

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak Taşkına Duyarlı Alanların Belirlenmesi: Manisa İli Örneği

Determination of Flood-Prone Areas Using Geographic Information Systems and Analytical Hierarchy Method: A Case Study of Manisa Province

Cansu YURTERİ^{1*} 

Öz

Sunulan çalışmada, ani ve yoğun yağışlar nedeniyle sıklıkla taşkın olaylarına maruz kalan Manisa ilinin taşkın riski taşıyan bölgelerinin belirlenmesi ve haritalanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak Manisa ili için taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir. Çalışma alanının taşkın duyarlılığı hidro-jeomorfolojik özelliklere göre seçilen 9 kriter özelinde analiz edilmiştir. Seçilen kriterler arasında eğim, bakı, akarsuya uzaklık, yağış, arazi kullanımı/arazi örtüsü, yükselti, jeoloji, toprak ve drenaj yoğunluğu yer almaktadır. Değerlendirilen her bir kriterin alt sınıfları önem derecelerine göre ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırılmış kriterler daha sonra ArcGIS 10.8'de ağırlıklı toplam tekniği kullanılarak CBS ortamına entegre edilmiş ve çalışma alanının taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir. Manisa ili özelinde türetilen model haritaya göre taşkına duyarlı alanlar çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük duyarlılık bölgeleri olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır. CBS ortamında AHY teknikleri ile oluşturulan model haritaya göre, alanın 904,6 km²'si (%6,8) ve 2333,4 km²'si (%16,8) sırasıyla çok yüksek ve yüksek taşkına duyarlı bölgeler olarak sınıflandırılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada elde edilen bulguların, Manisa ilinde taşkın yönetim planlarının geliştirilmesinde ve gelecekte bölgede yaşanması olası taşkınların azaltılmasına yönelik sürdürülebilir yönetim stratejilerinin belirlenmesinde araştırmacılara, karar vericilere ve planlamacılara yön gösterici olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Coğrafi Bilgi Sistemi, Çok Kriterli Karar Verme, Risk azaltma, Taşkın duyarlılık, Manisa.

Abstract

The study aims to identify and map the flood risk areas of Manisa province, which is frequently exposed to flood events due to sudden and heavy rainfall. In this context, a flood susceptibility map for the province of Manisa was produced using the Analytic Hierarchy Process (AHP), one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, within a Geographic Information Systems (GIS) environment. The flood susceptibility of the study area was analyzed based on nine criteria selected according to its hydro-geomorphological characteristics. The selected criteria include slope, aspect, distance to river, precipitation, land use/land cover, elevation, geology, soil and drainage density. The sub-classes of each evaluated criterion were weighted according to their degree of importance. The weighted criteria were then integrated into the GIS environment using the weighted sum technique in ArcGIS 10.8, and the flood susceptibility map of the study area was produced. According to the model map derived specifically for the province of Manisa, the flood-sensitive areas are divided into five classes: very high, high, moderate, low, and very low susceptibility zones. Based on the model map created with AHP techniques in a GIS environment, 904,6 km² (6,8%) and 2333,4 km² (16,8%) of the area were classified as very high and high flood-susceptible regions, respectively. It is believed that the findings obtained in this research will guide researchers, decision-makers, and planners in developing flood management plans in the province of Manisa and in determining sustainable management strategies to reduce potential future floods in the region.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Geographic Information System, Multi-Criteria Decision Making, Risk mitigation, Flood susceptibility, Manisa.

¹İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: cansu.yurteri@yahoo.com

Geliş/Received: 14.05.2025

Kabul/Accepted: 16.09.2025

Yayın/Published: 04.03.2026

1. Giriş

Günümüzde doğal afetler, küresel ölçekte sürdürülebilir kalkınmayı tehdit eden, önlemler alınması gereken önemli doğa olaylardır (Liu ve ark., 2023). Doğal afetler içerisinde yaygın bir afet türü olan taşkınlar, bir nehir akımının ana yatak kapasitesi aşıldığında ve çevredeki alçak araziler sular altında kaldığında meydana gelmektedir (Lugeri ve ark., 2010). Her yıl dünya çapında can ve mal kayıplarına neden olan, hemen hemen her kıtayı etkileyen doğal afetlerden biri olarak kabul edilen taşkınlar; çevreye, tarıma, altyapıya ve ekonomiye büyük zararlar vermektedir (Rentschler ve ark., 2022; Zhou ve ark., 2024). Dünyada yaklaşık 1 milyar insan taşkın tehlikesi olan bölgelerde yaşamakta ve her yıl 170 milyon kişi bu taşkınlardan etkilenmektedir (CRED, 2025).

Son yıllarda Dünya genelinde taşkınların yaşanma sıklığı, şiddeti ve süresinin giderek artan bir eğilime sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle taşkın tehlikesi olan bölgelerdeki taşkınların yaşanma sıklığı, yağış ve akış modellerindeki öngörülemez değişimler nedeniyle giderek artmaktadır (Madhuri ve ark., 2023; Zhao ve ark., 2023).

Taşkınların birincil oluşum nedeni aşırı yağış olarak bilinmektedir. Ancak insan faaliyetlerinden kaynaklanan arazi kullanımının bozulması, bitki örtüsündeki değişim, akarsu yataklarındaki yerleşim, düzensiz demografik büyüme, özellikle şehirlerdeki yetersiz drenaj ve nehirlerden gelen akışın yönetilememesi gibi faktörler gerçekleşen bu doğa olaylarını (taşkın, sel vb.) hasarı yüksek afetlere dönüştürmektedir (Costache ve ark., 2022; Saha ve ark., 2021).

Taşkınların nüfus ve sürdürülebilir kalkınma üzerindeki olumsuz etkileri, özellikle gelişmekte olan düşük ve orta gelirli ülkelerde daha belirgin ve şiddetli olarak yaşanmaktadır (Liu ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2021).

İklim değişikliği etkilerinin devam etmesi nedeniyle taşkınların yaşanma sıklıklarının gelecekte de azalmayacağı ve dünyanın birçok bölgesini de tehdit edeceği öngörülmektedir (Debnath ve ark., 2023). İklim değişikliği senaryolarına göre; aşırı hidrolojik olaylar taşkın riskinin zamanla artacağına işaret etmektedir. Dolayısıyla tüm bu süreçler taşkın tehlikelerinin tespit edilerek taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulmasını gerekli kılmaktadır (Rimba ve ark., 2017).

Taşkın tehlike haritalama çalışmaları, gelecekte taşkın afetine maruz kalacak yerlerde taşkın durumlarının önlenmesi ve öngörülen zararların hafifletilmesi için stratejik kalkınmada önemli bir adımdır (Sharma ve ark., 2016). Bununla birlikte üretilen taşkın duyarlılık haritaları, taşkına duyarlı bölgelerin hızla belirlenmesi ile risk azaltma ve müdahale önlemlerinin önceliklendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Farish ve ark., 2017).

Taşkın tehlike haritaları, taşkına eğilimli alanların belirlenmesi, taşkına maruz kalan alanlardaki arazi kullanım planları, acil durum hazırlığı, afet riskinin azaltılması, kentin mekânsal tasarımı vb.

çalışmalar için kritik araçlardan biridir ve şehirlerdeki taşkın izleme ve yönetim aşamaları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Costache ve ark., 2022; Debnath ve ark., 2023).

Taşkınlar, mekânsal ve zamansal yönleri olan afetlerdir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri, taşkınların etkilerinin tutarlı ve mantıklı sonuçlarla değerlendirebileceği etkin ortamlar yaratmaktadır (Khosravi ve ark., 2016). Bu kapsamda CBS teknikleri, taşkın duyarlılığı haritaları üretmek amacıyla çeşitli türlerde gelişmiş veri erişimi sağlayan ve farklı girdi verileri ile değişkenlerin sentezlenmesi için yararlı araçlar sunan teknolojilerdir (Sharma ve ark., 2016).

Çok parametrelili problemlerin değerlendirmesinde yaygın hale gelen Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY), CBS ile entegre çalışan, taşkın risklerinin mekânsal değerlendirilmesinde etkin kullanılan tekniklerdir (Das ve Gupta, 2021). Son yıllarda çok sayıda çalışmada, CBS ve istatistik yöntemler kullanılarak çeşitli modeller ve teknikler geliştirilmiş, birçok bölgede taşkına duyarlı alanların haritalanmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Hammami ve ark., 2019; Souissi ve ark., 2020; Sepehri ve ark., 2020).

Taşkın duyarlılığı değerlendirilmesine yönelik yapılan araştırmalarda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri (Zhou ve ark., 2024), fiziksel tabanlı hidrolojik modeller (Hussain ve ark., 2023), istatistiksel yöntemler (Zhou ve ark., 2024) ve çeşitli makine öğrenimi ile derin öğrenme algoritmaları (Rentschler ve ark., 2022) gibi analiz tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir. Özellikle taşkın risk haritalama çalışmalarında bakı, yükselti, toprak, eğrisellik, eğim, akarsuya mesafe, drenaj yoğunluğu gibi birçok parametrenin yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (Rentschler ve ark., 2022; Liu ve ark., 2023; Seejata ve ark., 2018). Yapılan araştırmaların bulguları incelendiğinde, AHY ve CBS tekniklerinin, taşkın risk değerlendirme ve haritalama çalışmalarında oldukça etkili araçlar olduğu belirtilmektedir (Liu ve ark., 2022; Seejata ve ark., 2018; Das ve Gupta, 2021).

Taşkınlar, Türkiye'de sıkça yaşanan hidrometeorolojik bir afet türü olup yıllar içerisinde çok sayıda can ve mal kaybı ile ekonomik hasara neden olmaktadır. Özellikle Türkiye'de sıklıkla gerçekleşen taşkınlar genellikle yoğun yağışlarla tetiklenmekte ve bazen de kar erimesiyle birleşerek ülkedeki nehirlerin su seviyelerinin yükselmesine ve taşmasına neden olmaktadır (Goodarzi ve ark., 2023; Şengül ve İspirli, 2022; Sezen ve ark., 2020).

Sunulan çalışma ile, CBS ortamında AHY modeli kullanılarak Manisa ilinde taşkına duyarlı alanların belirlenmesi amaçlanmaktadır. İl sınırları içerisinde geçmiş yıllarda meydana gelmiş taşkın olayları ele alınarak, Manisa iline ait taşkın risk haritası oluşturulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda türetilen taşkın risk haritası; eğim, bakı, akarsuya uzaklık, yağış, arazi kullanımı/arazi örtüsü, yükselti, jeoloji, toprak ve drenaj yoğunluğu kriterleri olmak üzere dokuz tematik katman kullanılarak hazırlanmıştır (Gebremichael ve ark., 2025; Zhran ve ark., 2024; Souissi ve ark., 2020; Hammami ve ark., 2019).

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yapılan bilimsel yazın taramasında Ege Bölgesi'nde yer alan çeşitli il merkezlerinde veya akarsu havzalarında gerçekleştirilen mikro ölçekli çeşitli taşkın modelleme çalışmaları ile doğal afetlere veya farklı disiplinlere yönelik çeşitli araştırmalar mevcuttur (Oghly, 2024; Ersoy, 2017; SYGM, 2019). Bununla birlikte Manisa ili özelinde AHY modeli ve CBS teknikleri kullanılarak oluşturulmuş herhangi bir taşkın risk haritalama çalışmasının mevcut olmaması yapılan araştırmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Sunulan çalışmanın giriş bölümünde taşkınların oluşum nedenleri, Türkiye ve Dünya'da yaşanan taşkınlara ilişkin genel bilgiler, taşkın risk haritalamasına yönelik literatür taraması ve çalışmanın literatüre katkısı belirtilmiştir. İkinci bölümde çalışma alanının coğrafi özellikleri, araştırma kapsamında kullanılan materyal ve izlenen yöntemle ilişkin bilgilerden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde taşkına duyarlı alanların belirlenmesinde kullanılan kriterler, bu kriterlere ilişkin değerlendirmeler ve taşkın riski taşıyan alanların değerlendirilmesi hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde ise araştırma konusuna ilişkin sonuçlar tartışılarak, çalışmanın geliştirilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında Manisa ilinde taşkın riski taşıyan alanların belirlenmesine yönelik elde edilen bulguların, son yıllarda kentin çeşitli ilçelerinde yaşanan taşkınların yönetimine ilişkin karar vericilere ve planlamacılara yön gösterici bilgiler sağlayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca araştırma kapsamında elde edilen bulguların 2024-2028 yıllarını kapsayan On İkinci Kalkınma Planında (Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023) yer alan “kentlerin afetlere karşı dirençli olması yaklaşımı ile deniz seviyesinde yükselme, fırtına ve taşkınlara yönelik denize kıyısı olan kentlerde ulaşım planlaması ve sistemlerin gözden geçirilmesine” yönelik politika ve tedbirlere de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

