

Yomra Deresi Havzasının Taşkın Maruziyet Analizi

Okan Ertoğral^{1,*}, İhsan Çiçek²

¹Trabzon Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı Afet Koordinasyon ve Eğitim Şube Müdürlüğü, Trabzon.

²Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Coğrafya Bölümü Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Ankara.

Özet

Küresel iklim değişikliği ve nüfus artışına bağlı olarak meydana gelen taşkınların sayısı ve sıklığı artmaktadır. Türkiye, topografya ve iklim özellikleri nedeni ile taşkın olaylarının sık yaşandığı ülkelerden birisidir. Taşkın sayısında meydana gelen artış, taşkınlarla ilişkin duyarlılık, maruziyet ve risk çalışmalarının çoğalmasına neden olmuştur. Özellikle uzaktan algılama ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak coğrafi bilgi sistemlerinin yaygınlaşması, taşkınlarla ilişkin çalışmalarda kullanılacak yöntemlerin ve veri kaynaklarının zenginleşmesini sağlamıştır. Bu çalışmada Türkiye’de taşkınların en sık meydana geldiği havzalardan olan Doğu Karadeniz Havzası’nda Trabzon il sınırları içerisinde bulunan Yomra Deresi havzasının taşkın maruziyet analizi yapılmıştır. Maruziyet analizi için öncelikle havzanın taşkın duyarlılık durumu havzaya ait akarsuya yakınlık, yükselti, eğim, litoloji, bakı, arazi kullanımı, toprak ve Topografik Nemlilik İndeksi (TNİ) verileri kullanılarak Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile belirlenmiştir. Taşkın duyarlılık durumunun belirlenmesinin ardından dasimetrik yöntem ile havzada yer alan mahallelere ait 2024 yılı nüfus verisi ve havzaya ait yapı ve bağımsız bölüm verisi kullanılarak havzadaki nüfus dağılışı verisi elde edilmiştir. Çalışma sonucunda havzada ikamet eden 9.680 kişiden 1.217’sinin (%12,6) çok yüksek, 214’ünün (%2,2) yüksek, 1.769’unun (%18,3) orta, 5.585’inin (%57,7) düşük ve 895’inin (%9,2) de çok düşük taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler

Taşkın Maruziyeti, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Dasimetrik Yöntem, Yomra Deresi

Flood Exposure Analysis of the Yomra River Basin

Abstract

Due to global climate change and population growth, the number and frequency of flood events occurring on Earth are increasing. Türkiye is one of the countries where flood events occur frequently due to its topographical structure and climatic characteristics. The increase in the number of floods has led to a rise in studies on flood-related susceptibility, risks, and exposure. In particular, technological developments have led to the widespread use of geographic information systems, increasing variety of methods and data sources that can be used for these studies. In this study, a flood exposure analysis was conducted for the Yomra River basin, located within the borders of Trabzon province in the Eastern Black Sea Basin, one of the basins in Türkiye where floods occur most frequently. For the exposure analysis, the flood hazard status of the basin was first determined using the Analytical Hierarchy Process (AHP) based on data such as proximity to the river, elevation, slope, geology, aspect, land use, soil, and Topographic Wetness Index (TWI) specific to the basin. Following the determination of the flood hazard status, population distribution data for the basin was obtained using the dasimetric method, incorporating 2024 population data for the neighborhoods and data on structures and independent units within the basin. The study found that out of the 9,680 people residing in the basin, 1,217 (12.6%) were at very high risk, 214 (2.2%) were classified as high, 1,769 (18.3%) as medium, 5,585 (57.7%) as low, and 895 (9.2%) as very low flood risk.

Keywords

Flood Exposure, Analytic Hierarchy Method, Dasimetric Method, Yomra River

1. Giriş

Taşkınlar, yeryüzünde yaşanma sıklığı ve neden olduğu can ve mal kayıpları bakımından doğal afetler arasında ilk sırada yer almaktadır. 1980 – 1999 yılları arasında meydana gelen 4.212 afetin 1.389’unu (%33) ve 1999 – 2019 yılları arasında meydana gelen toplam 7.348 adet afetin 3.254’ünü (%44) taşkınlar oluşturmuştur (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2020). Yeryüzünde meydana gelen afetler ile ilgili en detaylı istatistikleri bulunduran Afetlerin Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi (CRED) tarafından hazırlanan Acil Durum Olayları Veri Tabanı (EM-DAT) verilerine göre yeryüzünde 2000 – 2023 yılları arasında 3.977 adet taşkın afeti meydana gelmiş ve bu afetlerde toplam 130.379 kişi hayatını kaybetmiştir. Toplam 1,8 milyar kişinin etkilendiği bu afetlerdeki ekonomik zarar 988 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. Taşkınların etkileri farklı maruz kalma ve sosyoekonomik özellikler nedeniyle topluluklar üzerinde değişkendir. Finansal olanakları kısıtlı, standartların altında barınma imkanlarına sahip olan ve sosyal açıdan savunmasız olan nüfus için taşkınlarla maruz kalma olasılığı genellikle daha yüksektir.

Bu topluluklar taşkınlardan daha fazla etkilenir ve meydana gelen bir taşkında can kaybının yaşanması olasılığı daha yüksektir (Hamidi vd., 2022). Rentchler vd. (2022) yaptıkları çalışmada dünya üzerinde taşkına maruz kalan nüfusun %89'unun (1,61 milyar kişi) düşük ve orta gelirli ülkelerde yaşadığını, dünya nüfusunun %23'ünün (1,81 milyar kişi) 100 yılda bir meydana gelen sel ve taşkın olaylarına doğrudan maruz kaldığını, dünya üzerinde yüksek taşkın riski taşıyan alanlarda gerçekleştirilen ekonomik faaliyetin büyüklüğünün 9,8 trilyon dolar olduğunu ve bu rakamın 2020 yılında küresel gayri safi yurt içi hasılabın %12'sine denk geldiğini belirlemiştir.

Küresel iklim değişikliğinin etkisine bağlı olarak meteorolojik karakterli doğal afetlerin sayısı artış göstermektedir (Avcı & Ünsal, 2023). Hızlı nüfus artışı ve taşkın sayısında meydana gelen artış, taşkınların meydana geldiği alanın fiziki ve sosyo-ekonomik koşullarına bağlı olarak taşkına maruz kalan nüfus miktarının artmasına neden olmaktadır. Elektrik gibi kritik altyapıların taşkınlardan zarar görmesi de insanların taşkınlardan doğrudan ve dolaylı olarak etkilenmesine neden olmaktadır (Pant vd., 2018). Taşkın riskini azaltacak önlemlerin hayata geçirilmemesi durumunda nüfus miktarı ve ekonomik varlıkların değerindeki artışa bağlı olarak 2100 yılında taşkınlardan kaynaklanan zararların günümüze oranla 20 kat artacağı öngörülmektedir (Rentschler vd., 2022).

Taşkınların sayısı ve etkilerinde beklenen artış, taşkınların etkilerini azaltacak önlemleri alacak olan otoriteler için taşkın duyarlılığı, toplumların taşkına maruz kalma ve kırılganlıklarının fiziksel, mekânsal ve zamansal özelliklerinin belirlenmesini gerekli kılmaktadır (Tanoue vd., 2016). Taşkınların etkilerinin belirlenmesi toplumsal refah için de elzemdir ve bu çalışmaların gelişmekte olan ülkelerde bölgesel ölçekte gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Vinay vd., 2022).

Taşkınların sayısında ve taşkınlar sonucu meydana gelen can ve mal kayıplarında meydana gelen artış taşkın çalışmalarında maruziyet konusunu daha da önemli hale getirmiştir. Maruziyet, insanların ve/veya fiziksel öğelerin bir dış tehdide yakınlığı (Hamidi vd., 2022) ve tehlikeye yakın bölgelerde bulunan insanların ve maddi insan varlıklarının durumu (Perazzini vd., 2024) olarak ifade edilmektedir. Bu anlamda küresel, ülkesel veya bölgesel çapta yapılan taşkın maruziyeti çalışmalarının sayısı son yıllarda artış göstermiştir. Maruziyet United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2017) tarafından tehlikeye eğilimli alanlarda bulunan insanların, altyapının, konutların, üretim kapasitelerinin ve diğer somut insan varlıklarının durumu olarak tanımlanmıştır. Maruziyet ölçümleri, bir alandaki insan sayısını veya varlık türlerini içerebilir. Bunlar, ilgili alanda söz konusu tehlikeye ilişkili nicel riskleri tahmin etmek için maruz kalan unsurların belirli bir tehlikeye karşı özgül hassasiyeti ve kapasitesiyle birleştirilebilir.

Taşkın maruziyeti konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların taşkın açısından riskli olan alanlarda ikamet eden nüfusa (Ahmed vd., 2024; Swain vd., 2020; Saha vd., 2024; Bernhofen vd., 2021; Mohanty & Simonovic, 2021; Özşahin & Kaymaz, 2013; Pala vd., 2025) bir bölgede yer alan savunmasız nüfusa (Rentschler vd., 2022; İslam vd., 2024; Tate vd., 2021; Dey vd., 2024; Hamidi vd., 2022), konutlara (Perazzini vd., 2024; Bertsch vd., 2022), hastaneler ve kamu yapılarına (Sun vd., 2023), altyapı tesislerine (Pant vd., 2018; Qiang 2019; Stefanidis vd., 2022; Papilloud vd., 2020) tarım alanları ve diğer arazi kullanım sınıflarına (Zhang vd., 2023; De Moel vd., 2011) odaklandığı görülmektedir.

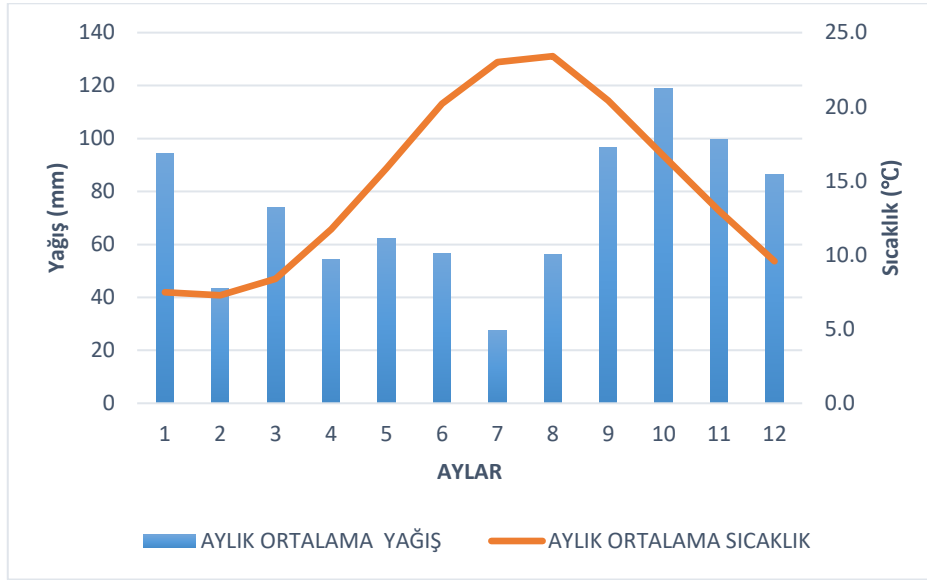
Taşkın maruziyeti konusunda yapılan çalışmalar farklı nüfus grupları veya fiziksel yapıları dikkate alsa da hepsi mekânsal verileri kullanmaktadır. Bu anlamda taşkın maruziyeti çalışmaları iki adımda gerçekleştirilmektedir. Birinci adımda taşkın duyarlılığı belirlenir, ikinci adımda ise etkilenen nüfus, yapı ve diğer arazi kullanım sınıfları belirlenir (Tate vd., 2021). Analiz işlemi ise oluşturulan mekânsal verinin taşkın duyarlılık haritaları ile çakıştırılması ile gerçekleştirilir (Bernhofen vd., 2021).

