ortalama zarar görebilirlik skoru hesaplanmıştır. Bu sayede her mahallenin kendi iç mekânsal dağılımı dikkate alınarak daha temsili bir kırılganlık değerlendirmesi yapılmıştır (Tablo 4; Şekil 13).

Elde edilen bütüncül skorlar 0.50 ile 0.68 arasında değişmekte olup, mahalleler risk düzeyine göre üç gruba ayrılmıştır. Yüksek zarar görebilirlik düzeyine sahip mahalleler, 0.61 ile 0.68 aralığında skorlanan ve yüksek riskli raster sınıfların alansal olarak baskın olduğu yerleşim alanlarıdır. Bu grupta yer alan mahalleler Gümüşlü (0.68), Fethiye (0.64), Dere (0.64), Akbilek (0.63), Gökmedrese (0.62), Hacılar Meydanı (0.62), Hızırpaşa (0.62), Kurşunlu (0.61), Şeyhcuu (0.61) ve Hatuniye (0.61) mahalleleridir. Bu

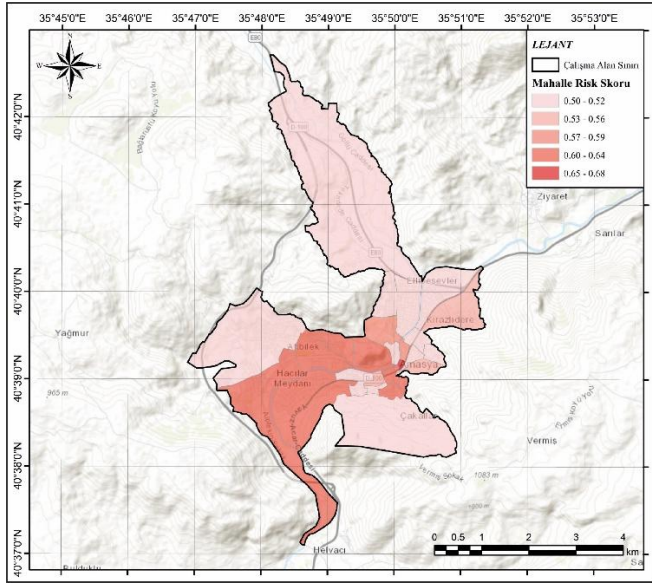
mahalleler, afet riskine karşı kırılganlık düzeyi yüksek olan ve müdahale önceliği taşıyan yerleşimler olarak öne çıkmaktadır (Tablo 4; Şekil 13).

Orta düzey zarar görebilirlik gösteren mahalleler 0.54–0.60 aralığında skorlanmıştır. Bu mahallelerde orta riskli sınıfların yaygın olduğu, ancak yer yer yüksek riskli alanların da bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu grupta Şamlar (0.59), Piriñçi (0.58), Sofular (0.56), Kirazlıdere (0.55) ve Yüzevler (0.54) mahalleleri yer almaktadır. Bu mahallelerin, risk azaltıcı önlemler ve direnç geliştirici politikalar kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Düşük zarar görebilirlik düzeyine sahip mahalleler ise 0.50–0.53 aralığında skorlanan ve düşük riskli raster hücrelerin baskın olduğu yerleşim alanlarıdır. Bu grupta Göllübağları (0.52), Üçler (0.51), Şehirüstü (0.51), Mehmetpaşa (0.51), Hacı İlyas (0.51), Nergis (0.50), Bahçeleriçi (0.50), Çakallar (0.50), İhsaniye (0.50) ve Beyazıtpaşa (0.50) mahalleleri yer almaktadır. Her ne kadar bu mahallelerde görece daha düşük kırılganlık düzeyi gözlemlense de, izleme ve önleme stratejilerinin sürdürülmesi gerektiği unutulmamalıdır. Genel olarak bu analiz, Amasya kent merkezinde yer alan mahalleler arasında zarar görebilirlik düzeylerinin mekânsal olarak farklılaştığını ortaya koymakta; mahalle ölçeğinde afet riski yönetimi açısından bütüncül ve karşılaştırılabilir veriler sunarak, karar vericilere yol göstermektedir (Tablo 4; Şekil 13).