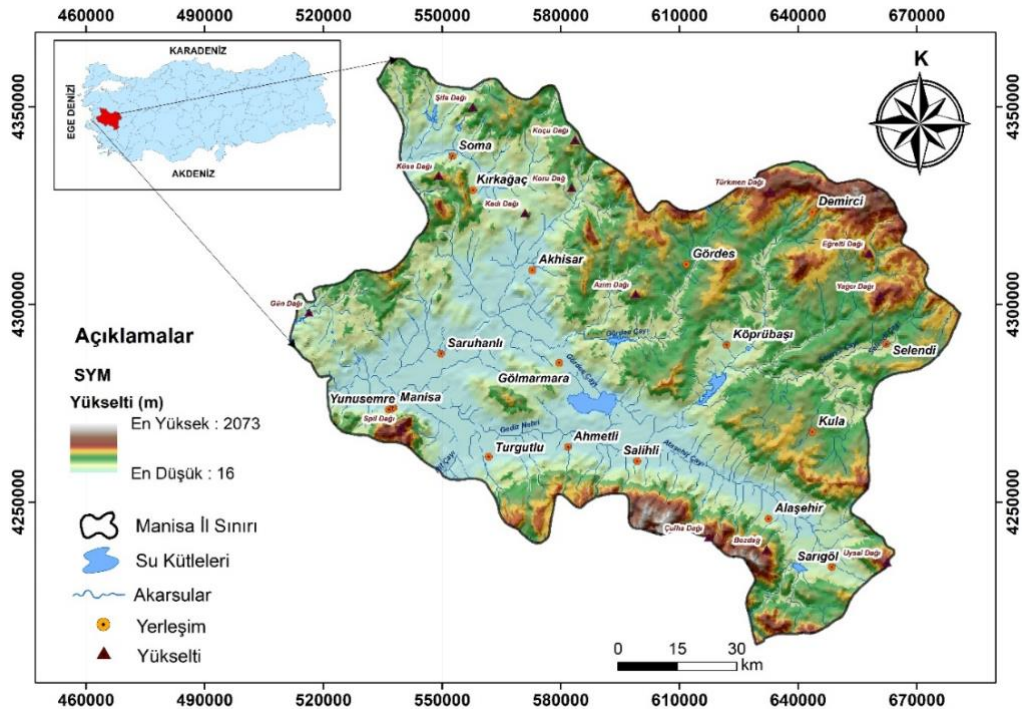
2.1. Çalışma Alanı

Manisa ili 38°04' ve 39°58' kuzey enlemleri ile 27°08' ve 29°05' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Gediz Nehri ve kolları tarafından derin bir şekilde yarılmış, geniş ovalık alanlara sahip bir kent olan Manisa ili deniz seviyesinden yaklaşık 71 m yükseklikte, 13.339 km²lik yüzölçümüne sahiptir (Şekil 1). Manisa İli Çevre Durum Raporu (2024) verilerine göre; il kuzeyde Balıkesir, güneyde Aydın ve Denizli, doğuda Kütahya ile Uşak, batıda İzmir illeri ile sınırlanmıştır. Ortalama yükseltinin 491 m olduğu çalışma alanında, dağ sıralarının ve platoların yer aldığı kesimler eğimli ve yüksek topoğrafya ile karakterize olurken, vadi ve ovalık bölgeler ise düz ve alçak bir topoğrafya ile temsil edilmektedir (Şekil 1). Manisa ilinde Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2024 yılı adrese

dayalı nüfus kayıt sistemi verilerine göre 1.475.353 kişi yaşamakta ve nüfus yoğunluğu olarak km^2 başına 106,83 kişi düşmektedir (TÜİK, 2024). Nasa Power ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verilerine göre 1930-2024 yılları için Manisa ilinde yıllık ortalama yağış miktarı 742,2 mm/yıl, yıllık ortalama sıcaklık ise 16,9 °C'dir (Nasa Power, 2025; MGM, 2025).

Çalışma sahası gelişmiş bir akarsu ağına sahiptir. İlin önemli akarsularından biri olan Gediz Nehri ve kollarının iklim değişikliğinin de etkisiyle taşkın olaylarına yoğun bir şekilde maruz kalması, Manisa ilinin çalışma alanı olarak seçilmesinde etkili olmuştur. Son yıllarda düzensiz yağış rejimi ve plansız kentleşme nedeniyle Manisa ilinde sıklıkla taşkınlar meydana gelmektedir. Manisa İl Afet Risk Azaltma Planı (2021) verilerine göre; geçmiş yıllarda ilin çeşitli ilçelerinde (Yunus Emre, Şehzadeler, Saruhanlı, Salihli, Ahmetli, Akhisar) yer alan akarsu kollarında taşkınların yaşanmış olması, gelecekte de bölgede tekrarlayan taşkınların meydana gelme olasılığını güçlendirmektedir. Özellikle 2010, 2014, 2018, 2020, 2023 ve 2024 yıllarında kentte yaşanan taşkınlar nedeniyle can ve mal kayıpları yaşanmış, yerleşim alanları ile tarım arazilerinde ciddi zararlar meydana gelmiştir.

Sahanın Gediz Ovası gibi verimli tarım alanlarını barındırması, ekolojik durumu, sanayi faaliyetleri açısından önemli bir lokasyonda olması ile yıllar içerisinde yerleşimin artması gibi nedenlerden dolayı ilin taşkın riskinin önceden belirlenmesi ve taşkın riskine yönelik önleyici tedbirler alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle il özelinde taşkın riski olan bölgelerin belirlenerek taşkınların olumsuz etkilerini azaltmak kritik öneme sahiptir.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

2.2. Veri Seti-Materyal

Sunulan çalışmada kullanılan mekânsal veriler kurum ve kuruluşların açık kaynak kodlu veri portallarından elde edilmiştir. Çalışma alanı sınırlarını temsil eden ve Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından üretilen 12 m çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) yapılan analizlerde altlık veri olarak kullanılmıştır. Yükselti, eğim, bakı ve drenaj yoğunluğu haritaları 12 m çözünürlüğe sahip SYM'den yararlanılarak oluşturulmuştur. ESA Dünya Arazi Haritalama Projesi'nin Küresel Arazi Örtüsü veri tabanı kullanılarak ilin arazi kullanım/arazi örtüsü haritası oluşturulmuştur (ESA, 2025; Zanaga ve ark., 2021). MGM ve Nasa Power (Prediction of Worldwide Energy Resources) meteoroloji ağı portalının (MGM, 2025; Nasa Power, 2025) veri tabanındaki yağış verileri kullanarak interpolasyon yöntemi ile yağış haritası oluşturulmuştur. SYM'nin altlık olarak kullanıldığı analizde ArcGIS 10.8 yazılımının hidroloji modülü yardımıyla çalışma alanında yer alan akarsu ağları belirlenmiş ve ilgili yazılımın çeşitli komutları kullanılarak akarsuya uzaklık haritası üretilmiştir. Toprak verileri Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü toprak portalından 1:5.000.000 ölçekli Dünya Sayısallaştırılmış Toprak Haritasını temel alan FAO harita kataloğundan (Falkenmark, 1995; FAO/UNESCO, 2025); jeoloji paftaları ise Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nden temin edilmiştir. Çalışmada analiz edilen faktörler ile analiz edilen veri seti hakkındaki bilgiler Tablo 1 ve Şekil 2'de sunulmuştur.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan her bir kriter için değerlendirilen veri setlerinin özellikleri

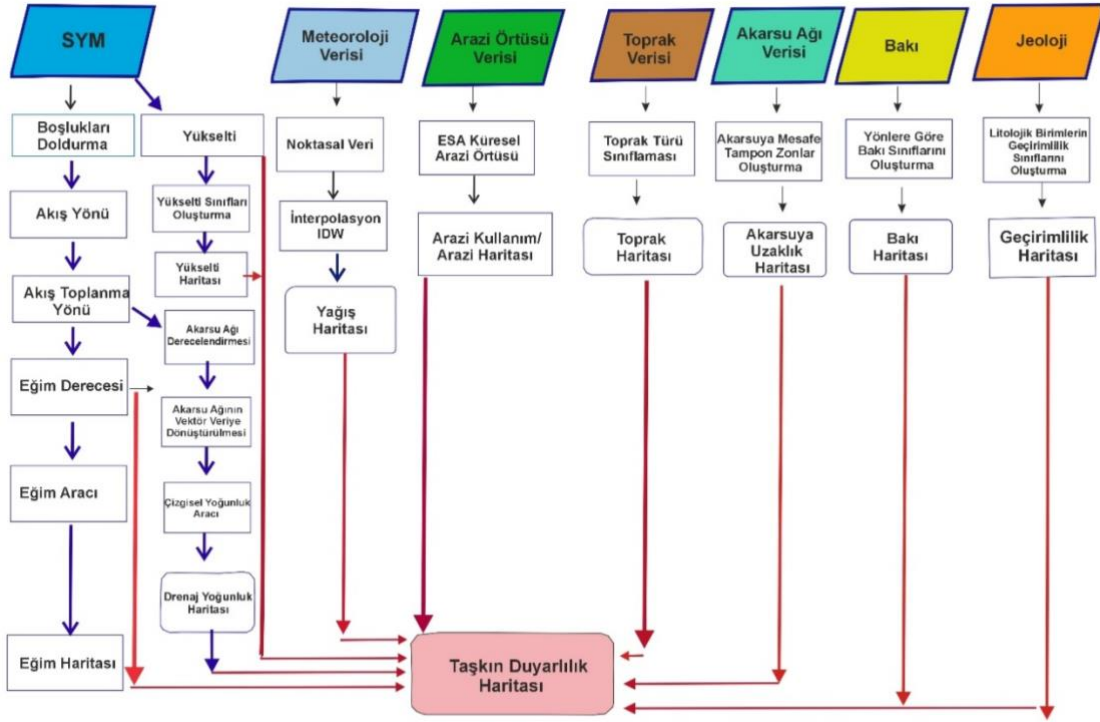
Analiz Edilen Kriter	Veri Türü	Oluşturulan Veri Seti/Kullanılan Veri Tabanı/Kaynak	Veri Formatı	Erişim Adresi
Yükselti (m)	Topoğrafik	SYM-12 m çözünürlüklü-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	Raster Veri	https://www.harita.gov.tr/urun/sayisal-yuzey-modeli-sym12
Eğim (°)	Topoğrafik veriden türetilmiş	SYM-12 m çözünürlüklü-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	SYM'den üretilen Raster veri	
Bakı	Topoğrafik veriden türetilmiş	SYM-12 m çözünürlüklü-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	SYM'den üretilen Raster veri	
Drenaj Yoğunluğu (km/km ²)	Topoğrafik veriden türetilmiş	SYM-12 m çözünürlüklü-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımının Hidroloji komutu ve Çizgisel yoğunluk komutları ile havza akarsu ağı ve drenaj yoğunluğu oluşturulmuştur.	SYM'den üretilen Raster Veri Akarsu Ağı: Vektör veri	
Yağış (mm/yıl)	Meteorolojik	NASA POWER verileri (0,5° x 0,5°)-SYM-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	Noktasal veri	https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/
Akarsuya Uzaklık(m)	Topoğrafik veriden türetilmiş	12 m çözünürlüklü-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımının çeşitli komutları kullanılmıştır.	SYM'den üretilen Raster veri	
Jeoloji	Jeolojik	MTA (1961) 1/500.000 ölçekli Jeoloji Haritası	Vektör veri	https://yerbilimleri.mta.gov.tr/
Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü	Arazi Kullanım	ESA World Cover-Kopernik Sentinel Uydu Görüntüleri arazi örtüsü haritası-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	Raster veri	https://esa-worldcover.org
Toprak	Toprak	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO/UNESCO) 1:5.000.000 ölçekli Dünya toprak haritası portalı	Vektör veri	https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/en/



Şekil 2. Manisa ili özelinde gerçekleştirilen taşkın duyarlılık analizinde kullanılan kriterler

2.3 Yöntem

Çalışma alanında potansiyel taşkın tehlikesi olan alanların tespit edilmesi ve haritalaması AHY'nin CBS ortamına entegrasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda çalışma konusu özelinde yapılan literatür taraması (Gebremichael ve ark., 2025; Zhran ve ark.,2024; Souissi ve ark., 2020; Hammami ve ark., 2019) yardımıyla taşkınların oluşumunda etkili olan 9 ana kriter kullanılmıştır. Eğim, bakı, akarsuya uzaklık, yağış, arazi kullanımı/arazi örtüsü, yükselti, jeoloji, toprak ve drenaj yoğunluğu kriterlerini temsil eden tematik katmanlar farklı veri kaynaklarından elde edilmiş ve CBS ortamında AHY ile analiz edilmiştir. Tüm veriler ArcGIS 10.8 yazılımının çeşitli modülleri kullanılarak işlenmiş ve analize hazır ortak bir veri tabanı oluşturulmuştur. 9 ana kriterin kullanıldığı analizde verilerin işlenmesi sonucu oluşturulan tematik katmanlar 12 m mekânsal çözünürlüğe sahip raster haritalara dönüştürülmüştür. Daha sonra, tüm raster haritalar ArcGIS 10.8'deki Mekânsal Analiz (Spatial Analyst) modülünün Yeniden Sınıflandırma (Reclassify) aracı kullanılarak tekrar sınıflandırılmıştır. Sonrasında Excel elektronik tablo yazılımı yardımıyla her bir kritere AHY uygulanarak kriterlerin görelî etki ağırlık değerleri bulunmuştur. Son aşama olarak ArcGIS 10.8 yazılımında tüm kriterleri temsil eden katmanlar üst üste bindirilmiş ve katmanların ağırlıklı toplam (Weighted Sum) analizi gerçekleştirilerek çalışma alanı için taşkına duyarlı bölgeleri gösteren taşkın duyarlılık haritası türetilmiştir. Çalışma kapsamında izlenen yöntem Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 3. Çalışmada izlenen yönteme ilişkin akış şeması

2.4 Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) sürecinde kullanılan en etkili ve yaygın yöntem Saaty (1980) tarafından önerilen AHY'dir. Birbirleriyle ilişkili çok sayıda kriterin yer aldığı durumlarda kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHY, her bir kriterin katkısının değerlendirilmesini kolaylaştırmakta ve kriterler arasındaki karşılıklı ilişkilerin belirlenmesi gibi durumlara yardımcı olmaktadır (Saaty, 1990). AHY, karmaşık problemlerin hiyerarşik yapı ile daha sistematik, anlaşılır hale gelmesi, nicel ve nitel verilerin bir arada değerlendirilmesi, öznel yargıların matematiksel olarak ifade edilebiliyor olması, yeni alternatiflerin veya kriterlerin analize eklenmesine imkân veriyor olması ile yapılan analizin tutarlılık oranının belirlenebiliyor olması gibi faydalar sağlamaktadır (Saaty, 1990). AHY modeli özellikle sel, taşkın, heyelan gibi doğal afetlere maruz kalan bölgelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde oldukça yaygın kullanılan tekniklerdendir (Ashfaq ve ark., 2025; Sharker ve ark., 2025; Thammaboribal ve ark., 2025).