Taşkın tehlikesi altında bulunan yapı ve diğer arazi kullanım sınıflarının belirlenmesi taşkınlardan korunma ve etkilerinin azaltılması açısından hayati öneme sahip olsa da öncelikli olarak taşkın maruziyeti olan nüfusun belirlenmesi gerekmektedir. Bu anlamda nüfus verisinin seçimi maruziyet çalışmaları için kritik olmakta ve güncel ve yüksek çözünürlüklü nüfus verisi özellikle küçük havzalardaki maruziyet hesaplamaları için hayati öneme sahiptir (Bernhofen, 2021). Maruziyet ve kırılganlığı ayrıntılı olarak gösteren yüksek çözünürlüklü nüfus verilerinin taşkın duyarlılık verileri ile birleştirilmesi bu verilerin, bireyler, hükümetler ve sigorta şirketleri tarafından taşkınların etkilerini azaltmak için kullanılabilmesini sağlamaktadır (Smith vd., 2019).

Uzaktan algılama teknolojilerinde kaydedilen gelişme taşkın maruziyet çalışmalarında kullanılacak nüfus dağılım verilerinin çeşidinin de artmasını sağlamıştır. Bu veriler arasında en sık kullanılanlardan biri dasimetrik yöntem kullanılarak üretilen nüfus dağılım verileridir. Dasimetrik haritalama yöntemi enterpolasyon algoritması aracılığı ile nüfus verilerini mikro mekânsal seviyelere ayırmak için nüfus verileri ile yardımcı veriler arasındaki korelasyonu kullanarak yüksek çözünürlükte nüfus yoğunluğu verisi üretilmesini sağlamaktadır (Peng vd., 2020). Dasimetrik haritalama yöntemi yerleşim alanı sınırları (Tate vd., 2021; Stefanidis vd., 2022; Vinay vd., 2022; Dhieb, 2022), kadaströ sınırları, binalar (Thomas vd., 2023; Köse vd., 2017) gece ışığı yoğunluğu (Pambuku vd., 2024; Ortakavak vd., 2020) gibi arazi örtüsü verileri veya mobil hat çağrı kayıtları (Peng vd., 2020) ve sosyal medya paylaşımları (Park vd., 2020) gibi diğer yardımcı veriler kullanılarak nüfus miktarı bilinen bir alandaki kişi sayısının arazi örtüsü parçalarına alanları oranında yeniden dağıtılması esasına dayanmaktadır (He vd., 2024).

Bu anlamda bireysel çalışmalarda üretilen veriler küresel ölçekte üretilen nüfus dağılım verilerine göre daha fazla yüksek çözünürlüğe sahip olmasının yanında (Balk vd., 2006) küresel ölçekte üretilen nüfus dağılım verileri de bulunmaktadır. Bu veriler arasında en yaygın olarak kullanılan veriler Facebook ve Columbia Üniversitesi, Uluslararası Yer Bilimleri Merkezi Ağı (CIESIN) ortaklığı ile nüfus sayım verilerinin ve uydu görüntüleri kullanılarak belirlenen bina boyutlarına dağıtılması ile elde edilen 30 m çözünürlüklü nüfus yoğunluğu verisi, Avrupa Birliği, Avrupa Komisyonu

Çalışma alanının, deniz seviyesinden 500 m yüksekliğe kadar olan bölümü, Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre yazları sıcak ve kurak mevsimi olmayan “Cfa” olarak adlandırılan ılıman iklim tipi sınıfında, 500 m ile 1.000 m arasındaki bölümü yazları serin, kurak mevsimi olmayan “Cfb” olarak adlandırılan ılıman iklim tipi sınıfında, 1.000 m'nin üzerindeki bölümü ise yazları serin ve kurak mevsimi olmayan “Dfb” olarak adlandırılan soğuk iklim tipi sınıfında yer almaktadır (Yılmaz & Çiçek, 2018). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre ise, çalışma alanının 500 m yükseltiyeye kadar olan kısımları “B1” olarak adlandırılan nemli iklim sınıfında, 500 m'nin üzerindeki kısımları ise “C2” olarak adlandırılan yarı nemli iklim sınıfında yer almaktadır (Yılmaz & Çiçek, 2016). Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2024) tarafından yapılan çalışmada, çalışma alanı Aydeniz ve Erinç iklim sınıflandırmalarına göre nemli, De Martone iklim sınıflandırmasına göre ise yarı nemli iklim bölgesinde yer almaktadır. Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF) Era5-Land verilerine göre çalışma alanındaki ortalama sıcaklık 4 °C ile 15 °C arasında, günlük ortalama yağış miktarı ise 7 mm ile 9 mm arasında değişmektedir. Çalışma alanına en yakın konumda bulunan Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu'na ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış grafiğine göre ekim ayı en yağışlı ay iken temmuz ayı yağış miktarı en düşük olan aydır. Ayrıca sonbahar mevsimi ile birlikte artmaya başlayan yağış miktarı kış aylarında azalmaya başlamaktadır. Aylık sıcaklık ortalaması en yüksek olan ay ağustos, sıcaklık ortalaması en düşük olan ay ise şubat ayıdır (Şekil 2)



Şekil 2: Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonunun aylık ortalama sıcaklık ve yağış grafiği

Havzanın topografik ve litolojik yapısı taşkın oluşumu üzerinde etkili olmaktadır. Dağlık ve engebeli bir araziye sahip olan çalışma alanında yüzeye düşen suların akış hızı artmakta ve bu durum özellikle ani ve şiddetli yağışlardan sonra taşkınların oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca havza genelinde yaygın olan ve su tutma kapasitesi yüksek olan killi araziler yüzeye düşen suların yüzeysel akışa geçiş oranlarını ve taşkın sayısını artırmaktadır. Havzada meydana gelen taşkınlar incelendiğinde 1959 – 2024 yılları arasında çalışma alanında 19.05.1959, 11.11.1987, 12.09.2002, 21.11.2009, 19.08.2013, 20.06.2019 ve 20.09.2024 tarihlerinde olmak üzere toplam 7 adet taşkın olayı meydana geldiği görülmektedir. Bu taşkınlardan 12.09.2002 ve tarihlerinde meydana gelen taşkın olayında havzadaki yerleşim alanları zarar görmüş (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020), 19.08.2013 tarihinde meydana gelen taşkın olayında 2 kişi hayatını kaybetmiş ve 20.06.2019 tarihinde meydana gelen taşkın olayında çalışma alanında yer alan Özdil grup yolu trafiğe kapanmıştır (Anadolu Ajansı, 2019). 20.09.2024 tarihinde meydana gelen taşkında ise ulaşım altyapısı zarar görmüştür (Anadolu Ajansı, 2024).

3. Veri ve Yöntem

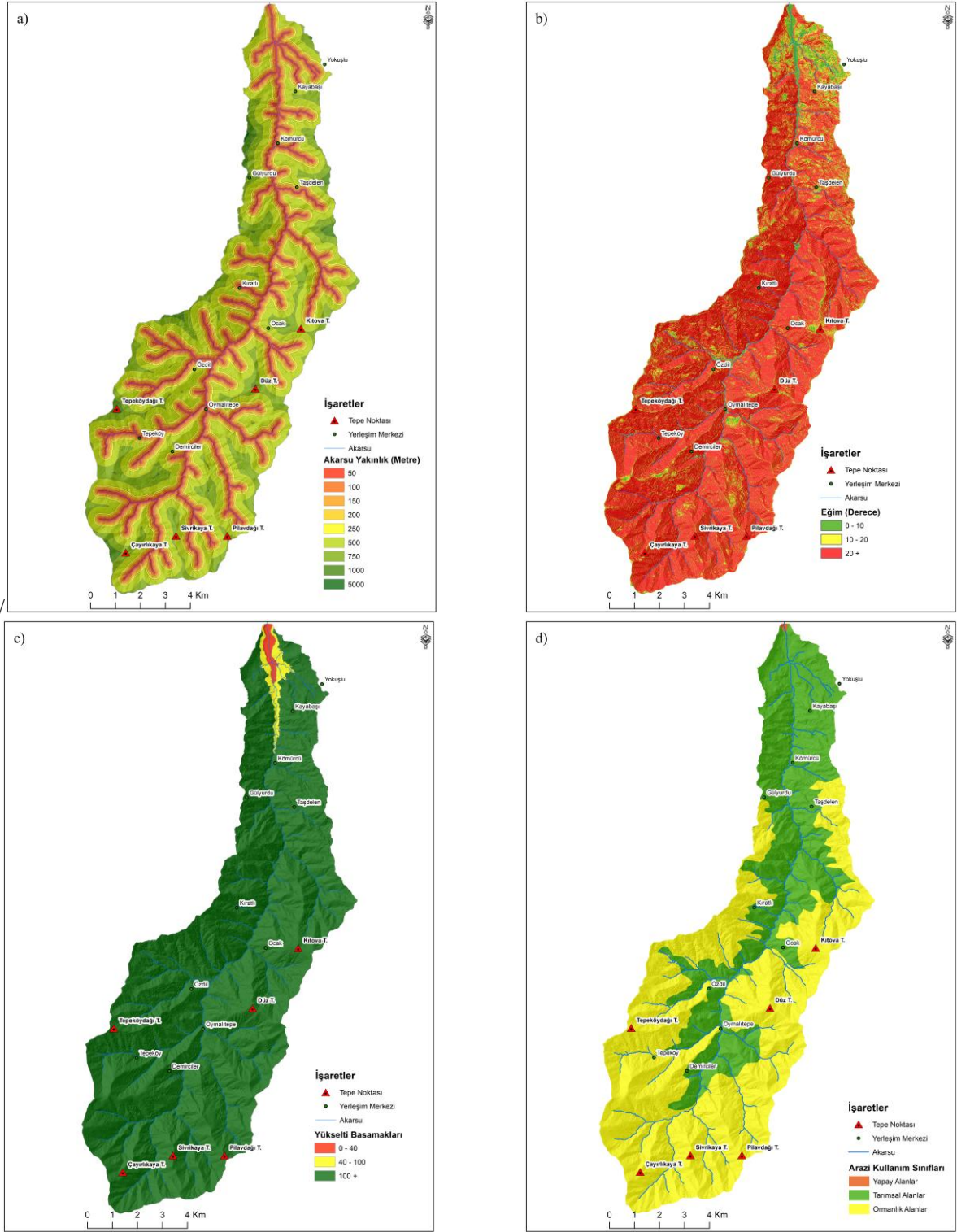
Temel anlamda taşkın maruziyeti çalışmalarının iki adımı bulunmaktadır. İlk olarak çeşitli yöntemler kullanılarak taşkın duyarlılığının boyutu belirlenir, ikinci adımda ise nüfus ve yapı verileri analiz edilir (Pant vd., 2018). Uzaktan algılama ve bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmeler taşkın duyarlılığı çalışmalarında kullanılan yöntemlerin çeşitlenmesini sağlamıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda çok kriterli karar verme yöntemleri, istatistiksel yöntemler, metasezgisel optimizasyon algoritmaları, sezgisel arama algoritmaları, bulanık mantık ve makine öğrenimi yöntemleri en sık kullanılan yöntemlerdir (Kaya, 2022). Bu çalışmada taşkın duyarlılık sınıflarını belirlemek için taşkın duyarlılık çalışmalarında en sık kullanılan çok kriterli karar verme yöntemi olan analitik hiyerarşi yöntemi (AHY) kullanılmış ve çalışma alanında yer alan yapıların ve nüfusun taşkın duyarlılık sınıflarına göre dağılımı belirlenmiştir.