Tablo 4. Amasya Merkez İlçesi Mahallelerine Ait Bütüncül Zarar Görebilirlik Skorları

MAHALLE	NÜFUS	YÜZÖLÇÜMÜ (ha)	RİSK DURUMU	ALAN (ha)	NORMALİZASYON BÜTÜNCÜL SKOR
Akbilek	9.724	194	Orta Risk	3.74	0.63
			Risk Yok	1.27	
Bahçeleriçi	10.722	56	Risk Yok	0.01	0.5
			Orta Risk	5.45	
Beyazıtpaşa	2.612	18	Yüksek Risk	0.004	0.5
			Risk Yok	0.004	
			Orta Risk	2.828	
Dere	468	17	Risk Yok	0.01	0.64
			Orta Risk	1.75	
			Yüksek Risk	0.56	
Ellibeşevler	9.612	79	Risk Yok	0.01	0.5
			Orta Risk	4.38	
			Yüksek Risk	0.05	
Fethiye	1.140	13	Risk Yok	0.05	0.64
			Orta Risk	1.77	
			Yüksek Risk	0.77	
Gökmedrese	1.109	68	Orta Risk	1.39	0.62
			Risk Yok	0.58	
Göllübağları	2.027	643	Risk Yok	0.05	0.52
			Orta Risk	1.31	
Gümüşlü	140	2	Orta Risk	0.26	0.68
			Risk Yok	0.15	
Hacı İlyas	1.565	16	Risk Yok	0.04	0.51
			Orta Risk	1.53	
Hacılar Meydanı	15.426	99	Risk Yok	1.28	0.62
			Orta Risk	4.23	
Hatuniye	108	49	Orta Risk	0.71	0.61
			Risk Yok	0.21	
Hızırpaşa	5.597	66	Risk Yok	0.93	0.62
			Orta Risk	2.96	
Kirazlıdere	4.224	80	Orta Risk	1.6	0.55
			Risk Yok	0.18	
Kurşunlu	2.003	30	Risk Yok	0.85	0.61
			Orta Risk	2	
Mehmetpaşa	1.664	10	Orta Risk	0.78	0.51
			Risk Yok	0.01	
Nergis	139	9	Orta Risk	0.33	0.5
			Risk Yok	0.54	
Piriñçi	386	8	Risk Yok	0.11	0.58
			Orta Risk	0.11	
Savadiye	762	14	Orta Risk	0.01	0.5
			Risk Yok	0.11	
Sofular	347	19	Orta Risk	0.83	0.56
			Risk Yok	0.11	
Yüzevler	1.185	9	Orta Risk	1.94	0.54
			Risk Yok	0.18	
Çakallar	351	250	Risk Yok	0.005	0.5
			Orta Risk	0.97	
			Risk Yok	0.04	
Üçler	1.185	9	Orta Risk	1.71	0.51
			Risk Yok	0.12	
İhsaniye	2.380	35	Orta Risk	2.69	0.5
			Risk Yok	0.11	
			Yüksek Risk	0.11	
Şamlar	1.082	38	Risk Yok	0.32	0.59
			Orta Risk	1.45	
Şehirüstü	1.621	60	Risk Yok	1.8	0.51
			Risk Yok	0.03	
Şeyhcuu	27.609	264	Risk Yok	1.97	0.61
			Orta Risk	6.79	



Şekil 13. Amasya Merkez İlçesi Mahallelerine Ait Bütüncül Zarar Görebilirlik Skorları

#### IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Amasya kent merkezinde doğal afet kaynaklı fiziksel zarar görebilirlik düzeylerini ortaya koymak amacıyla, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımı ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı raster analiz yöntemlerinin bütünlük biçimde kullanıldığı kapsamlı bir mekânsal analiz modeli geliştirmiştir. Doğal çevre, yapı çevre ve kamusal alanlar olmak üzere üç temel bileşen altında belirlenen kriterler, literatüre dayalı ağırlıklandırılmalarla analiz edilmiş ve raster veriler normalize edilerek mahalle düzeyinde alan ağırlıklı ortalama skorlar hesaplanmıştır. Analiz sonuçları, Amasya kent merkezinin büyük bölümünün (%84,86) orta düzeyde fiziksel zarar görebilirlik riski taşıdığını, %12,94'lük kısmının düşük ve yalnızca %2,2'sinin ise yüksek riskli sınıflarda yer aldığını göstermektedir (Şekil 13; Tablo 4).

Mahalle ölçeğinde gerçekleştirilen değerlendirmelerde, Gümüşlü (0.68), Fethiye (0.64) ve Dere (0.64) mahalleleri yüksek kırılabilirlik düzeyine sahip yerleşimler olarak öne çıkmakta; bu mahallelerde birden fazla risk faktörünün (eğim, taşkın riski, zayıf yapı stoku, sınırlı kamusal erişim) üst üste bindiği görülmektedir. Buna karşılık, Beyazıtpaşa, Bahçeleriçi, Ellibeşevler, Nergis, Çakallar ve İhsaniye mahalleleri daha düşük kırılabilirlik skorları ile görece olarak dirençli alanlar arasında yer almaktadır. Bu bulgular, mekânsal zarar görebilirlik düzeylerinin kent içinde anlamlı bir farklılık gösterdiğini ve bu farklılığın hem doğal hem de yapı çevre unsurlarıyla doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda şu öneriler geliştirilmiştir:

- Risk Odaklı Kentsel Planlama: Yüksek kırılabilirlik skoruna sahip mahalleler öncelikli müdahale alanı olarak ele alınmalı; bu mahallelerde yapı stoku güçlendirme, altyapı yenileme ve taşkın önleme gibi afet risk azaltıcı önlemler planlı bir şekilde hayata geçirilmelidir.
- Afet Risk Haritalarının Planlama Süreçlerine Entegrasyonu: CBS tabanlı mekânsal analizlerle üretilen zarar görebilirlik haritaları, imar planlarında karar destek aracı olarak kullanılmalı; özellikle yeni

yapılaşma alanlarının seçiminde bu haritalar yol gösterici olmalıdır.

- Yerel Yönetim Kapasitesinin Güçlendirilmesi: Yerel düzeyde afet risk yönetimini destekleyecek veri tabanları oluşturulmalı, risk analizlerinin periyodik olarak güncellenmesi sağlanmalı ve planlama kararlarına entegre edilmelidir.
- Kamusal Hizmet Erişiminin Artırılması: Kamusal alanlara erişim düzeyi düşük olan mahallelerde sosyal altyapı yatırımları (sağlık, eğitim, açık alanlar vb.) önceliklendirilerek mekânsal eşitsizliklerin azaltılması sağlanmalıdır.
- Çok Ölçekli Müdahale Stratejileri: Mahalle düzeyinde elde edilen kırılabilirlik verileri, kent bütünü içinde risk temelli mikro bölgeleme ve çok ölçekli müdahale stratejileri oluşturmak için kullanılmalı; bu kapsamda hem afet öncesi hem de afet sonrası planlamaya entegre edilmelidir.

Bu çalışma, sadece mevcut risklerin tespiti açısından değil; aynı zamanda afet riskinin azaltılmasına yönelik mekânsal karar süreçlerinde kullanılabilecek bütüncül ve veri temelli bir yöntem önermektedir. Ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile elde edilen sonuçlar, farklı mekânsal bağlamlarda da uygulanabilecek esnek ve tekrarlanabilir bir model sunmakta olup, kentlerin dirençliliğini artırmaya yönelik bilimsel temelli planlama araçlarına katkı sağlamaktadır. Gelecekte benzer çalışmaların, sosyal ve ekonomik zarar görebilirlik boyutlarını da içerecek şekilde genişletilmesi, kentlerde afet yönetimi konusunda daha kapsayıcı ve sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesine olanak tanıyacaktır.

#### Teşekkür

Bu araştırma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destek Programı 2023/2. Dönem kapsamında desteklenen "Afet Risk Azaltımı ve Yönetimi İçin Dirençli Toplumlar ve Etkin Mücadele Yöntemlerinin Geliştirilmesi: Amasya Kent Örneği" başlıklı proje çerçevesinde geliştirilmiştir. Çalışma süresince sağladıkları mekânsal veri desteği ve katkıları için Amasya Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü'ne, Amasya Kadastro Müdürlüğü'ne ve Amasya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

#### Referanslar

- [1] D. Hariklia, K. Vassiliki ve P. Panagiotis, «Multi-hazard assessment in urban planning: A case study of Peneus River Basin, Greece,» *International Journal of Disaster Risk Reduction*, cilt 39, pp. 101-245, 2019.
- [2] M. Sharma ve H. Miyazaki, «Integrated multi-hazard risk assessment for urban planning: A case study from Kathmandu Valley, Nepal,» *Geospatial Information Science*, cilt 22, no. 3, p. 165-176, 2019.
- [3] A. Sandoli, M. Polese ve M. Di Ludovico, «Urban-scale seismic vulnerability assessment: A hybrid approach for small historic centres,» *International Journal of Disaster Risk Reduction*, cilt 68, pp. 102-713, 2022.
- [4] N. Mladineo, V. Gotovac ve L. Škare, «An integrated approach to multi-hazard risk assessment for urban planning: Case study of Kaštel Kambelovac, Croatia,» *Land Use Policy*, cilt 122, pp. 106-362, 2022.
- [5] A. Akgün ve N. Türk, «Mapping erosion susceptibility by a multivariate statistical method: A case study from the Ayvalik region, NW Turkey,» *Computers & Geosciences*, cilt 37, no. 9, p. 1515-1524, 2011.
- [6] L. Ayalew ve H. Yamagishi, «The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan,» *Geomorphology*, cilt 65, no. 1-2, p. 15-31, 2005.