AHY modelinde izlenen algoritmik adımlar şu şekildedir. İlk adım karar verme süreci, öncelikle problem tanımı ve hiyerarşik yapının oluşturulması ile başlar. Ardından tanımlanan problem bileşenleri kriterler, alt kriterler ve alternatifler şeklinde hiyerarşik bir yapıya dönüştürülür. İkinci adımda kriterler arası ikili karşılaştırmalar yapılır ve kriterler göreceli önemlerine göre hiyerarşik bir şekilde sıralanır. Bu sıralama, Saaty'nin (1990) 1 ile 9 arasında değişen karşılaştırma ölçeği kullanılarak gerçekleştirilir (Tablo 2).

Tablo 2. Saaty tarafından önerilen ikili karşılaştırma ölçeği (Saaty, 1990)

Kriter Önem Derecesinin Sayısal Değeri	Kriterlerin Önem Derecesi Sıralaması	Kriterler Arası Karşılaştırma
9	Son Derece Önemli	Bir kriter diğer kritere göre son derece öneme sahiptir.
7	Çok Yüksek Derecede Önemli	Bir kriter diğer kritere göre çok yüksek derecede öneme sahiptir.
5	Yüksek Derecede Önemli	Bir kriter diğer kritere göre yüksek derecede öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Bir kriter diğer kritere göre orta derecede öneme sahiptir.
1	Eşit Derecede Önemli	İki kriterde eşit derecede önem derecesine sahiptir.
2,4,6,8	Ara Değerler	

3.adım olarak $n \times n$ boyutunda oluşturulan karşılaştırma matrisleri yardımıyla öncelik (ağırlık) vektörleri hesaplanır. Bu kapsamda öncelikle her sütundaki elemanlar toplanır, her eleman kendi sütun toplamına bölünür ve ilgili matris normalize edilir (Saaty, 2000). Normalize edilmiş her sütun toplamı 1'e eşit olur. Sonrasında her satırın ortalaması alınarak kriter ağırlıkları (W) elde edilir Denklem (1)'e göre a_{ij} parametresi ikili karşılaştırma matrisinin bir elemanını (n) temsil ederken i. kriterin j. kritere göre önemini ifade etmektedir.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra ağırlık vektörü (W) ile orijinal matris (A) çarpılır ve yeni bir vektör ($A \cdot W$) elde edilir. Elde edilen bu yeni vektör, ağırlık vektöründeki değerlerle oranlanır. Her oran için ortalama alınarak en büyük özdeğer vektör olan λ_{max} değeri Denklem (2)'ye göre hesaplanır.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} \quad (2)$$

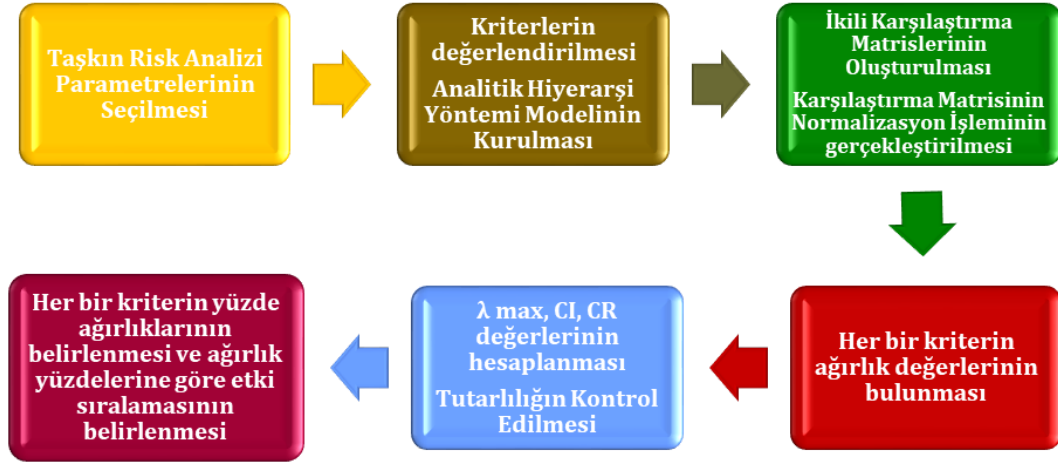
4. adım olarak Tutarlılık İndeksi (CI) ve Tutarlılık Oranı (CR) parametreleri Denklem (3) ve Denklem (4)'e göre hesaplanır. CR değeri yapılan karşılaştırmaların ne kadar tutarlı olduğunu ölçen bir parametredir (Saaty, 2003). CR değeri, CI değerinin Rassal İndeks (RI) değerine oranlanmasıyla elde edilmektedir (Denklem 4). RI değeri ise oluşturulan karşılaştırma matrislerinin ortalama tutarsızlık değeri olup analizde kullanılan matris boyutlarına (n) karşılık gelen bir parametredir (Tablo 3). CR değeri 0,10'dan küçük ise karşılaştırmalar tutarlı olup analiz kabul edilebilir düzeydedir. CR değerinin 0,10 değerinden büyük olması durumunda ise yapılan karşılaştırmalar tutarsız olup yapılan analizin tekrar gözden geçirilmesi gereklidir.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Tablo 3. AHY’de kullanılan kriter sayısına karşılık gelen Rassal İndeks değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

**Şekil 4.** AHY modelinin oluşturulmasına ilişkin akış şeması

Mevcut çalışmada, taşkınlara neden olabilecek her bir kriterin ağırlığı AHY kullanılarak belirlenmiştir. Bu kapsamda taşkın tehlikesi haritalamasında kullanılan kriterler hiyerarşik bir şekilde göreceli önemlerine göre puanlanmıştır. Daha sonra ele alınan kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için çiftler halinde karşılaştırma matrisleri hazırlanmıştır. Çiftler halinde karşılaştırma sırasında yapılan değerlendirmeler sonrasında her bir kriterin ağırlıkları, λ_{max} , CI ve CR değerleri hesaplanmış ve kriterlerin ağırlık yüzdelerine göre etki sıralamaları belirlenmiştir (Şekil 4).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Taşkına Duyarlı Alanların Belirlenmesinde Kullanılan Kriterler

Taşkın olayları birçok kritere bağlı olarak meydana gelmektedir. Dolayısıyla bir bölgenin taşkın duyarlılığını analiz etmek için birden fazla kriteri hesaba katan kapsamlı ve sistematik bir yaklaşım gerekmektedir. Literatürde (Gebremichael ve ark., 2025; Zhuran ve ark., 2024; Souissi ve ark., 2020; Hammami ve ark., 2019) yaygın olarak kullanılan 9 kriter (eğim, bakı, akarsuya uzaklık, yağış, arazi kullanımı/arazi örtüsü, yükselti, jeoloji, toprak ve drenaj yoğunluğu) çalışma alanında meydana gelen

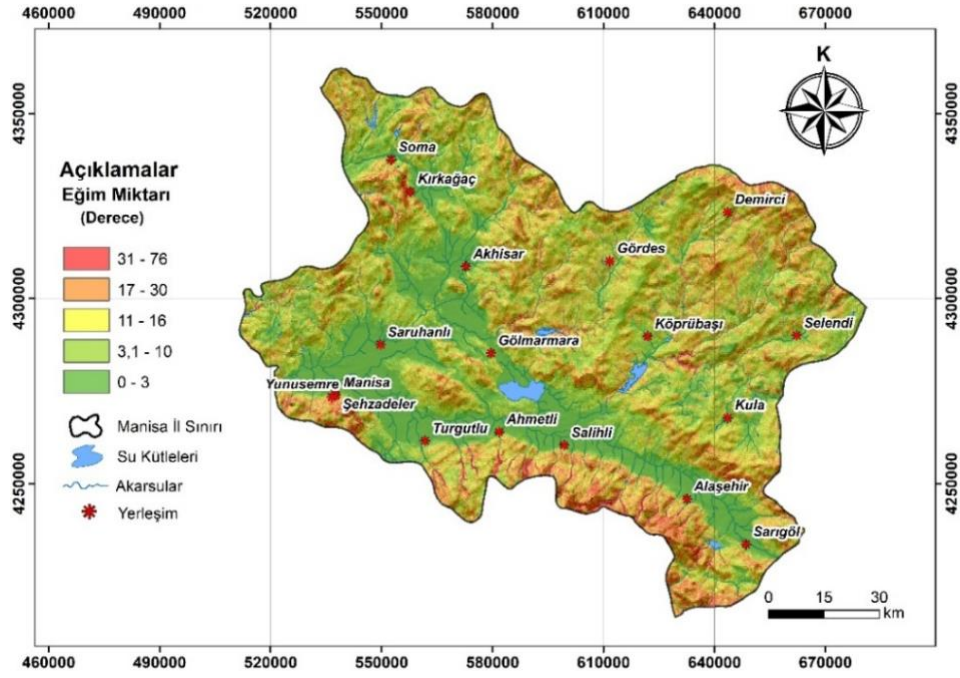
taşkınların topografik ve hidrolojik yönlerini temsil edecek şekilde tercih edilmiştir. Bununla birlikte bölgenin iklimsel özellikleri, jeomorfolojik durumu ve çalışma alanının ölçeği göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca seçilen kriterlerin çözünürlüklerinin yüksek, hızlı bir şekilde değerlendirmeye imkân sağlayan ve erişilebilir veri setlerine sahip olunmasına dikkat edilmiştir. Çalışma kullanılan kriterlere ilişkin bulgular aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

3.1.1 Eğim

Arazinin yatay düzlemle yaptığı açı olarak tanımlanan eğim, su akışını etkilediği için taşkın tehlikesi olan bölgelerde önemli bir parametredir (Das ve Gupta, 2021; Hagos ve ark., 2022). Eğim derecesi yüksek olan alanlarda suyun çok hızlı akması nedeniyle eğim yönünde çok yoğun yüzeysel akış meydana gelmekte ve sızma süreci gerçekleşmediğinden daha az eğimli alanlara doğru birikim gerçekleşmektedir (Desalegn ve Mulu, 2021). Bu durum eğimin aniden azaldığı bölgelerde büyük miktarda suyun durgunlaşmasına ve taşkın durumuna neden olmaktadır (Youssef ve ark., 2011). Dolayısıyla ovalar, deltalar, tarım arazileri, yerleşimin olduğu vadi tabanı gibi düşük eğime sahip alanlarda taşkınlara karşı duyarlılık ve risk oldukça artmaktadır.

Yapılan araştırmada SYM kullanılarak ArcGIS 10.8 yazılımının yüzey aracı modülü yardımıyla her hücre için arazinin derece cinsinden eğim miktarı hesaplanmış ve çalışma alanının eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 3 ve Şekil 5).

Çalışma alanının eğim miktarı 0° ile 76° arasında değişmekte ve ortalama eğim $10,81^{\circ}$ 'dir. Eğim dağılım haritasına göre; daha az eğimli araziler çoğunlukla alüvyon arazilerin olduğu ovalık bölümünde bulunurken, yüksek eğimli araziler ilin güney ve en kuzey kısımlarındaki dağ sıraları ve tepelik alanlarda yer almaktadır (Şekil 5). CBS ortamında arazi eğim değerleri Jenks (1967) doğal kırılmalar tekniği kullanılarak beş sınıf altında değerlendirilmiştir (Şekil 5 ve Tablo 10). Buna göre taşkın riski en düşük sınıf, en yüksek eğim derecesi ile ($31-76^{\circ}$) karakterize olurken; taşkın riski en yüksek sınıf en düşük eğim ($0-3^{\circ}$) derecesi ile temsil olmaktadır. Alanın yaklaşık %53,30'u eğimi $10,0^{\circ}$ 'nin altında olan alanlardan oluşmaktadır. Özellikle çalışma alanında tarım alanlarının ve yerleşim alanlarının bulunduğu ovalık bölgelerde gerek eğimin çok düşük olması gerekse alüvyon birimin geçirimsizliğinin değişmesine bağlı olarak yüzey sularının bu bölgelerde yüksek hacimlerde birikmesi beklenmektedir.