3.1. Analitik Hiyerarşı Yöntemi (AHY)

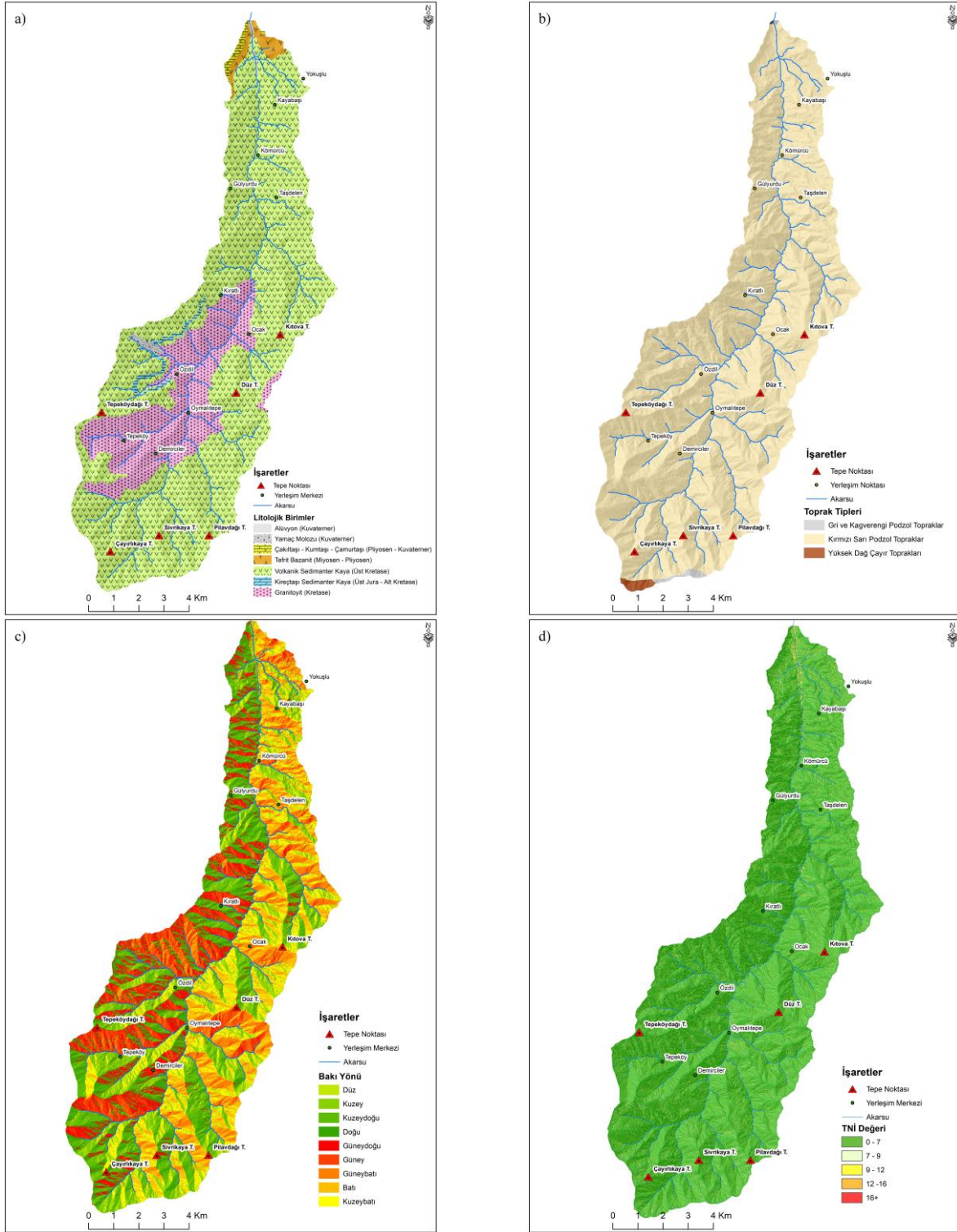
AHY, 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ve taşkın duyarlılık çalışmalarında sıklıkla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. AHY belirlilik veya belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli ve çok amaçlı karar verme işlemlerinde kullanılır (Saat, 2000). AHY karar vericinin karmaşık problemleri çözebilmesi için problemin ana hedefini, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri belirleyerek aralarındaki hiyerarşik ilişkiyi modellemesine olanak sağlar. AHY'nin en önemli özelliği karar vericinin bilgi ve deneyimlerine dayalı olarak ortaya çıkan objektif ve sübjektif fikirlerini mantıksal çerçevede birleştirebildiği bir yöntem olmasıdır (Kuruüzüm & Atsan, 2001).

Karmaşık problemlerin hiyerarşik bir yapı içerisinde ele alındığı, birden fazla nitel ve nicel ölçüt ile değerlendirilme yapılabildiği bir yöntem olan AHY'nin kolay uygulanabilir bir yöntem olması mekânsal planlama ve taşkın, heyelan ve orman yangını gibi afet duyarlılık çalışmalarında sıklıkla kullanılmasını sağlamıştır (Yurteri, 2024). Ayrıca yapılan çalışmalar, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile yapılan AHY analizinin etkili bir yöntem olduğunu ve hassas taşkın duyarlılık ve risk haritalarının oluşturulmasını sağlandığını ortaya koymuş olup (Şanlı vd., 2025) literatürde taşkın duyarlılık haritalarının CBS ve AHY kullanılarak oluşturulduğu çok sayıda çalışma mevcuttur (Taş & Yanık, 2022; Ertan vd., 2021; Karakoca & Ünver, 2024; Ghosh & Kar, 2018; Hammami vd., 2019; Stefanidis & Stathis, 2013; Karakuş & Ceylan, 2022; Ünal vd., 2022; Coşkun & Ortaç, 2022; Dou vd., 2017; Avcı & Kıranşan, 2022).

Taşkınlar birden fazla nedene bağlı olarak meydana geldiği için bir havzadaki taşkın duyarlılığını ortaya koyabilmek için birden fazla parametre kullanılmalıdır (Kuşcu & Özdemir, 2023). Bu nedenle çalışmada öncelikle ana problem ve hedef belirlenmiş, hedefe ulaşmak için kullanılacak olan ölçütler ve bu ölçütlere ait olan alternatifler belirlenmiştir. Ölçüt ve bu ölçütlere ait alternatifler belirlenirken literatürdeki uzman görüşlerinden faydalanılmaktadır (Yurteri, 2024). Bu çalışmada ölçütler ve alternatifler belirlenirken çalışma alanının coğrafi özellikleri de göz önünde bulundurularak literatürde yer alan çalışmalardan (Coşkun & Ortaç, 2022; Işık vd., 2020; Duman & İrcan, 2022; Gerger & Tanrıverdi, 2018; Yükseler & Dursun, 2024; Özelkan & Eren, 2024) yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan ölçütler akarsuya yakınlık, eğim, yükselti, arazi kullanımı, litoloji, toprak ve topografik nemlilik indisi (TNI) değeridir (Şekil 3, Şekil 4). Çalışmada kullanılan akarsuya yakınlık, eğim, yükseklik, bakı ve TNI haritaları, çalışma alanına ait ve Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25.000 ölçekli G43b1,G43b2,G43b3 G43b4 paftalarına ait eş yükselti eğrilerinden elde edilen 10 m çözünürlüğe sahip sayısal yüksekli modeli (SYM) verisi kullanılarak, Litoloji haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25.000 ölçekli G43b1,G43b2,G43b3 G43b4 paftalarına ait jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2025) kullanılarak, toprak haritası Büyük Toprak Grupları Haritası (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1987) kullanılarak, arazi kullanım haritası ise Europe's Eyes on Earth (Copernicus) tarafından 2018 yılında yayınlanan CORINE Arazi Örtüsü verileri kullanılarak ArcMap 10.6 yazılımı ile oluşturulmuştur.



Şekil 3: Çalışma alanına ait AHY ölçüt haritaları: a) akarsuya yakınlık, b) eğim, c) yükselti, d) arazi kullanımı



Şekil 3: Çalışma alanına ait AHY ölçüt haritaları: a) litoloji, b) toprak, c) bakı, d) TNi

Ölçütler ve alternatiflerin belirlenmesinin ardından literatürde yararlanılan uzman görüşlerine göre her bir ölçüte Tablo 1’de yer alan önem dereceleri atanarak, alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılmış ve her bir alternatifin ağırlık değeri belirlenmiştir.

Tablo 1: AHY değerlendirme ölçeği (Saaty, 1980)

| Önem Derecesi | Değer Tanımı |
|---------------|-------------------------------|
| 1 | Eşit Önemli |
| 3 | Orta derecede önemli |
| 5 | Oldukça güçlü derecede önemli |
| 7 | Çok güçlü derecede önemli |
| 9 | Aşırı derecede önem sahibi |
| 2,4,6,8 | Ara değerler |

Alternatiflere ait ağırlık değerleri belirlendikten sonra ağırlık değerlerinin ikili karşılaştırmaları yapılarak ikili karşılaştırması yapılan değerlerin tutarlılığı hesaplanmıştır. Saaty tarafından önerilen tutarlılık oranı 0,10'dur. Hesaplanan tutarlılık oranının bu değer altında olması tutarlılığın yeterli olduğu, değer üstünde olması ise ikili karşılaştırmaların tekrar gözden geçirilmesi gerektiğini ifade etmektedir (Dursun, 2022).

Tutarlılık oranı (CR), ikili karşılaştırma matrislerinin özelliklerine dayanarak hesaplanabilir. Karşılıklı bir matriste, en büyük öz değerler (λ_{max}) her zaman satır veya sütun sayısına (n) büyük veya eşittir (Formül 1). Hesaplanan λ_{max} değerinin n değerine yakın olması karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir (Gerger & Tanrıverdi, 2018). İkili karşılaştırmaların tutarsızlıklarını ölçen bir tutarlılık endeksi (CI) şu şekilde hesaplanır:

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranı (CR) ise şu şekilde hesaplanır:

$$CR = (CI/RI) \quad (2)$$

Formül 2'de yer alan RI, Tablo 2'den n sayısına göre okunan değeri, CI, ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık indeksi değerini ifade etmektedir.

Tablo 2: Tesadüflilik göstergesi (Dursun, 2022)

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0.0 | 0.0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | 1.51 | 1.48 | 1.56 | 1.57 | 1.59 |

AHY'nin son aşaması olarak belirlenen ölçütlere de Tablo 1'de verilen önem dereceleri atanarak ölçütlerin ağırlık değerleri ve tutarlılık oranları hesaplanmış ve belirlenen ağırlık değerleri kullanılarak Arc Map 10.6 yazılımında yer alan Weighted Sum aracı ile çalışma alanına ait taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir.

3.2. Çalışma Alanında AHY İçin Kullanılan Ölçütler

3.2.1. Akarsuya Yakınlık

Kuvvetli yağmur fırtınaları sırasında yüzeysel akışa geçen suyun havzaların drenaj kapasitesinin üzerine çıkarak ana nehir kanalının dolmasına neden olduğundan dolayı, taşkın olayları genellikle vadi tabanlarında yoğunlaşmaktadır (Coşkun & Ortaç, 2022). Bu durum da akarsu kanallarının yakın çevresinde taşkın duyarlılığının yüksek olmasına neden olmaktadır (Pathan vd., 2022). Bu nedenle duyarlılık haritalarının doğru bir şekilde hazırlanabilmesi için akarsuya uzaklık önemli bir faktör olarak dikkate alınmalıdır (Karakoca & Ünver 2024). Ayrıca bir akarsu havzasında sular havzanın en alçak noktaları olan akarsu yatağında birikmesi de kanaldan uzaklaştıkça taşkın duyarlılığının azalmasına neden olmaktadır (Das, 2018). Bu çalışmada akarsuya yakınlık durumu 0-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-250, 250-500, 500-750, 750-1.000 ve 1.000 metre ve üzeri olmak üzere toplam 9 adet alt sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3).