- [7] H. Yi, S. Lee ve J. Choi, «Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, analytic hierarchy process, logistic regression, and artificial neural network methods at Wenchuan earthquake area, China,» *Environmental Earth Sciences*, cilt 78, no. 5, p. 1–18, 2019.
- [8] M. Özyetgin Altun ve M. Altun, «Multi-hazard risk assessment for urban areas using GIS-based multi-criteria decision analysis,» *Natural Hazards Review*, 2025.
- [9] M. Basharat, H. Shah ve J. Rohn, «Development of a GIS-based landslide susceptibility model for the Pakistan Himalayas,» *Natural Hazards*, cilt 88, no. 3, p. 1379–1403, 2017.
- [10] S. Taşkın, «Deprem riskine bağlı zarar görebilirlik analizlerinde çok boyutlu yaklaşım: Sakarya İli örneği,» *Planlama*, cilt 22, no. 1, p. 45–58, 2012a.
- [11] Ö. Keloğlu ve R. Bayar, «LUCIS modeli ile arazi kullanımı çatışma alanlarının belirlenmesi: Aydın Efeler örneği,» *Mekan Planlama Dergisi*, cilt 5, no. 1, p. 49–66, 2022.
- [12] A. Çınar, A. Akgün ve H. Maral, «Afet risklerinin azaltılmasında mekânsal analiz tekniklerinin kullanımı: Erzurum ili örneği,» *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, cilt 4, no. 2, p. 57–69, 2018.
- [13] A. Yüksel ve M. Avcı, «CBS ve Uzaktan Algılama Verileri Kullanılarak Vahkin Çayı Havzası'nın Erozyon Risk Analizi,» *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt 5, no. 1, p. 74–90, 2015.
- [14] A. Carrara, «Multivariate models for landslide hazard evaluation,» *Mathematical Geology*, cilt 15, no. 3, p. 403–426, 1983.
- [15] A. Pallathadka, R. Ahmed ve S. Singh, «Application of GIS-based weighted overlay analysis for avalanche susceptibility mapping in the Indian Himalayas,» *Natural Hazards*, cilt 115, no. 1, p. 785–806, 2023.
- [16] P. Shit, G. Bhunia ve R. Maiti, «Potential flood hazard zonation using weighted overlay analysis in a GIS environment: A case study from Baghmundi Block, Purulia District, West Bengal, India,» *Modeling Earth Systems and Environment*, cilt 2, no. 2, p. 1–10, 2016.
- [17] M. Aydoğdu ve Ö. Bakırcı, «LUCIS modeli kullanılarak Tekirdağ ili örneğinde yerleşime uygunluk alanlarının belirlenmesi,» *Mekân Planlama Dergisi*, cilt 4, no. 1, p. 23–38, 2021a.
- [18] TÜİK, «Merkez Mahaleleri ve Köyleri,» 2023. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.nufusune.com/ilceler>. [Erişildi: 04 06 2025].
- [19] A. Özdemir, «Amasya'nın İklim Analizi,» *İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Klimatoloji ve Meteoroloji Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, 1994.
- [20] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, *Amasya ili uzun yıllar iklim verileri*, Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2023.
- [21] ASF, «ALOS PALSAR Digital Elevation Model (DEM) Data,» 2024. [Çevrimiçi]. Available: <https://search.asf.alaska.edu>.
- [22] MTA, «Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2023). Türkiye Diri Fay Haritası, Coğrafi Veri Portalı,» 2024. [Çevrimiçi]. Available: <https://yebilimleri.mta.gov.tr>.
- [23] Amasya Belediyesi, *Uygulama İmar Planı ve Bina Sayısı Verileri*, 2024.
- [24] TÜİK, «Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). Mahalle Bazında Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Sonuçları,» 2024a. [Çevrimiçi]. Available: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas>.
- [25] A. Demir, S. Kemeç ve F. Dilek, «Afet riski değerlendirmelerinde çoklu tehlike analizi 'Erciş, Van örneği',» *Dirençlilik Dergisi (Resilience Journal)*, cilt 6, no. 1, p. 15–38, 2022.
- [26] B. Taşkın, *Doğal afetlerin kentsel yerleşimler üzerindeki etkilerinin analizi ve bir zarar görebilirlik modeli önerisi: Sakarya ili örneği*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012b.
- [27] M. Hussain, H. Sharif, W. Yigzaw ve K. Zhang, «A GIS-based multicriteria decision analysis approach for identifying flood vulnerable areas,» *Journal of Environmental Management*, cilt 298, 2021.
- [28] A. Aydoğdu ve M. Bakırcı, «Afet risk azaltımında coğrafi bilgi sistemleri destekli erişilebilirlik analizinin kullanılması: Sağlık ve eğitim tesisleri örneği,» *Afet ve Risk Dergisi*, cilt 4, no. 1, p. 27–44, 2021b.
- [29] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, «Amasya ili uzun yıllar iklim verileri,» 2023. [Çevrimiçi]. Available: <https://mgm.gov.tr>. [Erişildi: 2025].