Şekil 5. Çalışma alanına ait eğim haritası

Tablo 4. Eğim kriteri için yapılan analize ait bulgular

Eğim Derecesi (°)	AHY Ağırlık Değeri	Alan (km ²)	Oran (%)
0-3	0,503	3218,3	24,30
3,1-10	0,260	3843,8	29,00
11-20	0,134	4073,8	30,70
17-30	0,068	1655,8	12,50
31-76	0,035	464,9	3,50
CR: 0,08, CI:0,093, λ max:5,37, RI: 1,12			

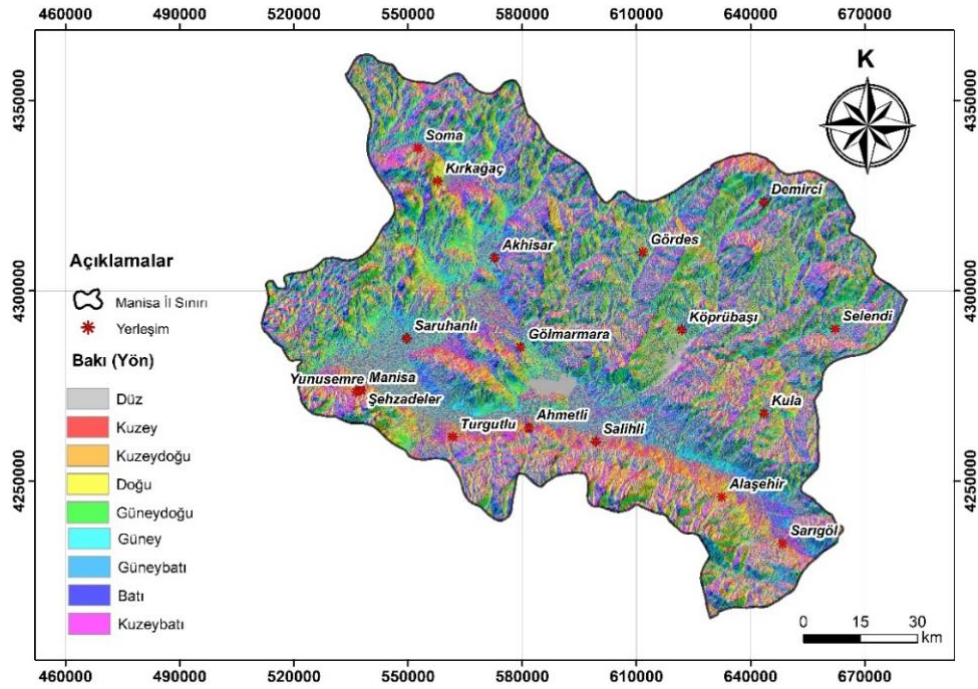
3.1.2 Bakı

Arazi bakışının, belirli bir alandaki taşkınların oluşumu ve şiddeti üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirtilmektedir (Talukdar ve ark., 2020). Kuzey yarımküredeki bir bölgede güneyli bakılar yani güneye bakan yamaçlar daha fazla doğrudan güneş ışığı alırken, daha hızlı ısınmakta ve daha sıcak olmaktadır. Daha az bitki örtüsü ile kaplı olan bu bölgelerde, kar örtüsü daha hızlı erirken, toprak daha kuru kalmaktadır. Bu durum daha yüksek sıcaklıklara, daha fazla buharlaşma oranlarına ve taşkın riskinin azalmasına neden olmaktadır (Liu ve ark., 2021).

Buna karşılık, kuzeyli bakılar doğrudan daha az güneş ışığı alırken daha serin ve daha nemli kalmakta, bu durum bitki örtüsünün büyümesini ve toprak nemini etkilemektedir. Kuzeyli bakıların olduğu bölgelerde kar örtüsünün daha geç erimesi nedeniyle zemin daha nemli kalmaktadır. Bu durum bahar aylarında havaların ani ısınması ile karların hızla erimesine ve toprağın zaten doymun olması nedeniyle taşkınların daha kolay oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenlerle kuzeye bakan

yamaçlar taşkın duyarlılığı açısından daha riskli iken, güneye bakan yamaçlar daha az risk taşımaktadır (Şekil 6).

Çalışma alanı için hazırlanmış olan SYM bakı analizinde altlık olarak kullanılmıştır. CBS ortamında SYM bakı komutu uygulanarak oluşturulan bakı katmanı, Jenks (1967) doğal kırılmalar tekniği kullanılarak 5 sınıf altında değerlendirilmiştir. Yapılan analizlerde doğrudan çok az veya hiç güneş ışığı almayan kuzeye bakan yamaçlara taşkın riski açısından en yüksek değerler verilirken, doğrudan güneş ışığına yüksek derecede maruz kalan güneye bakan yamaçlara taşkın riski açısından en düşük değerler verilmiştir (Tablo 5).



Şekil 6. Çalışma alanına ait bakı haritası

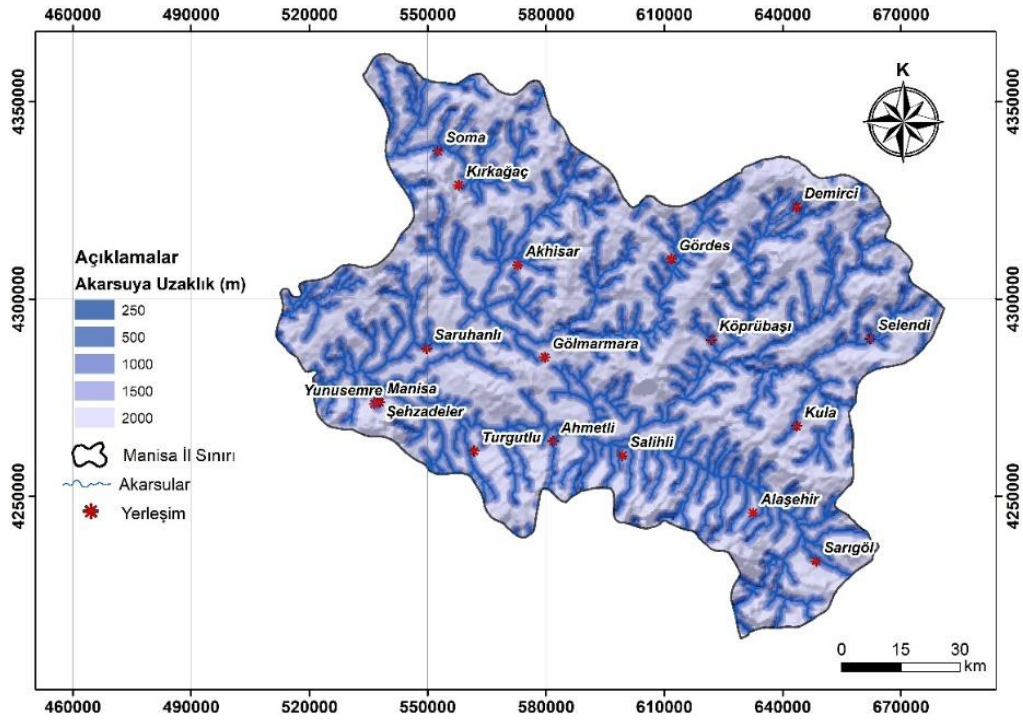
Tablo 5. Bakı kriteri için yapılan analize ait bulgular

Bakı (Yön)	AHY Ağırlık Değeri	Alan (km ²)	Oran (%)
Kuzeyli Bakılar	0,633	4748,0	35,80
Güneyli Bakılar	0,260	4844,6	36,50
Doğu-Batı Yönlü Bakılar	0,106	3664,3	27,70
CR:0,05, CI:0,028, λ max:3,05, RI:0,58			

3.1.3 Akarsuya Uzaklık

Taşkın risk haritalamasında akarsuya uzaklık önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir. Özellikle taşkın risk değerlendirmesi yapılırken, bir alanın bir akarsuya veya diğer su kütlelerine yakınlığı göz önüne alınmaktadır (Das ve Gupta, 2021). Akarsuya yakın mesafede bulunan alanlar her zaman taşkın riski altında iken; akarsuya uzak bölgelerde bu risk daha düşüktür (Zzaman ve ark.,

2021; Kazakis ve ark., 2015). Çalışmada Manisa ili için hazırlanan SYM altlık olarak kullanılmış ve ArcGIS 10.8 yazılımında hidroloji modülü yardımıyla akarsu ağı oluşturulmuştur. Sonrasında çalışma alanı için oluşturulmuş vektör formatında akarsu ağı verisi ve buffer aracı kullanılarak 250 m ile 2000 m arasında değişen akarsuya uzaklığı temsil eden tampon zonlar Jenks (1967) doğal kırılmalar tekniği kullanılarak oluşturulmuştur. Bu sayede akarsu boyunca farklı mesafe aralıklarında risk derecelerini temsil eden risk zonları oluşturulmuştur (Şekil 7). Risk mesafelerine göre akarsuya yakın bölgeler taşkın riski yüksek alanlar olması nedeniyle en yüksek puanları alırken, akarsuya uzak bölgelere riskin azalması nedeniyle düşük puanlar verilmiştir (Tablo 6).



Şekil 7. Çalışma alanına ait akarsuya uzaklık haritası

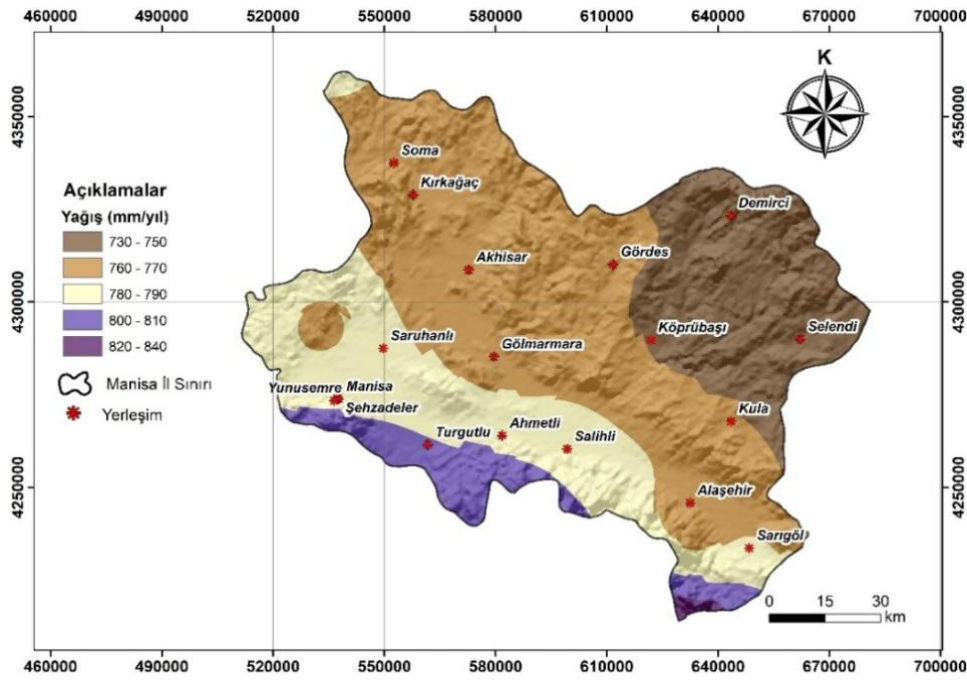
Tablo 6. Akarsuya Uzaklık kriteri için yapılan analize ait bulgular

Akarsuya Uzaklık (m)	AHY Ağırlık Değeri	Alan (km ²)	Oran (%)
0-250	0,503	1544,4	11,60
250-500	0,260	1486,8	11,20
500-1000	0,134	2682	20,20
1000-1500	0,068	2231,1	16,80
1500-2000	0,035	5344,4	40,20
CR:0,08, CI: 0,093, λ max: 5,37 RI: 1,12			

3.1.4 Yağış

İklim parametrelerinden biri olan yağışın miktarı, şiddeti ve dağılımı, bir bölgede taşkın olaylarının meydana gelmesinde oldukça etkilidir (Das ve Gupta, 2021). Mevsimlik yoğun yağışlarla

yüzeysel akışa geçen sular aynı zamanda akarsulara ulaşarak taşkınlara neden olmaktadır. Bir havzada yağışın şiddeti ne kadar yüksekse taşkın riski de o kadar artmaktadır (Zzaman ve ark., 2021). Çalışma alanının interpolasyon yöntemi ile oluşturulmuş yağış haritası, Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW) yöntemi kullanılarak hazırlanmış ve Jenks (1967) doğal kırılmalar yöntemi kullanılarak beş sınıfa ayrılmıştır. Ters mesafe ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak türetilmiş yağış haritasına göre; çalışma alanının ortalama yıllık yağış miktarı 730 mm ile 835 mm arasında değişmektedir (Şekil 8). Yapılan analizde yağış miktarı yüksek olan bölgelerde taşkın riski yükselirken, yağış miktarı görece daha düşük olan bölgelerde taşkın riski düşük olarak değerlendirilmiştir (Tablo 7).