3.2.2. Eğim

Arazinin eğimi yüzeysel akışa geçen su miktarını etkileyerek taşkınlar üzerinde belirleyici olmaktadır (Hosseini vd., 2020). Eğim değeri yüksek olan alanlarda yüzeysel akış miktarı daha fazla iken eğim değeri düşük olan alanlar yüzey sularının biriktiği alanlardır (Waseem vd., 2023). Bu durum eğim değerinin düşük olduğu alanların taşkınlardan daha fazla etkilenmesine neden olmaktadır (Tehrany vd., 2019). Eğim değeri yüzeysel akışa geçen suyun hızı üzerinde belirleyici olmaktadır. Eğim değerinin düşük olduğu alanlarda yüzey suları yavaş hareket ederken, eğim değerinin yüksek olduğu alanlarda yüzey suları daha hızlı hareket etmektedir. Bu durum çalışma alanında olduğu gibi havzaların kaynak noktalarına yakın olan kesimlerindeki eğim değerinin yüksek olduğu alanlardan çok hızlı hareket eden yüksek miktardaki su havzaların ağız kısmına yakın olan ve eğim değerinin daha düşük olduğu alanlarda taşkın duyarlılığının artmasına

neden olmaktadır (Bayazit, 2021). Bu çalışmada eğim değerleri 0-2, 2-6, 6-12, 12-20, 20-30, 30-45 ve 45 derece ve üzeri olmak üzere toplam 7 adet alt sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3).

3.2.3. Yükselti

Taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulmasında kullanılan bir diğer morfometrik parametre yükseltidir. Yükselti, taşkın yayılımı, yüzeysel akış yönü ve taşkın su derinliği üzerinde belirleyici etkiye sahiptir (Karakuş & Ceylan, 2022). Yükselti genellikle eğim ile birlikte değerlendirilmektedir. Çünkü özellikle eğimin az olduğu alçak düzlüklerde taşkın olayları sıkça yaşanmaktadır (Dou vd., 2017). Yükselti ile taşkın arasındaki bu ilişki doğrultusunda çalışma alanın yer aldığı Karadeniz Bölgesi'nde son yıllardaki taşkın olaylarının özellikle akarsuların denize döküldüğü kesimlerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Işık vd., 2020). Bu nedenle çalışmada yükseklik değerleri 0-40, 40-100 ve 100 metre ve üzeri olmak üzere toplam 3 adet alt sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3).

3.2.4. Arazi Kullanımı

Arazi kullanım durumu arazinin sızma kapasitesini belirleyerek taşkın duyarlılığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğundan taşkın duyarlılık haritaları oluşturulurken sıkça kullanılan bir parametredir (Hammami vd., 2019). İnsan faaliyetlerine bağlı olarak bir alandaki arazi kullanım durumu değişebilmektedir (Janizadeh vd., 2021). Bu durum arazilerde meydana gelen yüzeysel akış miktarının da değişmesine neden olmaktadır (Sugianto vd., 2022). Özellikle akarsu yataklarındaki şehirleşmenin artması, tarım ve orman alanlarındaki tahribatin artması gibi yanlış arazi kullanım uygulamaları yüzeysel akış miktarının artmasına neden olmaktadır. Yerleşim alanlarında yüzeysel akış miktarının fazla olması bu alanlardaki taşkın duyarlılığının orman ve çayır alanlarına göre daha yüksek olmasına neden olmaktadır (Samanta vd., 2016). Arazi özellikleri ile taşkınlar arasındaki ilişkiden dolayı bu çalışmada arazi kullanım durumu yapay alanlar, tarımsal alanlar ve orman alanları olmak üzere toplam 3 adet alt sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3).

3.2.5. Bakı

Bakı durumu akarsu havzasının sıcaklık ve yağış değerleri üzerinde belirleyici olarak özellikle küçük havzalarda taşkınların meydana gelmesi üzerinde etkili olmaktadır (Taherizade vd., 2023). Havzaların nemli hava kütlelerine bakan yamaçlarındaki yağış miktarı diğer yamaçlara göre daha fazla olmakta ve bu durum taşkın duyarlılığının artmasına neden olmaktadır. Çalışma alanının yer aldığı Karadeniz Bölgesinde kuzeyli yamaçlar Karadeniz üzerinden gelen nemli hava kütlelerinin etkisiyle bol miktarda yağış almakta ve zeminin neme doymuş olması bu yamaçlardaki yüzeysel akış miktarını ve taşkın duyarlılığını artırmaktadır (Avcı, 2025). Ülkemizin coğrafi konumundan dolayı dağların kuzeye bakan yamaçlarında güneşlenme süresinin kısa olması kar örtüsünün yerde kalma süresinin uzamasına ve toprağın neme doymuş halde kalmasına neden olarak yüzeysel akış miktarını ve taşkın duyarlılığını artırmaktadır (Yurteri, 2024). Ayrıca bakı özellikleri açısından düz ve düze yakın alanlar eğim şartlarından dolayı taşkın duyarlılığının yüksek olduğu alanlardır (Karakuş & Ceylan, 2022, Avcı & Kıranşan, 2022). Bu çalışmada bakı değerleri kuzey, kuzeybatı, kuzeydoğu, doğu, güney, güneydoğu, güneybatı, batı ve düz olmak üzere toplam 9 adet alt sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3).

3.2.6. Litoloji

Arazinin litolojik yapısı da havzanın sızma kapasitesini etkilediğinden dolayı taşkın duyarlılığı üzerinde belirleyici etkiye sahiptir (Zhran vd., 2024). Çatlaklı yapıya sahip olan geçirgen yapılar yüzeye düşen suların yer altına sızmasını sağlayıp yüzeysel akışa geçen su miktarını azaltarak taşkın duyarlılığının azalmasını sağlar. Kristalli yapıya sahip olan arazilerde ise sızma kapasitesinin düşük olması nedeniyle yüzeysel akışa geçen su miktarı fazla olmakta ve taşkın duyarlılığı da artmaktadır (Bonacci vd., 2006). Çalışma alanında yer alan volkano sedimanter kayalarda meydana gelen ayrışma sonucu ortaya çıkan kil yüzeysel akış miktarını ve taşkın duyarlılığını artırmaktadır. Ayrıca Kuvaterner alüvyon depolarının bulunduğu alan da ana akarsu kanalının çevresinde, akarsuyun mansap noktasına yakın düz ve alçak bir alanda yer aldığı için taşkın duyarlılığı yüksektir (Haghizadeh vd., 2025). Çalışmada litolojik yapı Alüvyon (Kuvaterner), Yamaç Molozu (Kuvaterner), Çakıtaşı, Kumtaşı, Çamurtaşı (Pliyosen – Kuvaterner), Tefrit, Bazanit (Miyosen – Pliyosen), Volkanik Sedimanter Kaya (Üst Kretase), Kireçtaşı Sedimanter Kaya (Üst Jura – Alt Kretase) ve Granitoyit (Kretase) olmak üzere toplam 7 adet alt sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3).

3.2.7. Toprak

Toprak tipi ve dokusu arazinin sızma kapasitesi özelliklerini belirleyerek alanın taşkın duyarlılığı üzerinde belirleyici etkiye sahiptir (Nyarko, 2002). Topraktaki sızma oranının artması yüzeysel akış miktarını azaltmaktadır (Baalousha vd., 2023). Sızdırma kapasitesi düşük olan killi arazilerde yüzeysel akışa geçen su miktarı artmakta ve bu durum taşkın duyarlılığının artmasına neden olmaktadır (Ramkar & Yadav, 2021). Bu çalışmada toprak tipi kahverengi podzol, kırmızı podzol ve yüksek dağ çayır toprakları olmak üzere toplam 3 adet alt sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3).

3.2.8. Topografik Nemlilik İndisi (TNİ)

TNİ özellikle son yıllarda taşkın duyarlılık haritalarının hazırlanmasında sıkça kullanılan bir parametredir. TNİ topografik yapının yüzeysel akış üzerindeki etkisini ve akarsu havzasının herhangi bir noktasındaki akış birikim miktarını göstermektedir (Gökçeoğlu vd., 2005). TNİ değeri aşağıdaki denkleme göre hesaplanmaktadır. Formül 3'te yer alan A_s değeri özgül havza alanını, β ise yamaç eğimini ifade etmektedir (Thannoun & İsmael, 2023). Bir alanda akış birikim miktarının artması taşkın duyarlılığını artırmaktadır (Ullah vd., 2024; Avcı & Kıranşan, 2022). Bu çalışmada TNİ değerleri 0-7, 7-9, 9-12, 12-16 ve 16 ve üzeri olmak üzere toplam 5 adet alt sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3).

$$TNİ = \ln\left(\frac{A_s}{\tan\beta}\right) \quad (3)$$

Tablo 3: AHY'de kullanılan kriter, alt kriter ve ağırlık değerleri

| Kriter | Alt Kriter | Ağırlık Değeri | |
|-------------------|--|----------------|--|
| Akarsuya Yakınlık | 0-50 | 0,307 | $\lambda= 9,6$; Consistency Index (CI) = 0,075; Randomness Index (RI) = 1,45 Tutarlılık Oranı (CR= CI/RI) = 0,052 |
| | 50-100 | 0,218 | |
| | 100-150 | 0,154 | |
| | 150-200 | 0,109 | |
| | 200-250 | 0,076 | |
| | 250-500 | 0,053 | |
| | 500-750 | 0,037 | |
| | 750-1000 | 0,026 | |
| | 1000+ | 0,019 | |
| Eğim | 0-2 | 0,352 | $\lambda= 7,2$; Consistency Index (CI) = 0,038; Randomness Index (RI) = 1,32 Tutarlılık Oranı (CR= CI/RI) = 0,029 |
| | 2-6 | 0,257 | |
| | 6-12 | 0,162 | |
| | 12-20 | 0,102 | |
| | 20-30 | 0,063 | |
| | 30-45 | 0,039 | |
| | 45+ | 0,025 | |
| Yükselti | 0-40 | 0,633 | $\lambda= 3,05$; Consistency Index (CI) = 0,028; Randomness Index (RI) = 3,05 Tutarlılık Oranı (CR= CI/RI) = 0,048 |
| | 40-100 | 0,260 | |
| | 100+ | 0,106 | |
| Arazi Kullanımı | Yapay Alanlar | 0,790 | $\lambda= 3,04$; Consistency Index (CI) = 0,021; Randomness Index (RI) = 0,58 Tutarlılık Oranı (CR= CI/RI) = 0,036 |
| | Tarım Alanları | 0,133 | |
| | Ormanlık Alanlar | 0,077 | |
| Bakı | Kuzey | 0,263 | $\lambda= 9,45$; Consistency Index (CI) = 0,056; Randomness Index (RI) = 1,45 Tutarlılık Oranı (CR= CI/RI) = 0,039 |
| | Kuzeybatı | 0,124 | |
| | Kuzeydoğu | 0,124 | |
| | Doğu | 0,046 | |
| | Güney | 0,046 | |
| | Güneydoğu | 0,046 | |
| | Güneybatı | 0,046 | |
| | Batı | 0,066 | |
| | Düz | 0,237 | |
| Litoloji | Alüvon (Kuvaterner) | 0,382 | $\lambda= 7,2$; Consistency Index (CI) = 0,036; Randomness Index (RI) = 1,32 Tutarlılık Oranı (CR= CI/RI) = 0,027 |
| | Çakıltı, Kumtaşı, Çamurtaşı (Pliyosen – Kuaterner) | 0,224 | |
| | Tefrit, Bazanit (Miyosen – Pliyosen) | 0,134 | |
| | Volkanik Sedimanter Kaya (Üst Kretase) | 0,100 | |
| | Granitoyit (Kretase) | 0,077 | |
| | Yamaç Molozu (Kuvaterner) | 0,047 | |
| | Kireçtaşı Sedimanter Kaya (Üst Jura – Alt Kretase) | 0,03 | |
| | | | |
| Toprak | Kahverengi Podzol | 0,633 | $\lambda= 3,05$; Consistency Index (CI) = 0,028; Randomness Index (RI) = 0,58 Tutarlılık Oranı (CR= CI/RI) = 0,048 |
| | Kırmızı Pıdzol | 0,260 | |
| | Yüksek Dağ Çayır Toprakları | 0,106 | |
| TNİ | 16+ | 0,416 | $\lambda= 5,09$; Consistency Index (CI) = 0,023; Randomness Index (RI) = 1,12 Tutarlılık Oranı (CR= CI/RI) = 0,020 |
| | 12-16 | 0,262 | |
| | 9-12 | 0,161 | |
| | 7-9 | 0,099 | |
| | 0-7 | 0,062 | |