Şekil 8. Çalışma alanına ait yağış haritası

Tablo 7. Yağış kriteri için yapılan analize ait bulgular

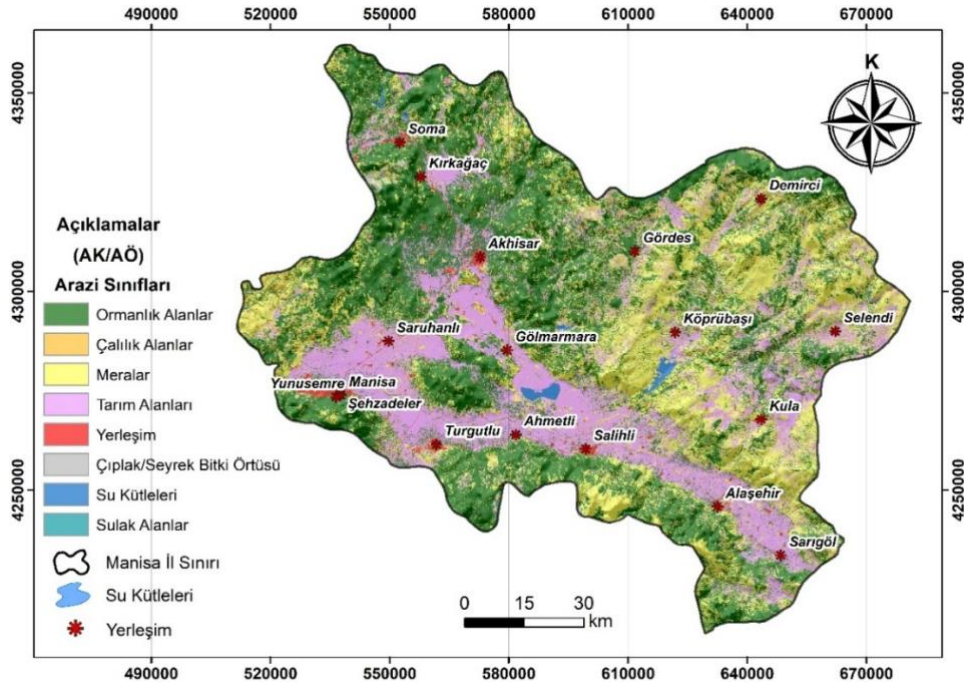
Yağış (mm/yıl)	AHY Ağırlık Değeri	Alan (km ²)	Oran(%)
730-751	0,035	2727,3	20,50
752-772	0,068	5693,6	42,80
773-793	0,134	3655,2	27,50
794-814	0,260	1149,6	8,70
815-835	0,503	63,1	0,50
CR: 0,08, CI:0,093, λ max:5,37, RI: 1,12			

3.1.5 Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü

Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (AK/AÖ) doğrudan veya dolaylı olarak sızma oranını, buharlaşmayı ve yüzeysel akışı etkilemektedir (Sugianto ve ark., 2022). Taşkınların neden olduğu genel hasarı kontrol eden bir parametre olan AK/AÖ, orada yaşayan nüfus tarafından arazi kullanım

sınıfını şekillendirmekte ve bölgede yaşanan doğal süreçlere ilişkin bilgi vermektedir (Hagos ve ark., 2022; Yariyan ve ark., 2020).

AK/AÖ kriteri için yapılan analizde ESA Dünya Arazi Haritalama Projesi'nin Küresel Arazi Örtüsü veri tabanı kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanı su kütleleri, sulak alanlar, tarım alanları, yerleşim yerleri, meralar, ormanlık alanlar, çalılık alanlar ve çıplak/seyrek bitki örtüsü alanlar olmak üzere 8 arazi sınıfı altında değerlendirilmiştir (Şekil 9). Buna göre tarım alanları ve yerleşimlerin olduğu bölgelere taşkın riski açısından yüksek puanlar verilirken, mera alanlarına görece daha düşük puanlar verilmiştir. En düşük puanlar ise ormanlık ve çıplak/seyrek bitki örtüsü ile kaplı bölgelere verilmiştir (Tablo 8).



Şekil 9. Çalışma alanına ait arazi kullanımı/arazi örtüsü haritası (ESA, World Cover projesi 2021 v 200)

Tablo 8. Arazi kullanımı/Arazi örtüsü kriteri için yapılan analize ait bulgular

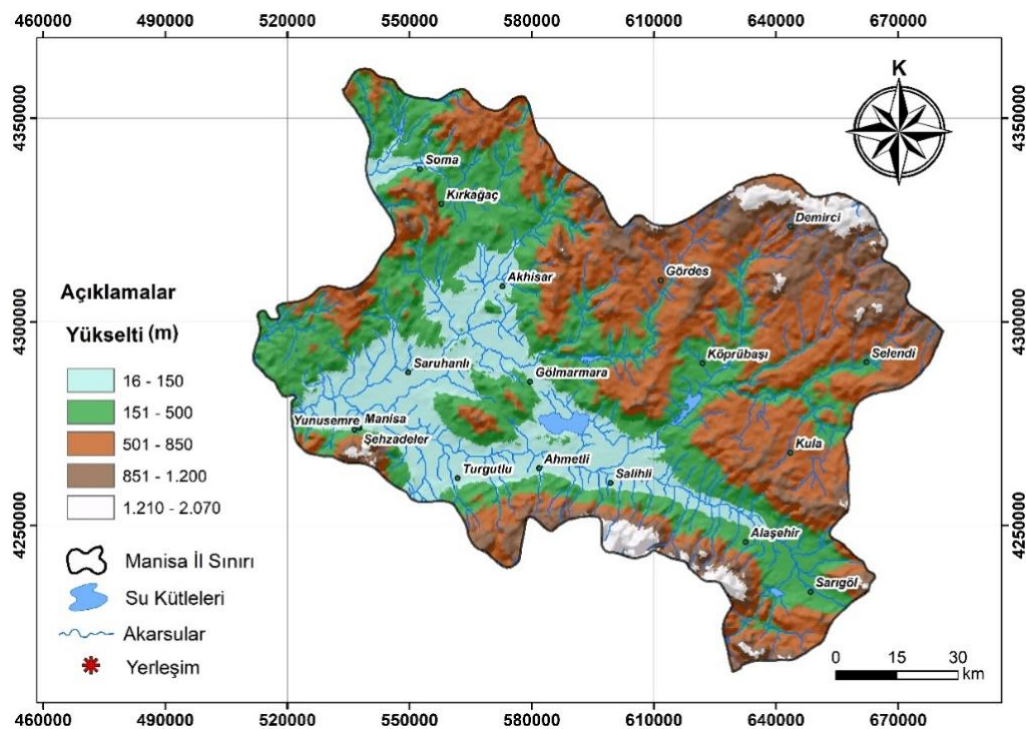
AK/AÖ sınıfları	AHY Ağırlık Değeri	Alan (km ²)	Oran (%)
Yerleşim	0,335	251,5	1,90
Tarım Alanları	0,217	3003,2	22,60
Meralar	0,154	3998,8	30,10
Çalılık Alanlar	0,114	210,1	1,60
Ormanlık Alanlar	0,075	5613,9	42,20
Sulak Alanlar	0,055	0,01	0,00
Çıplak/Seyrek Bitki Örtüsü	0,029	142,8	1,10
Su Kütleleri	0,021	68,40	0,50
CR:0,06, CI:0,085, λ max:8,59, RI: 1,41			

3.1.6 Yükselti

Taşkın duyarlılık haritalama çalışmalarında bir alanın yükselti dağılımı taşkın tehlikesini kontrol eden önemli faktörlerden biridir (Chakraborty ve ark., 2022). Taşkınlarda arazi yüzeyinin

yükseltisi, akış yoğunluğunu etkilemektedir. Genellikle, düşük kota sahip alçak alanlar, daha yüksek kotlarda bulunan alanlara kıyasla taşkın riskine daha duyarlıdır (Chakraborty ve ark., 2022; Zaman ve ark., 2021). Bununla birlikte bir bölgedeki yükselti faktörü her zaman o bölgedeki eğim, toprak ve yağış faktörleriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Çalışma alanının yükselti dağılım haritası, 12 m mekânsal çözünürlüğe sahip SYM kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışma alanındaki yükselti sınıfları, Jenks (1967) doğal kırılmalar tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Yükselti dağılım haritasına göre; sahada deniz seviyesinden yükseklik değerleri 16 m ile 2070 m arasında değişmektedir (Şekil 10). Yapılan analizde düşük kot, düşük eğim miktarı, düşük geçirimsliliğe sahip bölgelerin taşkınlara daha duyarlı olması nedeniyle bu alanlara taşkın riski açısından yüksek puanlar verilirken, riskin daha az olduğu yüksek kota sahip alanlara daha düşük puanlar verilmiştir (Tablo 9).



Şekil 10. Çalışma alanına ait yükselti dağılım haritası

Tablo 9. Yükselti kriteri için yapılan analize ait bulgular

Yükselti (m)	AHY Ağırlık Değeri	Alan (km ²)	Oran (%)
16-150	0,503	2497	18,80
151-500	0,260	4595,4	34,60
501-850	0,134	4330,8	32,60
851-1200	0,068	1466	11,00
1201-2070	0,035	398,8	3,00
CR: 0.08, CI:0.093, λ max:5.37, RI: 1.12			

3.1.7 Jeoloji/Geçirimlilik

Bir alanda yüzeyleyen kayaçların litolojik özellikleri zeminin geçirimsizlik durumunu ve yüzeyel akışa geçen su miktarını doğrudan etkilemesi nedeniyle taşkınların oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır (Haghizadeh ve ark., 2017). Geçirimsiz litolojilerin yüzeylediği bölgeler düşük drenaj yoğunluklarına sahip olup suyun hızlı emilmesi nedeniyle düşük taşkın riski taşımaktadır (Rahmati ve ark., 2016). Geçirimsiz ya da geçirimsizliği düşük olan zeminler ise sızmanın sınırlı olması nedeniyle yüksek taşkın riski taşımaktadır (Hong ve ark., 2018; Islam ve Sado, 2000).

MTA (1961) tarafından hazırlanan 1.500.000 ölçekli jeoloji haritası Manisa ili özelinde değerlendirilmiş ve çalışma alanını temsil eden jeoloji katmanı analize hazır hale getirilmiştir. Bir bölgedeki jeolojik birimlerin geçirimsizlik özellikleri taşkın riskiyle doğrudan ilişkilidir. Manisa ilindeki taşkın riski jeolojik birimlerin geçirimsizlik ve iletimsizlik özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Volkanik, sedimanter ve metamorfik birimlerin yüzeylediği Manisa ili, İç Batı Anadolu'da Gediz Grabeni içerisinde yer almaktadır. İl sınırları içerisinde Paleozoik-Kuvaterner dönem aralığında oluşmuş çeşitli jeolojik birimler yüzlek vermektedir. Paleozoik yaşlı Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayaçlar sahanın temelini oluşturmaktadır. Çalışma alanında Menderes Masifi içerisinde parçalı granit yüzlekleri yer almaktadır. Manisa ili Akhisar ilçesinin kuzeydoğusunda diorit, gabro, piroksenit, harzburgit ve peridotit birimleri yüzlek verirken; batıya doğru yükseltinin arttığı Gölarmara bölgesinde andezit, spilite ve serpantin kayaçları görülmektedir. İlin batısında İzmir-Ankara Zonu ile temsil olan Mesozoik yaşlı ofiyolitik melanj ve Üst Kretase yaşlı filit birimleri, temel kaya olan Menderes Masifi kayaları üzerine bindirme fayları ile gelmektedir. Bu kayaçların üzerini uyumsuzlukla Neojen yaşlı volkanik kayalar ile Neojen yaşlı karasal ayrılmamış çökeller örtmektedir (SYGM, 2019). Neojen yaşlı sedimanter seri çalışma alanı sınırları içerisinde fay kontrollü karasal ve gölsel istifler ile karakterize olmakta ve bu istifler havza genelinde faylar tarafından parçalanmış bir halde yer almaktadır. Karasal kökenli Neojen serilerin ovalık alanlarda yüzeyleyen kesimlerinde kalınlık ve geçirimsizlik değişim göstermektedir (SYGM, 2019). Çalışma alanının temelinde yüzeyleyen metamorfik seri ile Neojen yaşlı seri, Kuvaterner yaşlı alüvyon birimleri ve Kula çevresinde yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı bazalt kayaları tarafından aşıl uyumsuzlukla örtülmektedir (SYGM, 2019) (Şekil 11).