Yapılan literatür taramasında özellikle çalışma alanında yakın havzalarda meydana gelen taşkınlar ve taşkın duyarlılık analizi çalışmaları incelenerek havzada taşkınlar üzerinde etkili olan faktörler belirlenmiş ve AHY analizinde kullanılan katmanlara atanan risk değerleri ve katmanların ağırlık değerleri bu faktörler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4: AHY kriterlerine göre atanan risk değerleri ve belirlenen ağırlık değerleri

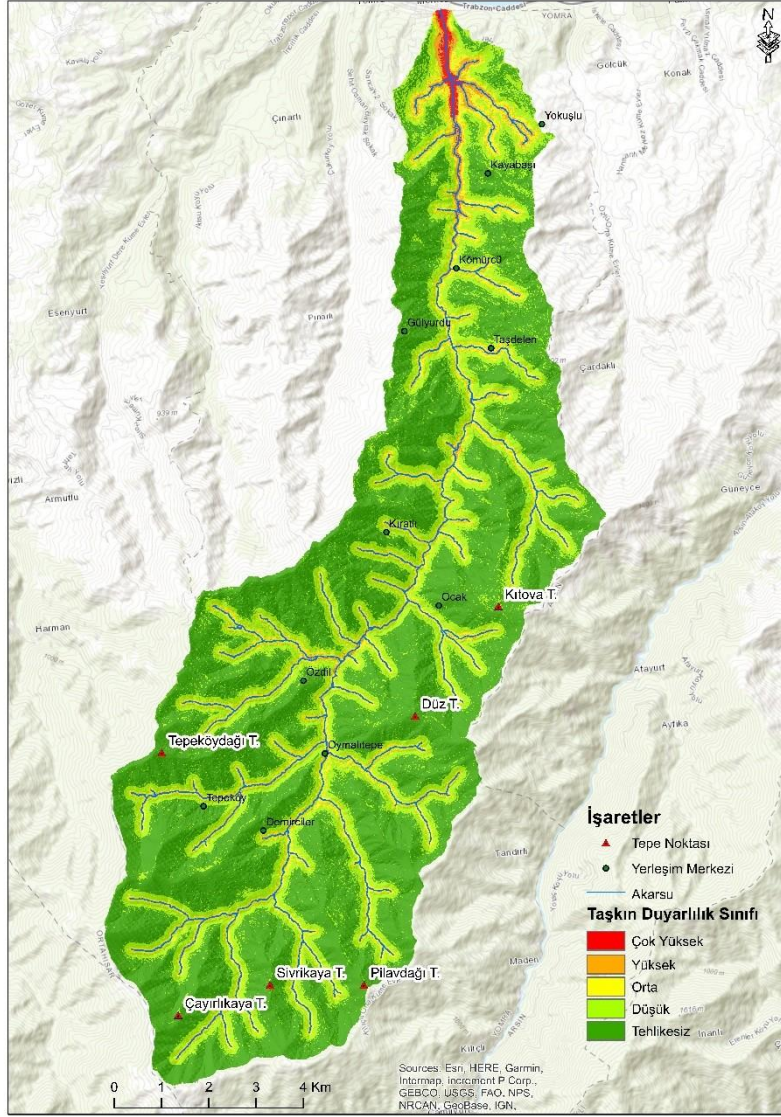
| | Akarsuya Yakınlık | Eğim | Yükselti | Arazi Kullanımı | Jeoloji | Toprak | Bakı | TNİ | Ağırlık |
|--------------------------|-------------------|------|----------|-----------------|---------|--------|------|-----|--------------|
| Akarsuya Yakınlık | 1 | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 9 | 0,319 |
| Eğim | 1/2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 9 | 9 | 0,226 |
| Yükselti | 1/2 | 1/2 | 1 | 2 | 4 | 5 | 8 | 9 | 0,181 |
| Arazi Kullanımı | 1/4 | 1/3 | 1/2 | 1 | 2 | 5 | 6 | 7 | 0,117 |
| Jeoloji | 1/6 | 1/4 | 1/4 | 1/2 | 1 | 3 | 4 | 5 | 0,073 |
| Toprak | 1/8 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 | 2 | 3 | 0,039 |
| Bakı | 1/9 | 1/9 | 1/8 | 1/6 | 1/4 | 1/2 | 1 | 2 | 0,026 |
| TNİ | 1/9 | 1/9 | 1/9 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1/2 | 1 | 0,019 |

3.3. Çalışma Alanına Ait Nüfus Dağılışı Verisinin Oluşturulması

Çalışma alanındaki nüfus dağılışı, Trabzon Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilen ve mesken, kamu, işyeri, diğer vb. kullanım türleri olan yapı verisi, yapıların içerisinde yer alan ikamet, ticari, okul, dini vb. kullanım türleri olan ve inşaatı tamamlanmış olan yapılar içerisindeki birbirinden bağımsız bölümleri gösteren bağımsız bölüm verisi ile Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) resmi internet sitesinde yayınlanan 2024 yılına ait Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verileri kullanılarak belirlenmiştir. Nüfus dağılışı belirlenirken öncelikli olarak çalışma alanı içerisinde yer alan her bir mahalleye ait ikamet amaçlı olarak kullanılan mesken tipindeki bağımsız bölüm sayısı belirlenmiş ve mahalle nüfusu o mahallede yer alan mesken tipindeki bağımsız bölüm sayısına bölünerek her bir mahalle için bağımsız bölüm başına düşen ortalama nüfus belirlenmiştir. Daha sonra her bir yapı içerisinde ikamet amaçlı olarak kullanılan mesken tipindeki bağımsız bölüm sayısına göre her bir yapının nüfusu hesaplanmıştır. Yapı bazlı nüfus verisi elde edildikten sonra yapı verisi ile taşkın duyarlılık haritası çakıştırılarak her bir taşkın duyarlılık sınıfında ikamet eden kişi sayısı belirlenmiştir.

4. Bulgular

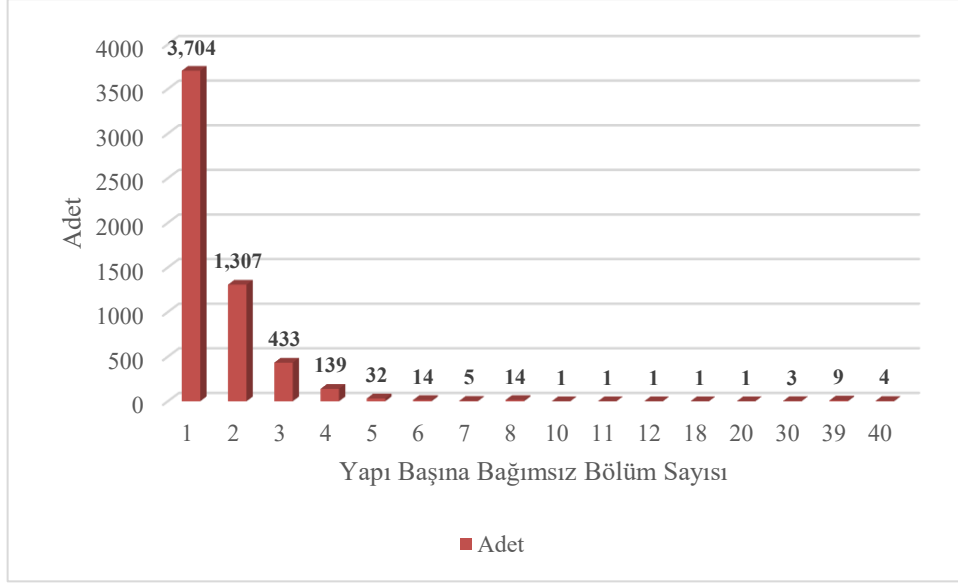
Analitik hiyerarşi yöntemine göre belirlenen taşkın duyarlılık sınıflarına göre havzanın %0,44'lük bölümünün (0,47 km²) çok yüksek, %1,98'lik bölümünün (2,09 km²) yüksek, %13,61'lik bölümünün (14,39 km²) orta, %24,45'lik bölümünün (25,86 km²) düşük ve %59,52'lik bölümünün (62,95 km²) ise tehlikesiz taşkın duyarlılık sınıfında olduğu belirlenmiştir (Şekil 5).



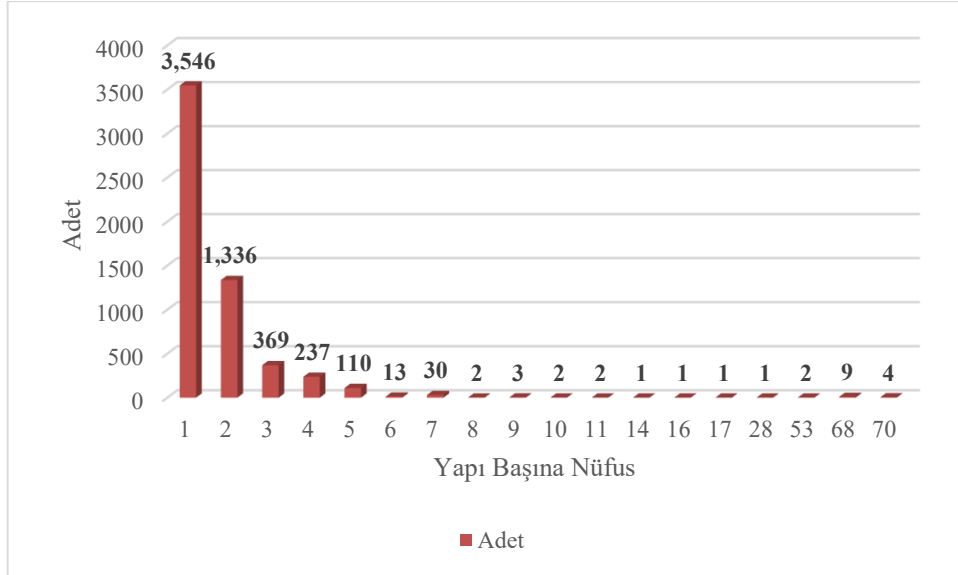
Şekil 5: Çalışma alanına ait taşkın duyarlılık haritası

Taşkın duyarlılığı yüksek ve çok yüksek olan alanların havzanın kuzeyinde Yomra Deresi'nin Karadeniz'e döküldüğü Yomra ilçe merkezinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durumun temel nedeni havzanın bu bölümünde arazinin düz ve düze yakın eğim özelliklerine sahip olması ve yükselti olarak havzanın en alçak bölümüne karşılık gelmesidir. Doğu Karadeniz Bölümünde meydana gelen taşkınlar, kaynağını yüksek sahalardan alan akarsuların aşağı kesimlerinde şiddetli yağışlar sırasında debilerinin yükselmesi nedeni ile oluşmaktadır (Avcı, 2025). Eğim ve yükselti değerlerinin düşük olması bu bölümde Yomra Deresi'nin akış hızını azaltarak taşkın duyarlılığının yüksek olmasına neden olmaktadır. Taşkın duyarlılığının çok yüksek olduğu alanlar aynı zamanda havzada TNİ değerlerinin de en yüksek olduğu alanlardır. Ayrıca bu alanlar arazi kullanım haritasına göre yapay alanlar sınıfında yer almaktadır. Yapay alanlar, insan etkisi ile oluşturulan ve toprak örtüsünün geçirimsiz yüzeylerle kaplanarak yüzeye düşen suların akış miktarının artırılmasına neden olarak taşkın duyarlılığının yükselmesine neden olmaktadır. Ayrıca yapay alanlar yerleşim, ticaret vb. beşeri faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı alanlar olmasından dolayı bu bölümlerde meydana gelen taşkınların neden olduğu can ve mal kaybı miktarı diğer arazi kullanım sınıflarına göre daha yüksek olmaktadır.

Havzada yer alan 6.471 adet yapıdan 5.669 adetinde ikamet amaçlı kullanılan mesken tipindeki bağımsız bölüm sayısı 1 veya daha fazla olduğu için nüfus dağılım hesaplamalarında 5.669 adet yapı kullanılmıştır. 5.669 adet yapı içerisinde toplam 9.236 adet bağımsız bölüm bulunmakta ve yapı başına bağımsız bölüm sayısı 1 – 40 arasında değişmektedir (Şekil 6). Bunun yanında bağımsız bölüm başına düşen nüfus miktarı da yerleşim biriminin nüfusuna bağlı olarak 1 – 2 arasında, yapı başına düşen nüfus ta bağımsız bölüm sayısı ve bağımsız bölüm başına düşen nüfusa bağlı olarak 1 – 70 arasında değişmektedir (Şekil 7).

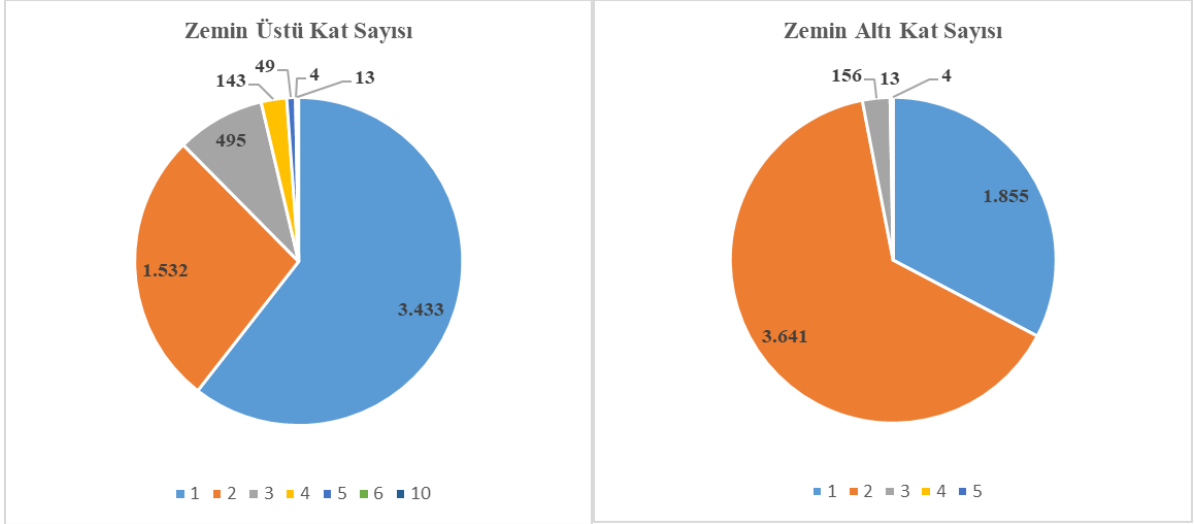


Şekil 6: Çalışma alanında yapı başına düşen bağımsız bölüm sayısı grafiği



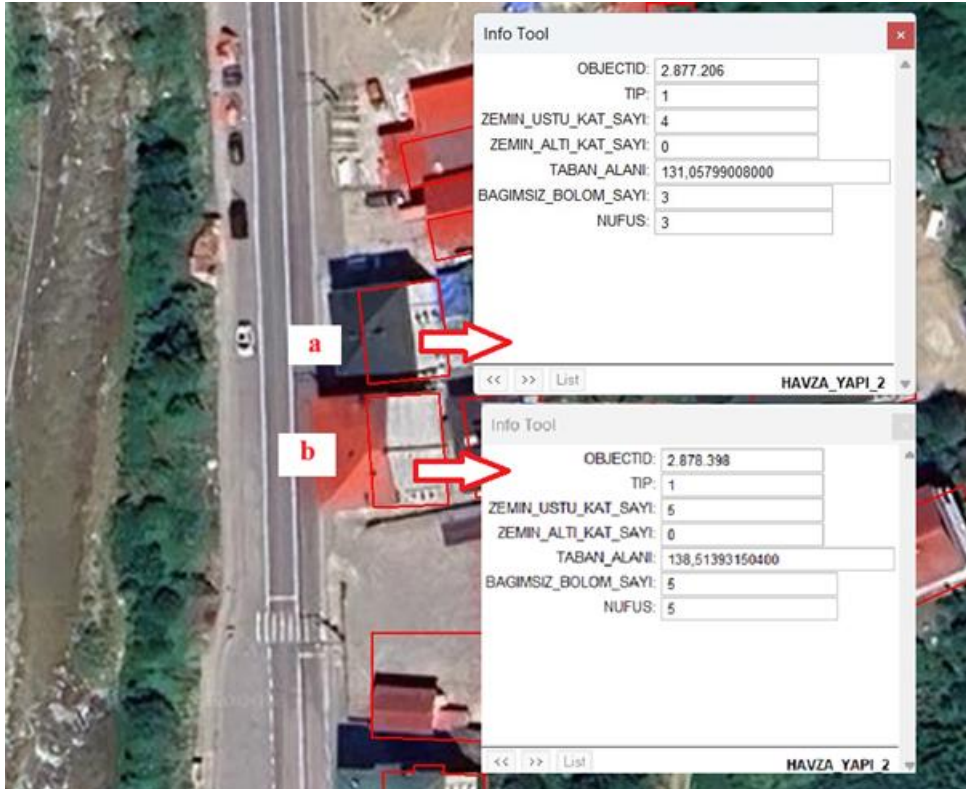
Şekil 7: Çalışma alanında yapı başına düşen nüfus grafiği

Yapılarda ikamet amaçlı kullanılan mesken tipli bağımsız bölüm sayısı kadar yapının zemin altı ve zemin üstü kat sayısı da taşkın maruziyeti üzerinde önemli rol oynamaktadır. 5.669 adet yapı içerisinde zemin üstü kat sayısı 1 – 10 arasında, zemin altı kat sayısı da 1 – 5 arasında değişmektedir (Şekil 8).



Şekil 8: Çalışma alanındaki yapıların zemin üstü kat sayısı ve zemin altı kat sayısı dağılım grafiği

Çalışmada nüfus dağılımını belirlemek için kullanılan yöntem, taban alanları birbirine yakın olan yapılarda ikamet eden kişi sayısının farklı olabileceğini göstermektedir. Şekil 9'da yer alan örnekte olduğu gibi A yapısı ile B yapısının taban alanları birbirine yakın olmasına rağmen A yapısının zemin üstü kat sayısı 4, B yapısının zemin üstü kat sayısı 5'tir. Zemin üstü kat sayılarının farklı olmasına bağlı olarak A yapısındaki bağımsız bölüm sayısı 3, B yapısındaki bağımsız bölüm sayısı 5 tir. Bir yapıdaki bağımsız bölüm sayısı o yapıda ikamet eden nüfusu doğrudan etkilediği için A yapısında ikamet eden nüfus 3, B yapısında ikamet eden nüfus 5 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9: Çalışmada kullanılan yapı verisi

Tablo 5: Taşkın duyarlılık sınıfına göre yapı, bağımsız bölüm ve nüfus miktarı

| Taşkın Duyarlılık Sınıfı | Yapı Sayısı | | Bağımsız Bölüm Sayısı | | Nüfus | |
|--------------------------|--------------|-------|-----------------------|-------|--------------|-------|
| | Sayı | Oran | Sayı | Oran | Sayı | Oran |
| Çok Yüksek | 96 | 1,7% | 810 | 8,8% | 1.217 | 12,6% |
| Yüksek | 138 | 2,4% | 248 | 2,7% | 214 | 2,2% |
| Orta | 883 | 15,6% | 1.569 | 17,0% | 1.769 | 18,3% |
| Düşük | 3.616 | 63,8% | 5.514 | 59,7% | 5.585 | 57,7% |
| Çok Düşük | 936 | 16,5% | 1.095 | 11,9% | 895 | 9,2% |
| Toplam | 5.669 | | 9.236 | | 9.680 | |

Yomra Deresi Havzası'nda yer alan ve içerisinde ikamet amaçlı kullanılan mesken tipli bağımsız bölümlerin yer aldığı toplam yapı sayısı 5.669 ve bu yapılardan 936 adeti (%16,5) çok düşük, 3.616 adeti (%63,8) düşük, 883 adeti (%15,6) orta, 138 adeti (%2,4) yüksek ve 96 adeti (%1,7) çok yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer almaktadır (Tablo 5).

Çalışma alanında ikamet amaçlı olarak kullanılan mesken tipindeki bağımsız bölüm sayısı 9.236 ve bu bağımsız bölümlerden 1.095 adeti (%11,9) çok düşük, 5.514 adeti (%59,7) düşük, 1.569 adeti (%17) orta, 248 adeti (%2,7) yüksek ve 810 adeti (%8,8) çok yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer almaktadır (Tablo 5).

Yapılan hesaplamalar sonucunda Yomra Deresi Havzası'ndaki nüfusun 9.680 kişi olduğu ve 895 kişinin (%9,2) çok düşük, 5.585 kişinin (%57,7) düşük, 1.769 kişinin (%18,3) orta, 214 kişinin (%2,2) düşük ve 1.217 kişinin (%12,6) çok yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer alan yapı ve bağımsız bölümlerde ikamet ettiği belirlenmiştir (Tablo 5).

Çok yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer alan yapı sayısının toplam yapı sayısının %1,7'sini oluşturmasına rağmen, taşkın tehlikesi altında bulunan alanlarda yaşayan nüfusun toplam nüfusun %12,6'sını oluşturması taşkın duyarlılığının çok yüksek olduğu Yomra ilçe merkezinde Yomra Deresi'nin ana kanalı çevresinde çok sayıda yüksek katlı yapının yer almasından kaynaklanmaktadır.