İl sınırları içerisinde yüzeyleyen jeolojik birimlerin yeraltı suyu taşıma ve iletimsizlik durumları taşkın riski açısından değerlendirilmiştir. Buna göre hazırlanan Manisa ili geçirimsizlik haritası, çalışma alanındaki kayaçların litolojik özellikleri ile drenaj yoğunlukları göz önüne alınarak oluşturulmuştur (Şekil 12). Gerçekleştirilen taşkın risk değerlendirmesinde; geçirimsizliği yüksek, drenaj yoğunluğu düşük jeolojik birimlerin yer aldığı alanlar, taşkın riski düşük bölgeler olarak

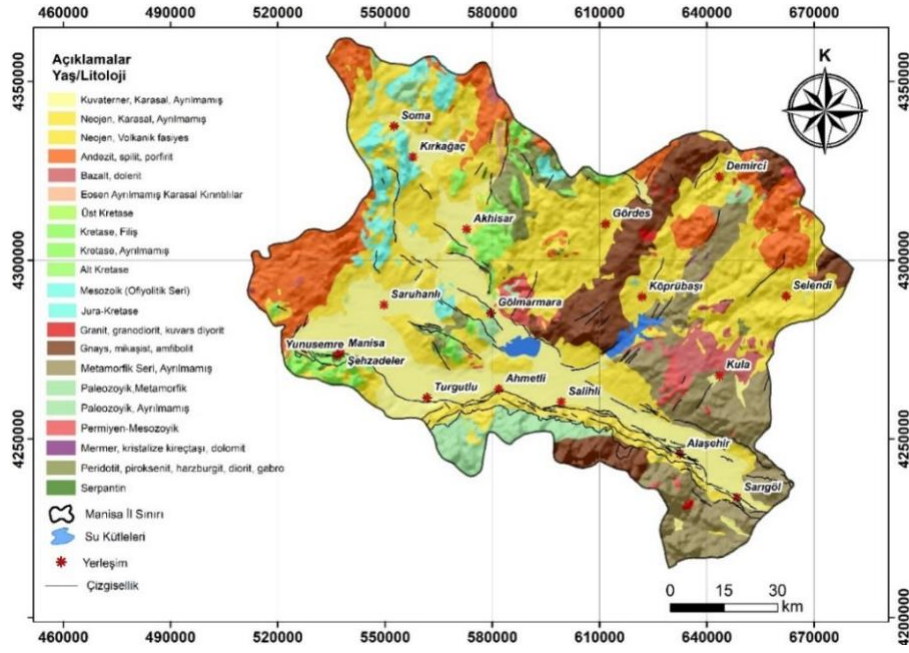
haritalanırken; drenaj yoğunluğu yüksek, düşük geçirimsizliğe sahip litolojik birimlerin yüzeylediği bölgeler ise taşkın riski yüksek bölgeler olarak haritalanmıştır.

Akarsu ve dere yataklarında yüzeyleyen alüvyon çökellerin bulunduğu bölgeler taşkın olayları açısından doğal risk bölgeleridir. Manisa ilinde Gediz Nehri çevresinde Kuvaterner yaşlı pekişmemiş alüvyon birimler geniş bir ovalık alanda yayılım göstermektedir. Karasal ayrılmamış sedimanlardan (kum, kil, çakıl, silt vb.) oluşan alüvyon birimlerin geçirimsizliği değişken, zemin taşıma kapasiteleri ise düşüktür. Bu nedenle bu çökeller, yoğun yağış dönemlerinde zeminin de nemli olması nedeniyle hızlı bir şekilde doygunluğa ulaşmaktadırlar. Özellikle üst kotlarda yüzeyleyen kırık çatlak içermeyen geçirimsiz litolojilerden, alt kotlarda yer alan alüvyon birimlerin olduğu alanlara doğru yüksek miktarda yüzeysel akış ani taşkınlara sebep olabilmektedir. Buna göre Manisa ilindeki ovalık alanların düşük eğimli olması, yüksek kotlardaki çevre topoğrafyada geçirimsiz birimlerin yüzlek vermesi ve geçmişte taşkın yataklarının sık sık yer değiştirmesi gibi nedenlerden dolayı çalışma alanında alüvyon birimlerin yüzeylediği bölgeler taşkın riski yüksek bölgeler olarak değerlendirilmiştir.

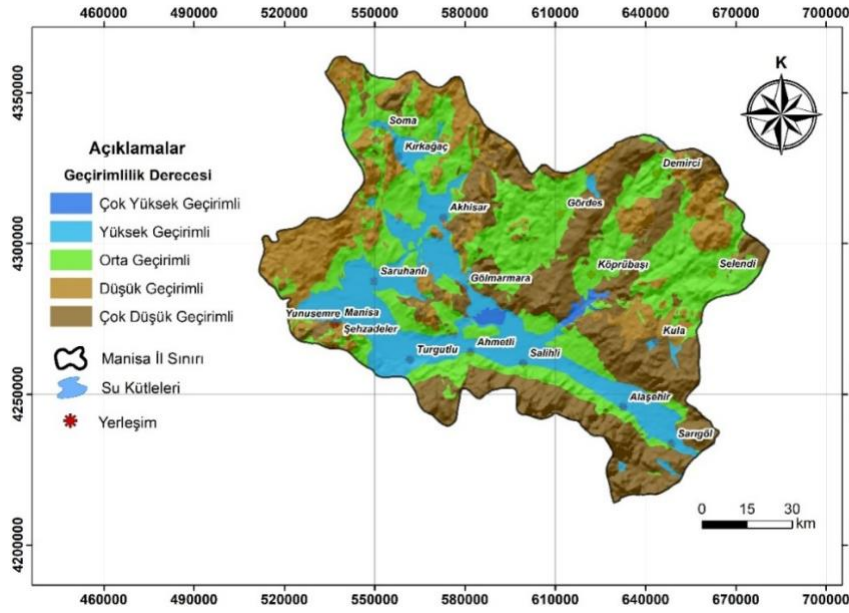
Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi'ne ait kristalen mermer seviyeler alandaki yoğun tektonik hareketlerin etkisi ile çok yoğun kırık çatlak sistemlerinden oluşan bir yapı kazanmış ve karstlaşmış olmaları nedeniyle akifer özelliği taşıyan yüksek geçirimli, taşkın riski düşük birimler olarak tanımlanmıştır.

Mesozoyik yaşlı kristalize kireçtaşı, dolomit seviyeler ile Neojen yaşlı kırıntılı karasal ayrılmamış birimlerin killi kireçtaşı seviyeleri orta geçirimsizlik derecesine sahip, taşkın riski orta bölgeler olarak değerlendirilmiştir. Neojen yaşlı volkanik kayalar ile bazalt, andezit, riolit, dasit gibi kayalar ise çatlaklı olmaları durumunda yeraltı suyu verimi zayıf, düşük geçirimli, taşkın riski orta-yüksek birimler olarak haritalanmıştır.

Paleozoyik metamorfik birimlere ait şist kuvarsit seviyeler ile fliš, ofiyolitik melanj, peridotit, serpantin, amfibolit gibi litolojiler ise yeraltı suyu bulundurmeyen geçirimsiz birimler olarak haritalanmış ve yapılan analizde taşkın riski yüksek sınıfta değerlendirilmiştir (Şekil 12 ve Tablo 10).



Şekil 11. Çalışma alanına ait jeoloji haritası (MTA, 1961)



Şekil 12. Çalışma alanında yüzeyleyen jeolojik birimlerin geçirimsizlik haritası

Tablo 10. Jeolojik birimlerin geçirimsizliğine yönelik yapılan analize ait bulgular

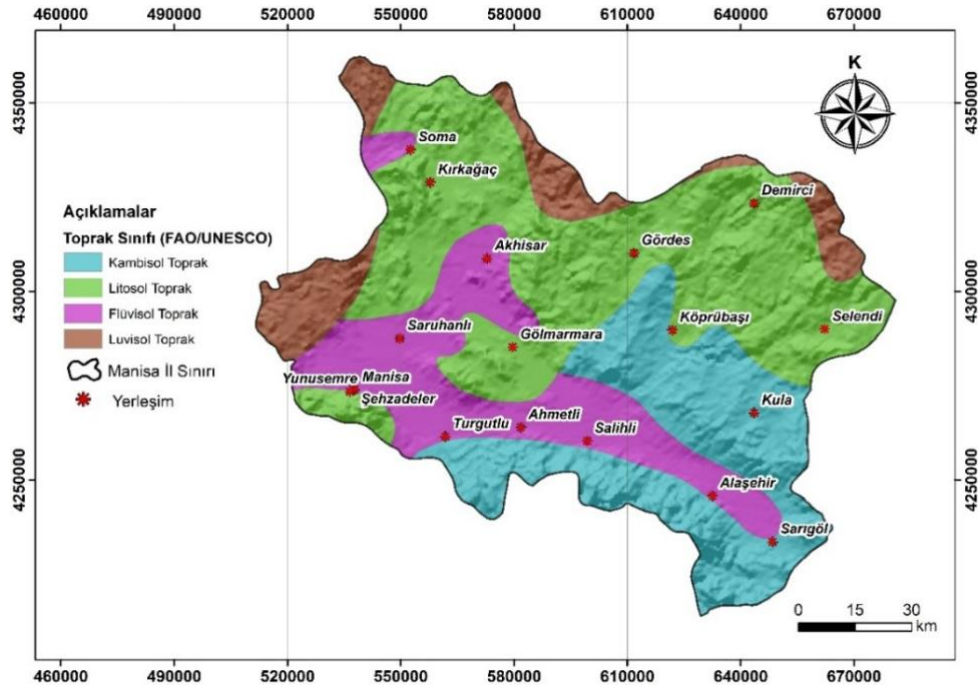
Geçirimsizlik Durumu	AHY Ağırlık Değeri	Alan (km ²)	Oran (%)
Çok Düşük Geçirimli	0,503	3898	29,30
Düşük Geçirimli	0,260	2426,2	18,30
Orta Geçirimli	0,134	4520,4	34,00
Yüksek Geçirimli	0,068	2337,4	17,60
Çok Yüksek Geçirimli	0,035	106,9	0,80

CR: 0,08, CI:0,093, λ max:5,37, RI: 1,12

3.1.8. Toprak

Herhangi bir alandaki toprak türü, bölgedeki sızma oranını ve yüzeysel akış miktarını belirlemektedir (Hagos ve ark., 2022). Yüksek oranda kum ve çakıl içeren topraklar, gözenek boşluklarının varlığı nedeniyle yüksek oranda sızmaya izin verirken, killi topraklar düşük sızma oranları ile yüzeysel akışa geçen su miktarını artırmaktadır. FAO toprak sınıflamasına göre çalışma alanında Litosol topraklar, Luvisol topraklar, Kambisol topraklar ve Flüvisol toprak türleri yer almaktadır (Falkenmark, 1995; FAO/UNESCO, 2025) (Şekil 13 ve Tablo 11).

Taşkın riski açısından Litosol topraklar toprak kalınlığı ve geçirimsizliği düşük topraklardır. Olası yağış anında suyu hızla yüzeysel akışa dönüştürmeleri nedeniyle taşkın riski taşıyan, eğimli arazilerde yer alması durumunda ise taşkın riski oldukça yüksek bölgeler olarak tanımlanmıştır. Flüvisol (Alüvyal) topraklar ise genellikle taşkın yataklarında veya düz ovalık alanlarda bulunan topraklardır. Flüvisol (Alüvyal) topraklar akarsu taşkın düzlüğünde oluşması nedeniyle taşkın riskine açık alanlardır. Luvisol topraklar ise kil içeriği yüksek topraklar olup Flüvisol ve Litosol topraklara göre daha düşük taşkın riski taşımaktadırlar. Kambisol topraklar ise genç topraklar olup geçirgenlikleri yüksek, sızma kapasitesi diğer toprak türlerine göre daha yüksek, düşük taşkın riski taşıyan toprak grubudur (Şekil 13).



Şekil 13. Çalışma alanına ait toprak haritası

Tablo 12. Drenaj Yoğunluğu kriteri için yapılan analize ait bulgular

Drenaj Yoğunluğu (km/km ²)	AHY Ağırlık Değeri	Alan (km ²)	Oran (%)
0-0,12	0,035	3000,1	22,58
0,13-0,24	0,068	4182,8	31,48
0,25-0,37	0,134	4407,8	33,17
0,38-0,49	0,260	1518,6	11,43
0,50-0,61	0,503	179,6	1,35
CR: 0,08, CI:0,093, λ max:5,37, RI: 1,12			

3.2 AHY ile Oluşturulan Karşılaştırma Matrisleri, Sınıflandırmalar ve Değerlendirmeler

Manisa ili taşkın risk değerlendirmesi için seçilen kriterlere yönelik oluşturulmuş korelasyon matrisleri, sınıflandırmalar ve değerlendirmeler sırasıyla aşağıdaki tablolarda sunulmuştur (Tablo 13, Tablo 14 ve Tablo 15). Yapılan analizde taşkın riskine katkıda bulunmadaki önem derecelerine göre akarsuya uzaklık, eğim ve yağış kriterlerinin en yüksek ağırlıklara sahip olduğu belirlenmiştir. Akarsuya uzaklık (%26,8) kriteri en yüksek ağırlık yüzdesine sahip olup, bunu sırasıyla eğim (%19,2) yağış (%13,8), arazi kullanımı (%9,7), drenaj yoğunluğu (%7,4), jeoloji (%6,6) yükselti (%5,2) ve bakı (%2,8) kriterleri takip etmektedir. Diğer parametrelerin ise Tablo 15'de gösterildiği gibi taşkın riski üzerinde görece daha düşük etkisi vardır. Her kriterin sıralaması ve katkı yüzdeleri, etkin taşkın yönetimi ve risk azaltma çalışmalarına katkı sağlamaktadır.