5. Sonuç ve Tartışma

Küresel iklim değişikliği ve nüfus artışına bağlı olarak taşkınların sayısında sıklığında meydana gelen artış taşkın tehlikesine maruz kalan nüfus miktarının artmasına neden olmaktadır. Taşkın sayısında meydana gelen artış küresel ve bölgesel çapta taşkın maruziyeti konusunda yapılan çalışmaların da sayı ve çeşitlerinin artmasını sağlamaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde maruziyet konusunda yapılan çalışmalar genellikle çalışma alanı olarak seçilen bölgenin taşkın duyarlılık durumunu gösteren haritaların hazırlanması ve bu haritaların çeşitli ölçeklerde ve farklı veri kaynaklarından elde edilen nüfus dağılışı verisi ile karşılaştırılması esasına dayanmaktadır (Bernhofen vd., 2021; Ahmed vd., 2024; Boulitif vd., 2024; Smith vd., 2019).

Bu çalışmada çalışma alanı olarak seçilen Yomra Deresi Havzası'nın taşkın duyarlılığı Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile belirlenmiştir. Çalışma alanında taşkın duyarlılığı üzerinde etkili olan faktörler belirlenirken özellikle Türkiye'de taşkınların ek sık yaşandığı havzalardan birisi olan ve çalışma alanının yer aldığı Doğu Karadeniz Havzası'nda yapılan taşkın duyarlılık analizleri ve havzada daha önce meydana gelen taşkınlar değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda çalışma alanında meydana gelen taşkınlar üzerinde en fazla etkili olan faktörlerin akarsuya yakınlık, eğitim ve yükselti olduğu belirlenmiştir.

Taşkın öncesi yapılacak olan tahliye, taşkın sırasında yapılacak olan kurtarma ve taşkın sonrasında yapılacak olan iyileştirme çalışmalarına katkı sağlamak amacıyla yapılan maruziyet hesaplamalarının doğruluğu açısından nüfus dağılışı verisinin ölçęği hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada çalışma alanına ait taşkın duyarlılık haritası oluşturulduktan sonra dasimetrik yöntem ile havzadaki nüfus dağılışı verisi ortaya konulmuştur. Nüfus dağılışı verisi elde edilirken literatürde kullanılan nüfus dağılışı verilerinden daha yüksek çözünürlükte bir veri elde edebilmek için mahalle bazlı nüfus miktarı ve yapı verisi kullanılmış ve havzada yer alan ve ikamet amaçlı kullanılan her bir yapının nüfusu hesaplanmıştır. AHY ile üretilen taşkın duyarlılık haritası ve nüfus dağılışı verisinin karşılaştırılması sonucunda çalışma alanında ikamet eden 9.680 kişiden 1.217'sinin (%12,6) çok yüksek, 214'ünün (%2,2) yüksek, 1.769'unun (%18,3) orta, 5.585'inin (%57,7) düşük ve 895'inin (%9,2) de çok düşük taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

Bu çalışma belediye gibi yerel yönetim birimlerinin coğrafi bilgi sistemleri aracılığı ile elde ettikleri coğrafi verilerin taşkın yönetimi çalışmalarında kullanılmasının önemini ortaya koymaktadır. Kullanılan yapı ve bağımsız bölüm verilerinin sahip olduğu tip, kat sayısı gibi öz nitelik bilgileri nüfusun taşkın maruziyetinin hesaplanması dışında altyapı gibi farklı alanlarda da taşkın maruziyeti çalışmalarında bu verilerin güvenilir veri kaynakları olduğunu göstermektedir. Ayrıca Mekânsal Adres Kayıt Sistemi'nin (MAKS) sahip olduğu özellikler daha sonra yapılacak olan maruziyet çalışmaları için nüfusun yaş, cinsiyet vb. niteliklerine göre de analiz yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Kaynaklar

- Ahmed, R., Jarin, N. Z., & Rahman, O. (2024). Spatiotemporal Dynamics of Flood Exposure in Bangladesh: A GIS and Remote Sensing Based Approach. In B. Biswas & B. B. Ghute (Eds.), *Flood Risk Management Assessment and Strategy* (pp. 1–22). Springer Nature.
- Anadolu Ajansı. (2019). 30 Temmuz 2025'te <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/trabzonda-saganak-nedeniyle-yol-coktu/1511275> adresinden alındı.
- Anadolu Ajansı. (2024). 30 Temmuz 2025'te <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/trabzonda-saganak-etkili-oldu/3336086> adresinden alındı.
- Avcı, V. (2025). *Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Analizi (1955–2022)*. Özgür Yayınları.
- Avcı, V., & Kıranşan, K. (2022). Analitik hiyerarşi süreci (AHS) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile Bingöl Merkez İlçe'nin taşkın duyarlılık analizi. In B. Dülek (Ed.), *Sosyal, beşeri ve idari bilimler alanında uluslararası araştırmalar VII* (ss. 45–69). Eğitim Yayınevi.
- Avcı, V., & Ünsal, Ö. (2023). A morphometric approach to Bozkurt (Kastamonu-Türkiye) flood. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(2), 216–239. <https://doi.org/10.21324/dacd.1210797>
- Baalousha, H. M., Younes, A., Yassin, M. A., & Fahs, M. (2023). Comparison of the fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP) and fuzzy logic for flood exposure risk assessment in arid regions. *Hydrology*, 10(7), Article 136. <https://doi.org/10.3390/hydrology10070136>.
- Balk, D. L., Deichmann, U., Yetman, G., Pozzi, F., Hay, S. I., & Nelson, A. (2006). Determining global population distribution: methods, applications and data. *Advances in parasitology*, 62, 119–156. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(05\)62004-0](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(05)62004-0)
- Bayazıt, Y. (2021). Bilecik İlindeki Şehirleşmenin Taşkın Riski Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 217–227. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.877539>
- Bernhofen, M. V., Trigg, M. A., Sleigh, P. A., Sampson, C. C., & Smith, A. M. (2021). Global flood exposure from different sized rivers. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(9), 2829–2847. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-2829-2021>
- Bertsch, R., Glenis, V., & Kilsby, C. (2022). Building level flood exposure analysis using a hydrodynamic model. *Environmental Modelling & Software*, 156, Article 105490. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105490>
- Bonacci, O., Ljubenkovic, I., Roje-Bonacci, T., (2006). Karst flash floods: an example from the Dinaric karst (Croatia). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 195–203. <https://doi.org/10.5194/nhess-6-195-2006>
- Boultif, M., Kheloufi, B., Hachemi, A. & Mimeche, L. (2024). GIS-Based Multi-criteria Decision-Making Techniques and Analytical Hierarchical Process for Flash Flood Risk Assessment Due to a Possible Dam Break in Urban Arid Environment: Case Study of Biskra City, Southern Algeria. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 52, 1085–1097.
- Coşkun, M., & Ortaç, G. (2022). Filyos Çayı Havzası'nın (Karabük Merkez İlçe-Gökçebe) Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemiyle Taşkın Risklerinin Belirlenmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 27(47), 15–27.
- Das, Sumit. (2018). Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, Article 576. <https://doi.org/10.1007/s12524-024-01860-y>
- Dou, X., Song, J., Wang, L., Tang, B., Xu, S., Kong, F. & Jiyang, X. (2017). Flood risk assessment and mapping based on a modified multiparameter flood hazard index model in the Guanzhong Urban Area, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32, 1131–1146. <https://doi.org/10.1007/s00477-017-1429-5>
- De Moel, H., Aerts, J. C., & Koomen, E. (2011). Development of flood exposure in the Netherlands during the 20th and 21st century. *Global Environmental Change*, 21(2), 620–627. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.12.005>
- Dey, H., Shao, W., Haque, M. M., & VanDyke, M. (2024). Enhancing Flood Risk Analysis in Harris County: Integrating Flood Susceptibility and Social Vulnerability Mapping. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 8(1), Article 19. <https://doi.org/10.1007/s41651-024-00181-5>
- Dhieb, M. (2022). A Bivariate Dasymetric Population Map of Saudi Arabia. *Current Urban Studies*, 10(4), 673–696.
- Duman, N., & İrcan, M. R. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı Çankırı Merkez ilçesinin taşkın duyarlılık analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 9, 50–66. <https://doi.org/10.46453/jader.1165963>
- Dursun, Y. (2022). *Coğrafi bilgi sistemi ile taşkın risk analizi: Osmaneli/Bilecik örneği* [Yüksek lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Ertan, A., Özelkan, E., & Karaman, M. (2021). Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Sel ve Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Çanakkale Karamenderes Havzası Örneği. *Journal of Research in Atmospheric Science*, 3(2), 1–9.
- Gerger, R., & Tanrıverdi, M. (2018, 17–19 Ekim). *Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok ölçütlü karar analizi ile Şanlıurfa il merkezinin taşkın alanlarının belirlenmesi* [Konferans bildirisi]. 7. Uzaktan Algılama & CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2018), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Ghosh, A., & Kar, S. K. (2018). Application of analytical hierarchy process (AHP) for flood risk assessment: a case study in Malda district of West Bengal, India. *Natural Hazards*, 94(1), 349–368. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3392-y>
- Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Nefiseoğlu, H. A., Duman, T. Y. & Can, T. (2005). The 17 March 2005 Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity. *Engineering Geology*, 81, 65–83.
- Haghizadeh, A., Fathiganji, R., Sohrabi, E., Lotfi, A., & Ghasemi, L. (2025). A framework for flood risk zoning and prioritization combining maximum entropy and game theory. *Scientific Reports*, 15(1), Article 24153. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-08220-x>
- Hamidi, A. R., Jing, L., Shahab, M., Azam, K., Atiq Ur Rehman Tariq, M., & Ng, A. W. (2022). Flood exposure and social vulnerability analysis in rural areas of developing countries: An empirical study of Charsadda District, Pakistan. *Water*, 14(7), Article 1176. <https://doi.org/10.3390/w14071176>
- Hammami, S., Zouhri, L., Souissi, D., Souei, A., Zghibi, A., Marzougui, A., & Dlala, M. (2019). Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, 12(21), Article 653. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4754-9>