Tablo 13. AHY ve CBS teknikleri kullanılarak kriter katmanlar için yapılan taşkın risk duyarlılığı analizine ait bulgular

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Akarsuya Uzaklık(1)	1	2	2	7	5	5	5	2	3
Eğim (2)	0,5	1	3	7	2	3	3	2	3
Yağış (3)	0,5	0,33	1	7	2	2	3	2	2
Bakı (4)	0,14	0,14	0,14	1	0,33	0,50	0,50	0,33	0,50
Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (5)	0,20	0,50	0,50	3	1	2	2	2	2
Toprak (6)	0,20	0,33	0,50	2	0,50	1	3	2	2
Jeoloji (7)	0,20	0,33	0,33	2	0,50	0,33	1	2	2
Drenaj Yoğunluğu (8)	0,50	0,50	0,50	3	0,50	0,50	0,50	1	2
Yükselti (9)	0,33	0,33	0,50	2	0,50	0,50	0,50	0,50	1
Sütun Toplam	3,57	5,46	8,47	34,00	12,33	14,83	18,50	13,83	17,50
CR:0,06, CI:0,093, λ max:9,74, RI: 1,45									

Tablo 14. Normalize Edilmiş Karşılaştırma Matrisi

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Akarsuya Uzaklık (1)	0,28	0,37	0,24	0,21	0,41	0,34	0,27	0,14	0,17
Eğim (2)	0,14	0,18	0,35	0,21	0,16	0,20	0,16	0,14	0,17
Yağış (3)	0,14	0,06	0,12	0,21	0,16	0,13	0,16	0,14	0,11
Bakı (4)	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (5)	0,06	0,09	0,06	0,09	0,08	0,13	0,11	0,14	0,11

Toprak (6)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,07	0,16	0,14	0,11
Jeoloji (7)	0,06	0,06	0,04	0,06	0,04	0,02	0,05	0,14	0,11
Drenaj Yoğunluğu (8)	0,14	0,09	0,06	0,09	0,04	0,03	0,03	0,07	0,11
Yükselti (9)	0,09	0,06	0,06	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,06
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tablo 15. Analiz edilen kriterlerin taşkın riski açısından önem sıralamaları ve hesaplanmış ağırlık yüzdeleri

Katman	Sınıflar	Taşkın Risk Derecesi	Yeniden Sınıflandırma Puanı	AHY Ağırlık Yüzdesi (%)
Eğim (°)	0-3	Çok Yüksek Riskli	5	19,2
	3,1-10	Yüksek Riskli	4	
	11-16	Orta Riskli	3	
	17-30	Düşük Riskli	2	
	31-76	Çok Düşük Riskli	1	
Yükselti (m)	16-150	Çok Yüksek Riskli	5	5,2
	151-500	Yüksek Riskli	4	
	501-850	Orta Riskli	3	
	851-1200	Düşük Riskli	2	
	1201-2070	Çok Düşük Riskli	1	
Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü	Yerleşim	Çok Yüksek Riskli	5	9,7
	Tarım Alanları	Yüksek Riskli	4	
	Meralar	Yüksek Riskli	4	
	Çalılık Alanlar	Orta Riskli	3	
	Ormanlık Alanlar	Düşük Riskli	2	
	Sulak Alanlar	Düşük Riskli	2	
	Çıplak/Seyrek Bitki Örtüsü	Çok Düşük Riskli	1	
	Su Kütleleri	Çok Düşük Riskli	1	
	0,50-0,61	Çok Yüksek Riskli	5	
	0,38-0,49	Yüksek Riskli	4	
Drenaj Yoğunluğu (km/km ²)	0,25-0,37	Orta Riskli	3	7,4
	0,13-0,24	Düşük Riskli	2	
	0-0,12	Çok Düşük Riskli	1	
	250	Çok Yüksek Riskli	5	
	500	Yüksek Riskli	4	
Akarsuya Uzaklık	1000	Orta Riskli	3	26,8
	1500	Düşük Riskli	2	
	2000	Çok Düşük Riskli	1	
	815-835	Çok Yüksek Riskli	5	
	794-814	Yüksek Riskli	4	
Yağış (mm/yıl)	773-793	Orta Riskli	3	13,8
	752-772	Düşük Riskli	2	
	730-751	Çok Düşük Riskli	1	
	Alüvyal Topraklar	Çok Yüksek Riskli	5	
	Taşlı Topraklar	Yüksek Riskli	4	
Toprak	Luvisol Toprak	Orta Riskli	3	8,5
	Kambisol Toprak	Düşük Riskli	2	
	Çok Düşük Geçirimli Birimler	Çok Yüksek Riskli	5	
	Düşük Geçirimli Birimler	Yüksek Riskli	4	
	Orta Geçirimli Birimler	Orta Riskli	3	
Jeoloji/Geçirimlilik	Geçirimli Birimler	Düşük Riskli	2	6,6
	Çok Yüksek Geçirimli Birimler	Çok Düşük Riskli	1	

Bakı	Kuzeye Eğimli Yamaçlar	Çok Yüksek Riskli	5	2,8
	Güneye Eğimli Yamaçlar	Düşük Riskli	2	
	Doğu-Batı Yönünde Eğimli Yamaçlar	Düşük Riskli	2	

3.3. Taşkın Riski Taşıyan Bölgelerin Haritalanması ve Değerlendirilmesi

Manisa ili için CBS ortamında eğim, bakı, akarsuya uzaklık, yağış, arazi kullanımı/arazi örtüsü, yükselti, jeoloji, toprak ve drenaj yoğunluğu olmak üzere çeşitli kriterler kullanılarak AHY yardımıyla taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan tematik haritanın CBS ortamında Jenks (1967) doğal kırılmalar algoritması kullanılarak 5 farklı sınıf altında taşkın risk değerlendirme yapılmış (Ashfag ve ark., 2025; Bedada ve ark., 2025; Gacul ve ark., 2024; Zhran ve ark., 2024) ve taşkın riski taşıyan bölgeler belirlenmiştir.

Bu sınıflamaya göre çalışma alanında 1. bölge olarak tanımlanan taşkın riski çok zayıf alanlar 3942,1 km² alan kaplamakta ve bu oran ilin %29,7'lik bölümü ile temsil olmaktadır. Çok düşük taşkın riskine sahip bu alanlar eğim miktarının çok yüksek, yükseltinin arttığı, geçirimsizliğin oldukça yüksek, drenaj yoğunluğunun çok düşük, yağış miktarının görece düşük, ormanlık alanların ise çok fazla yer kapladığı bölgeler olarak belirlenmiştir.

2. bölge olarak tanımlanan taşkın riski düşük alanlar 4051,8 km² alan kaplamaktadır. Bu alan ilin %30,6'lık kesimini oluşturmaktadır. İlin kuzey ve batı kesimlerine düşen bu alanlarda yağış miktarının yüksek olmadığı, eğim miktarı ve geçirimsizliğin yüksek, drenaj yoğunluğunun ise düşük olduğu belirlenmiştir.

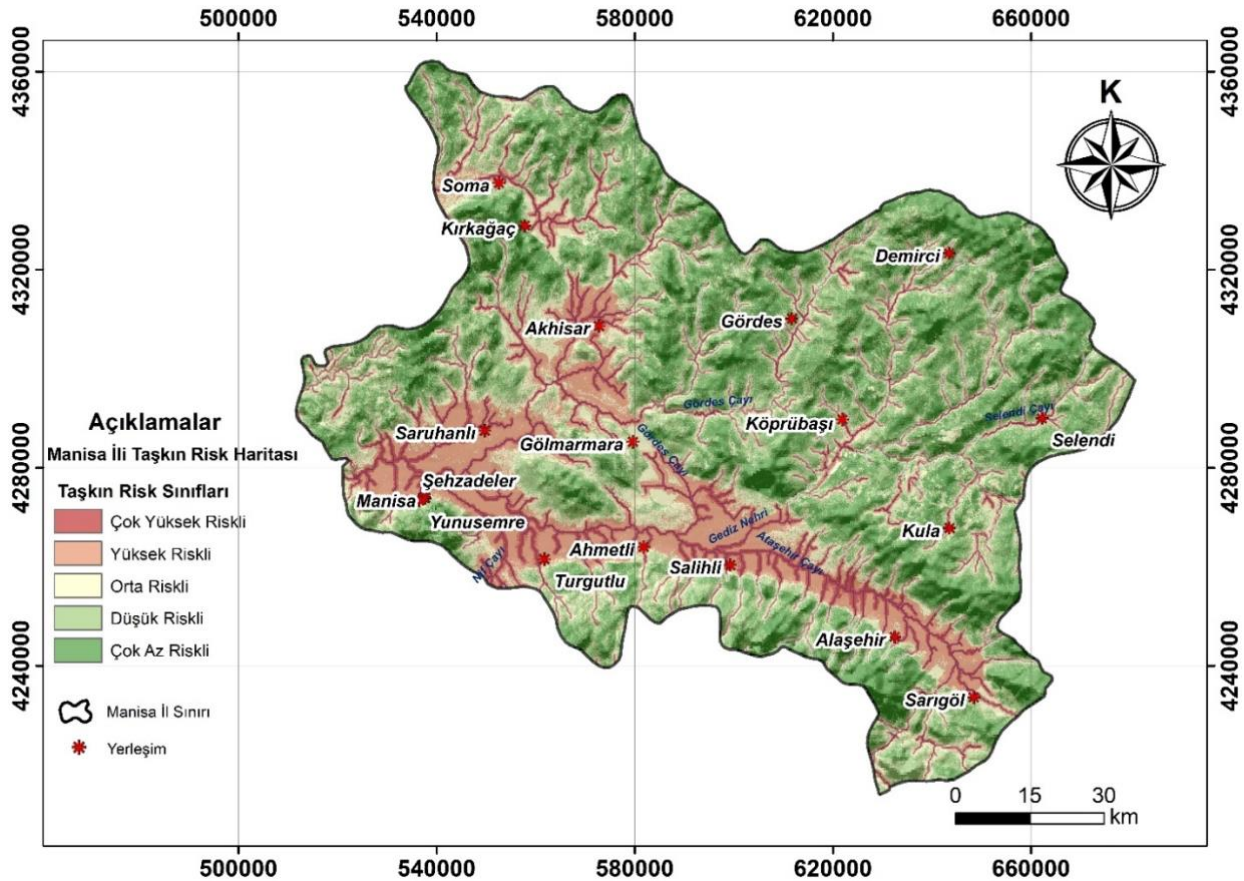
3. bölge olarak tanımlanan orta taşkın riskine sahip alanlar 2123,5 km² alan kaplamaktadır. Bu alan il genelinde %16,0'lık kesimi oluşturmaktadır. Bu alanlarda yağış miktarının görece daha yüksek olduğu, eğim miktarının azaldığı, geçirimsizlik derecesi ve drenaj yoğunluğunun orta, tarım arazilerinin ise giderek yaygınlaştığı belirlenmiştir.

4. bölge olarak tanımlanan taşkın riski yüksek alanlar 2233,4 km² alan ile çalışma alanının %16,8'ini oluşturmaktadır. Havza genelinde bu alanlar topoğrafya olarak eğimin azaldığı, düz arazilerin yaygınlaştığı, toprak geçirgenliğinin ve akarsuya mesafenin azaldığı, drenaj yoğunluğu ve yağış miktarının arttığı, düşük geçirimsizliğe sahip jeolojik birimlerin yer aldığı, tarım alanlarının, yerleşimlerin ve su kütlelerinin yaygınlaştığı alanlar olarak belirlenmiştir. Oluşturulan model haritaya göre; Manisa il merkezinde taşkın riski yüksek olan alanlar; Kula, Gördes, Demirci, Selendi, Soma ve Kırkağaç yerleşim merkezlerinin olduğu kesimlerde yer almaktadır (Şekil 15).

5. bölge olarak tanımlanan çok yüksek taşkın riskine sahip alanlar ise Manisa merkez ilçe ile Yunusmre, Turgutlu, Şehzadeler, Saruhanlı, Salihli, Sarıgöl, Ahmetli, Köprübaşı ve Akhisar yerleşim yerlerinin yer aldığı 904,6 km²lik bölümü (%6,8) kaplamaktadır (Şekil 15 ve Tablo 16).

Çalışma sahasında bu alanlar topoğrafya olarak eğimin çok düşük olduğu, kuzeyli bakıların yaygınlaştığı, drenaj yoğunluğunun çok yüksek, akarsulara mesafenin çok yakın, yağış miktarının çok yüksek olduğu, tarım arazilerinin ve su kütlelerinin çok fazla yer kapladığı, geçirimsizliği değişken alüvyon birimlerin yer aldığı ovalık alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 15). Gediz Nehri'nin kolları olan Nif Çayı, Kum Çayı, Gördes Çayı, Demirci Çayı ve Alaşehir Çayı'nın olduğu alanlar ile Deliniş, Selendi Çayları ve Kula bölgesinin kuzey ve güney kısımları çok yüksek risk taşıyan taşkın bölgeleri olarak haritalanmıştır. Özellikle çok yüksek taşkın riski taşıyan ilçe merkezleri olarak tanımlanan Yunusemre, Saruhanlı, Şehzadeler, Sarıgöl, Salihli, Turgutlu, Ahmetli ve Akhisar ilçelerinde son yıllarda taşkınların sıklıkla yaşandığı ve bu yerleşim yerlerindeki bazı tarım alanlarının hasar aldığı bilinmektedir (Şekil 15 ve Şekil 16).