- He, B., Gilligan, J. M., & Camp, J. V. (2024). Incorporating spatial autocorrelation in dasymetric mapping: A hierarchical Poisson spatial disaggregation regression model. *Applied Geography*, 169, Article 103333. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2024.103333>
- Hosseini, F. S., Choubin, B., Mosavi, A., Nabipour, N., Shamshirband, S., Darabi, H., & Haghighi, A. T. (2020). Flash-flood hazard assessment using ensembles and Bayesian-based machine learning models: Application of the simulated annealing feature selection method. *Science of The Total Environment*, 711, Article 135161. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135161>
- Işık, F., Bahadır, M., Zeybek, H. İ., & Çağlak, S. (2020). Karadere Çayı Taşkını (Araklı-Trabzon). *Mavi Atlas*, 8(2), 526–547.
- Islam, A., Ghosh, S., & Sarkar, M. (2024). Assessing livelihood vulnerability of rural communities in the wake of recurrent tropical flood hazards in India. *Natural Hazards*, 121, 677–704. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06847-z>
- Janizadeh, S., Pal, S. C., Saha, A., Chowdhuri, I., Ahmadi, K., Mirzaei, S., Mosavi, A. H., & Tiefenbacher, J. P. (2021). Mapping the spatial and temporal variability of flood hazard affected by climate and land-use changes in the future. *Journal of Environmental Management*, 298, Article 113551. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113551>
- Karakoca, E., & Ünver, A. (2024). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak Eşen Çayı Havzası'nda taşkın riski değerlendirmesi ve haritalandırılması. *Geomatik*, 10(1), 127–143. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1542251>
- Karakuş, C. B., & Ceylan, Ş. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Taşkın Tehlike Haritalaması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(4), 1155–1173. <https://doi.org/10.21923/jesd.1049464>
- Kaya, Ç. M. (2022). Taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulmasında kullanılan yöntemler. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 3(2), 191–209. <https://doi.org/10.48123/rsgis.1129606>
- Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (1987). *Türkiye Büyük Toprak Grupları Haritası*. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Köse, M., Tate, N., & Tansely, K. (2017). İkili eşleme ve hacimsel nüfus tahmini teknikleri kullanarak nüfus dağılımının haritalanması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(2), 339–363.
- Kuruüzüm, A., & Atsan, N. (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1, 83–105.
- Kuşcu, İ., & Özdemir, H. (2023). Taşkın duyarlılık analizinde kullanılan parametreler üzerine bir değerlendirme. *Türk Coğrafya Dergisi* (84), 67–83. <https://doi.org/10.17211/tcd.1345962>
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2025). *1/25.000 Ölçekli G43b1, G43b2, G43b3, G43b4 Jeoloji Haritaları*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024). *Trabzon İklim Sınıflandırması*. 20 Temmuz 2025'te <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=TRABZON> adresinden alındı.
- Mohanty, M. P., & Simonovic, S. P. (2021). Understanding dynamics of population flood exposure in Canada with multiple high-resolution population datasets. *Science of The Total Environment*, 759, Article 143559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143559>
- Nyarko, B. K. (2002). Application of a rational model in GIS for flood risk assessment in Accra, Ghana. *Journal of Spatial Hydrology*, 2, 1–14.
- Ortakavak, Z., Çabuk, S. N., Cetin, M., Senyel Kurkcuoglu, M. A., & Cabuk, A. (2020). Determination of the nighttime light imagery for urban city population using DMSP-OLS methods in Istanbul. *Environmental monitoring and assessment*, 192(12), Article 790. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08735-y>
- Özelkan, E., & Eren, E. (2024). Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi Kullanarak Çanakkale-Kepez Beldesi Sel ve Taşkın Risk Analizi. *Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi*, 5(2), 123–137.
- Özşahin, E., & Kaymaz, Ç. K. (2013). Taşkın Riskinin Değerlendirmesine Bir Örnek: Amik Ovası Taşkınları. *Electronic Turkish Studies*, 8(8), 2021–2039. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.4785>
- Pala, O. N., Daloglu Cetinkaya, I., & Yazar, M. (2025). Urban Flood Exposure and Vulnerability: Insights From Pendik District of Istanbul. *Journal of Flood Risk Management*, 18(1), Article e70000. <https://doi.org/10.1111/jfr3.70000>
- Pambuku, A., Elia, M., Gardelli, A., Giannico, V., Sanesi, G., Bergantino, A. S., Intini, M., & Laforteza, R. (2024). Assessing urbanization dynamics using a pixel-based nighttime light indicator. *Ecological Indicators*, 166, Article 112486. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112486>
- Pant, R., Thacker, S., Hall, J. W., Alderson, D., & Barr, S. (2018). Critical infrastructure impact assessment due to flood exposure. *Journal of Flood Risk Management*, 11(1), 22–33. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12288>
- Papilloud, T., Röthlisberger, V., Loreti, S., & Keiler, M. (2020). Flood exposure analysis of road infrastructure—Comparison of different methods at national level. *International journal of disaster risk reduction*, 47, Article 101548. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101548>
- Park, J. (2020, September 15–18). *Estimating hourly population distribution patterns at high spatiotemporal resolution in urban areas using geo-tagged tweets and dasymetric mapping* [Conference presentation]. 11th International Conference on Geographic Information Science, Poznań, Poland.
- Pathan, A. I., Girish Agnihotri, P., Said, S., & Patel, D. (2022). AHP and TOPSIS based flood risk assessment—a case study of the Navsari City, Gujarat, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(7), Article 509. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10111-x>
- Peng, Z., Wang, R., Liu, L., & Wu, H. (2020). Fine-scale dasymetric population mapping with mobile phone and building use data based on grid voronoi method. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(6), Article 344. <https://doi.org/10.3390/ijgi9060344>
- Perazzini, S., Gnecco, G., & Pammolli, F. (2024). A catastrophe model approach for flood risk assessment of Italian municipalities. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06060-y>
- Qiang, Y. (2019). Flood exposure of critical infrastructures in the United States. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 39, Article 101240. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101240>
- Ramkar, P., & Yadav, S. M. (2021). Flood risk index in data-scarce river basins using the AHP and GIS approach. *Natural Hazards*, 109(1), 1119–1140. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04871-x>
- Rentschler, J., Sahlhab, M., & Jafino, B. A. (2022). Flood exposure and poverty in 188 countries. *Nature communications*, 13(1), Article 3527. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30727-4>

- Saat, M. (2000). Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2, 149-162.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Comp.
- Saha, G., Kabir, M. N., Islam, M. S., Khandaker, A., & Chowdhury, P. (2024). Flash flood potential risk zonation mapping using GIS-based spatial multi-index model: a case study of Sunamganj District, Bangladesh. *Arabian Journal of Geosciences*, 17(3), Article 100. <https://doi.org/10.1007/s12517-024-11907-6>
- Samanta, S., Koloa, C., Kumar Pal, D., & Palsamanta, B. (2016). Flood risk analysis in lower part of Markham river based on multi-criteria decision approach (MCDA). *Hydrology*, 3(3), Article 29. <https://doi.org/10.3390/hydrology3030029>
- Smith, A., Bates, P. D., Wing, O., Sampson, C., Quinn, N., & Neal, J. (2019). New estimates of flood exposure in developing countries using high-resolution population data. *Nature communications*, 10(1), Article 1814. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09282-y>
- Stefanidis, S., Alexandridis, V., & Theodoridou, T. (2022). Flood exposure of residential areas and infrastructure in Greece. *Hydrology*, 9(8), Article 145. <https://doi.org/10.3390/hydrology9080145>
- Stefanidis, S., & Stathis, D. (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Natural hazards*, 68(2), 569–585. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0639-5>
- Sugianto, S., Deli, A., Miswar, E., Rusdi, M., & Irham, M. (2022). The effect of land use and land cover changes on flood occurrence in Teunom Watershed, Aceh Jaya. *Land*, 11(8), Article 1271. <https://doi.org/10.3390/land11081271>
- Sun, P., Entress, R., Tyler, J., Sadiq, A. A., & Noonan, D. (2023). Critical public infrastructure underwater: the flood hazard profile of Florida hospitals. *Natural Hazards*, 117(1), 473–489. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05869-3>
- Swain, D. L., Wing, O. E., Bates, P. D., Done, J. M., Johnson, K. A., & Cameron, D. R. (2020). Increased flood exposure due to climate change and population growth in the United States. *Earth's Future*, 8(11), Article e2020EF001778. <https://doi.org/10.1029/2020EF001778>
- Şanlı, B., Can, M., & Aslan, S. T. (2025). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Taşkın Riskinin Tespiti: Bursa İli İnegöl İlçesi Kalbur Deresi Örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1), 167–186. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1625180>
- Tanoue, M., Hirabayashi, Y., & Ikeuchi, H. (2016). Global-scale river flood vulnerability in the last 50 years. *Scientific Reports*, 6, Article 36021. <https://doi.org/10.1038/srep36021>
- Taherizadeh, M., Niknam, A., Nguyen-Huy, T., Mezösi, G., & Sarli, R. (2023). Flash flood-risk areas zoning using integration of decision-making trial and evaluation laboratory, GIS-based analytic network process and satellite-derived information. *Natural Hazards*, 118(3), 2309–2335. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06089-5>
- Taş, M. A., & Yanık, M. E. (2022). Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahs) Metodu İle Behzat Deresi (Tokat) Havzası Taşkın Risk Analizi. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 185–199. <https://doi.org/10.46790/erzisosbil.1221464>
- Tate, E., Rahman, M. A., Emrich, C. T., & Sampson, C. C. (2021). Flood exposure and social vulnerability in the United States. *Natural Hazards*, 106(1), 435–457. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04470-2>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). *Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı*. 15 Haziran 2025'te https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Y%C3%B6netim%20Planlar%C4%B1%2026.12.2022/DOGU_KARADENIZ_HAVZASI_Taskin_Yonetim_Planı.pdf adresinden alındı.
- Tehrany, M. S., Jones, S., Shabani, F., Martínez-Álvarez, F., & Tien Bui, D. (2019). A novel ensemble modeling approach for the spatial prediction of tropical forest fire susceptibility using LogitBoost machine learning classifier and multi-source geospatial data. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(1), 637–653. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2628-9>
- Thannoun, R. G., & Ismaeel, O. A. (2023, December 13–15). *Flood risk vulnerability detection based on the developing topographic wetness index tool in geographic information system*. [Conference presentation]. 3rd Scientific Conference of Iraqi Desert Geology, Ramadi, Iraq.
- Thomas, B. E. O., Roger, J., Gunnell, Y., & Ashraf, S. (2023). A method for evaluating population and infrastructure exposed to natural hazards: tests and results for two recent Tonga tsunamis. *Geoenvironmental disasters*, 10(1), Article 4. <https://doi.org/10.1186/s40677-023-00235-8>
- Ullah, N., Tariq, A., Qasim, S., Panezai, S., Uddin, M. G., Abdullah-Al-Wadud, M., & Ullah, S. (2024). Geospatial analysis and AHP for flood risk mapping in Quetta, Pakistan: a tool for disaster management and mitigation. *Applied Water Science*, 14(11), Article 236. <https://doi.org/10.1007/s13201-024-02293-1>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2017). *The Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction. "Exposure"*. 21 Haziran 2025'te <https://www.undrr.org/terminology/exposure> adresinden alındı.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2020). *Human Cost of Disasters An Overview of the Last 20 Years*. 10 Eylül 2025'te <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019> adresinden alındı.
- Ünal, A., Çamcı, K. G., & Tonyaloğlu, E. E. (2022). Çok kriterli karar analizi ile doğal afetlerde haritalama: Aydın ili sel-taşkın riski örneği. *Uludağ Uluslararası Çalışmalar Dergisi*, 6(2), 136–150.
- Vinay, S., Manideep, D. S., Yeshwanth, P., & Saishivaram, C. H. (2022, May 30–June 1). *Simulating flood exposure due to meteorological extremes in GWMC* [Conference presentation]. International Conference on River Corridor Research and Management, Singapur.
- Waseem, M., Ahmad, S., Ahmad, I., Wahab, H., & Leta, M. K. (2023). Urban flood risk assessment using AHP and geospatial techniques in swat Pakistan. *SN Applied Sciences*, 5(8), Article 215. <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05445-1>
- Yılmaz, E. & Çiçek, İ. (2016). Thornthwaite climate classification of Turkey Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973–3994.
- Yılmaz, E. & Çiçek, İ. (2018). Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri Detailed Köppen-Geiger Climate Regions of Turkey. *International Journal of Human Sciences*, 15(1), 2458–9489.
- Yurteri, C. (2024). Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Ortamında Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) Yöntemi Kullanılarak Taşkın Risk Analizi: Karabük İli Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 12(2), 298–318. <https://doi.org/10.21923/jesd.1438999>
- Yüksek, Ö., Kankal, M. & Üçüncü, O. (2013) Assessment of big floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 797–814. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2592-2>

- Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2024). Shannon Entropi (SE) ve AHP Metoduyla Artvin (Arhavi) Kapisre Taşkınının İncelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29(2), 611–631. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1395065>
- Zhang, M., Zhai, G., He, T., & Wu, C. (2023). A growing global threat: Long-term trends show cropland exposure to flooding on the rise. *Science of The Total Environment*, 899, Article 165675. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165675>
- Zhran, M., Ghanem, K., Tariq, A., Alshehri, F., Jin, S., Das, J., Pande, C. B., Pramanik, M., Ben Hasher, F. F., & Mousa, A. (2024). Exploring a GIS-based analytic hierarchy process for spatial flood risk assessment in Egypt: A case study of the Damietta branch. *Environmental Sciences Europe*, 36(1), Article 184. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-01001-9>