CBS ortamında AHY modeli ile yapılan taşkın risk sınıflandırmasına göre, ilin verimli tarım arazilerini içeren ovalık kesimleri taşkınlara karşı duyarlılığı oldukça yüksek kesimlerdir. Bu kapsamda yüksek ve çok yüksek riskli alanlarda olası taşkın zararlarının etkilerinin azaltılması için odaklanmış taşkın yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 15. Manisa ili için AHY modeli kullanılarak geliştirilen taşkın duyarlılık haritası

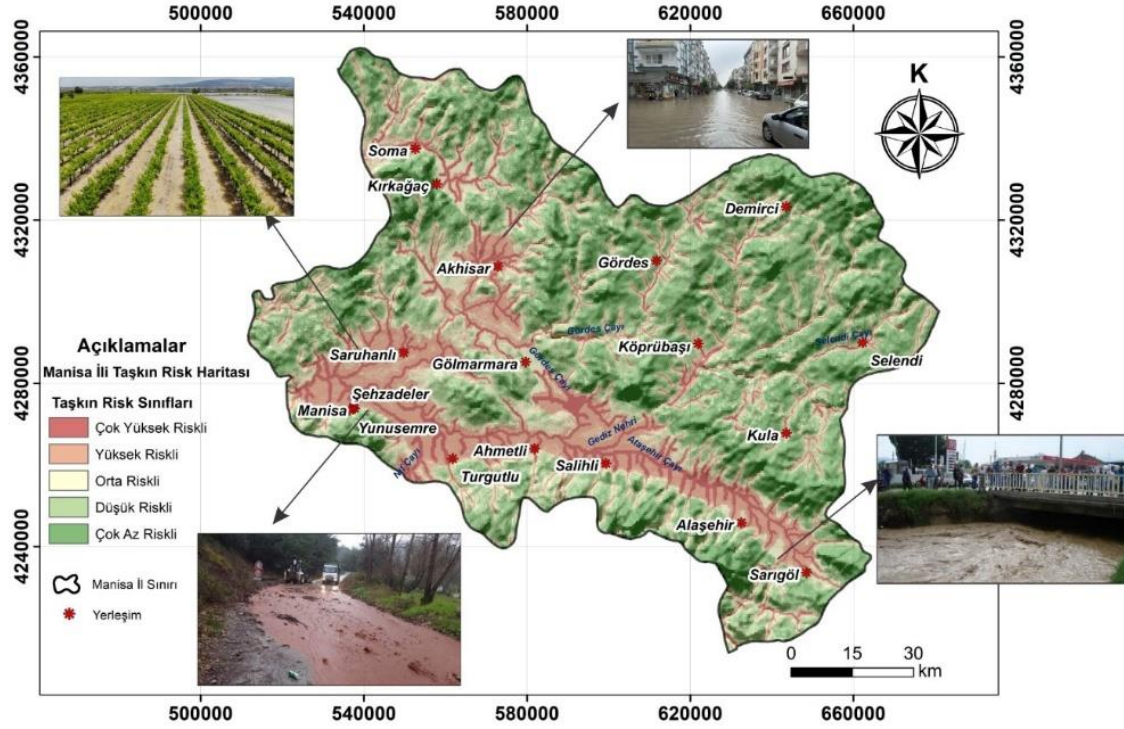
Tablo 16. Çalışma Alanındaki Taşkın Riski Taşıyan Bölgelerin Sınıflandırması

Taşkın Risk Bölge Sınıflaması	Alan (km ²)	Oran (%)	Bölge Sınıflamasında Temsil Olunan Özellikler
1.Bölge: Çok Düşük	3942,1	29,7%	Çok yüksek eğimli topoğrafya, dağlık alanlar, çok düşük drenaj yoğunluğu, akarsuya çok uzak, geçirimsizlik derecesi çok yüksek birimler
2.Bölge: Düşük	4051,8	30,6%	Yüksek eğimli topoğrafya, tepelik alanlar, akarsuya uzak düşük drenaj yoğunluğu, geçirimsizlik derecesi yüksek birimler
3.Bölge: Orta	2123,5	16,0%	Orta-yüksek eğimli topoğrafya, yamaç sırtların olduğu alanlar, akarsuya orta mesafede, orta drenaj yoğunluğu, geçirimsizlik derecesi orta birimler
4.Bölge: Yüksek	2233,4	16,8%	Düşük eğimli alanlar, akarsuya yakın mesafe, yüksek drenaj yoğunluğu, düşük geçirimsizlik, yüksek yağış miktarı
5.Bölge: Çok Yüksek	904,6	6,8%	Çok düşük eğimli düz topoğrafya, akarsuya çok yakın mesafe, tarım arazileri, su kütleleri ve yerleşimlerin yoğun olduğu ovalık alanlar, çok yüksek drenaj yoğunluğu, çok yüksek yağış miktarı, çok düşük geçirimsiz birimler

CBS ortamında oluşturulan taşkın duyarlılık haritası ile son yıllarda Manisa ilinde meydana gelen taşkın afetlerinin lokasyonları karşılaştırıldığında taşkın riski yüksek ve çok yüksek olarak haritalanmış bölgelerin taşkın afetlerine maruz kaldığı ve oluşturulan model haritanın gerçek durumla örtüştüğü görülmektedir. Geçmişten günümüze Manisa ilinde taşkın afetine uğrayan bölgeler Tablo 17’de verilmiş olup bu bölgelerin oluşturulan model haritada hangi bölgelere düştükleri Şekil 16’da sunulmuştur.

Tablo 17. Manisa ilinde yaşanan taşkın olayları

Olay Türü	Olay Tarihi	Yer	Akarsu/Çay/Dere
Taşkın	01.05.2025	Kula	
Taşkın	16.01.2024	Şehzadeler/Yunusemre	Sarma/Çaybaşı
Taşkın	18.06.2023	Manisa/Akhisar	Çağlak
Taşkın	01.06.2023	Manisa/Sarıgöl	Kocaçay
Taşkın	28.05.2023	Manisa/Saruhanlı	
Taşkın	30.05.2021	Saruhanlı/Turgutlu	Domuz/Karataş
Taşkın	23.06.2020	Manisa/Saruhanlı	
Taşkın	20.06.2018	Manisa/Salihli	
Taşkın	06.08.2014	Manisa/Ahmetli	Gürvelik/Hasan
Taşkın	23.06.2010	Manisa/Salihli	



Şekil 16. Manisa ilinde taşkına uğrayan yerleşimlerin oluşturulan model harita ile karşılaştırılması

4. Sonuçlar ve Öneriler

Küresel ölçekte meteorolojik afetler arasında birinci sırada yer alan taşkınlar, insan yaşamı ve sosyoekonomik hayat için önemli tehditler oluşturan doğal afetlerdendir. Taşkın risk haritalama teknikleri, afet yönetimi ve afet risklerini azaltmak için kullanılan kritik araçlardır. Çalışmaya konu olan Manisa ilinde son yıllarda sıklıkla taşkınlar yaşanmakta ve gerçekleşen taşkın olayları bölge için önemli bir çevresel tehdit oluşturmaktadır. Bu kapsamda Manisa ilinde CBS ortamında AHY modeli kullanılarak taşkın risk analizi yapılmış, taşkına duyarlı bölgeler haritalanmıştır. Buna göre çalışma alanında literatür çalışmaları, saha gözlemleri ve uzman görüşleri doğrultusunda taşkın olaylarının oluşumuna katkıda bulunan dokuz kriterin (yükselti, eğim, akarsuya uzaklık, yağış, bakı, drenaj yoğunluğu, arazi kullanımı/arazi örtüsü, toprak tipi ve jeoloji) taşkın duyarlılığı üzerine olan etkileri belirlenmiştir. İncelenen 9 kriter arasında akarsuya uzaklık (%26,8), yağış (%13,8) ve eğim (%19,2) kriterlerinin taşkınların gerçekleşmesinde önemli ölçüde etki ağırlıklarının olduğu tespit edilmiştir. 9 tematik katman kullanılarak Manisa ili için oluşturulan taşkın duyarlılık haritası, taşkın risk durumuna göre beş farklı sınıfa ayrılmıştır. Üretilen model harita değerlendirildiğinde; çalışma alanının %29,7'lik bölümü çok düşük, %30,6'lık bölümü düşük ve %16,0'lık kesimi ise orta taşkın riski kategorisine girmektedir. %6,8 (904,6 km²) ve %16,8 (2233,4 km²)'lik kesimler ise sırasıyla çok yüksek ve yüksek taşkın riski taşıyan bölgeler olarak sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflamada çok

yüksek ve yüksek taşkın riski taşıyan bölgeler; düşük eğim miktarına sahip, geçirimsizliği düşük, akarsu kollarına yakın, drenaj yoğunluğu yüksek ovalık alanlara karşılık gelmektedir. Bununla birlikte tarım alanlarının ve yerleşim yerlerinin çoğu çok yüksek taşkın duyarlılığına sahip bölgelerde yer almaktadır. Ayrıca, çalışma kapsamında belirlenmiş olan taşkın riski taşıyan alanlar, önceki yıllarda meydana gelmiş taşkın olaylarıyla karşılaştırıldığında bu bölgelerin birbirleriyle örtüştüğü belirlenmiştir. Özellikle taşkın duyarlılığı yüksek olarak belirlenmiş olan alanların çoğunun 2010, 2018, 2020, 2023 ve 2024 yıllarındaki taşkın felaketi sırasında sular altında kaldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu bölgelerin izlenmesi, iyileştirilmesi ve korunması için taşkın kontrol önlemlerine ihtiyaç vardır.

Sunulan araştırma, Türkiye ve Dünya'nın çeşitli bölgelerinde yürütülecek taşkın risk azaltma ve planlama çalışmalarına altlık oluşturacak metodolojiye sahiptir. Karar vericiler, planlamacılar ve mühendisler tarafından çalışma kapsamında türetilen tematik haritaların; taşkın önleme çalışmalarında altlık veri olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada önerilen AHY'nin, taşkın riski taşıyan bölgeleri belirlemek ve taşkın duyarlılık haritalama çalışmaları için oldukça etkili bir araç olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte kullanılan verilerin çözünürlükleri ve çok detaylı olmayan taşkın envanteri, çalışmanın sınırlamalarını oluşturmaktadır. Özellikle yüksek taşkın riski taşıyan alanlarda daha hassas haritalama çalışmalarının yapılması amacıyla yüksek mekânsal çözünürlüklü SYM verilerinin kullanılması, bulguları geliştirmek ve iyileştirmek için gereklidir.

Sunulan çalışmanın geliştirilmesi kapsamında taşkınların meydana geldiği akarsu yataklarında hidrolik (Hec-Ras 1 boyutlu veya 2 boyutlu) modeller yardımıyla akış derinliği veya akış hızı parametreleri belirlenebilir. Ayrıca gelecekteki olası taşkın risk senaryolarına karşı, yüksek taşkın duyarlılığına sahip olan alanların mikro bölgeleme çalışmaları yapılarak incelenmesinin oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Özellikle taşkınların fiziksel süreçlerini gerçeğe yakın simüle eden derin öğrenme teknikleri, veri madenciliği, makine öğrenimi gibi gelişmiş teknolojiler ile fiziksel tabanlı hidrolojik modellerin entegre kullanımı, taşkın risk haritalama çalışmalarının geçerliliğini artırabilir. Bu sürece, sahanın dinamiğine uygun yeni kriterlerinde dahil edilmesiyle (yer altı su seviye verileri, nüfus yoğunluğu, toprak nem içeriği, topoğrafik nemlilik indeksi, normalize edilmiş bitki fark indeksi, akarsu güç indeksi, sediman taşınım indeksi, yola uzaklık vb.) bölge özelinde taşkına duyarlı alanlar daha ayrıntılı olarak belirlenebilecektir.

Teşekkür

Yazar çalışmaya altlık oluşturan açık kaynak kodlu veriler ve raporlar için Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'na, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne, Maden

Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne, ESA Küresel Arazi Örtüsü Servisi'ne, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'ne, Tarım ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ile Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'ne teşekkür eder.

Yazarların Katkısı

Tüm çalışma sorumlu yazar tarafından yürütülmüş olup makaleye katkısı %100'dür.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir kişi ya da kurumla çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Ashfaq, S., Tufail, M., Niaz, A., Muhammad, S., Alzahrani, H., ve Tariq, A. (2025). Flood susceptibility assessment and mapping using GIS-based analytical hierarchy process and frequency ratio models. *Global and Planetary Change*, 251, 104831.
- Bedada, B.A., ve Dibaba, W.T. (2025). Geoinformatics and AHP multi criteria decision making integrated flood hazard zone mapping over Modjo catchment, Awash river basin, Central Ethiopia. *Discover Applied Sciences*, 7, 284.
- Chakraborty, R., Chandra Pal, S., Rezaie, F., Arabameri, A., Lee, S., Roy, P., ve Moayedi, H. (2022). Flash-flood hazard susceptibility mapping in Kangsabati River Basin, India. *Geocarto International*, 37(23), 6713-6735.
- Copernicus (2025). Data of Land Use from Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/> Erişim Tarihi: 28.07.2025.
- Costache, R., Arabameri, A., Costache, I., Crăciun, A., Islam, A. R. M. T., Abba, S. I., ve Pham, B.T. (2022). Flood susceptibility evaluation through deep learning optimizer ensembles and GIS techniques. *Journal of Environmental Management*, 316, 115316.
- CRED (2025). Centre for Research on the Epidemiology of Disasters-review of Disaster Events, <https://www.cred.be/publications>. (Erişim Tarihi: 04 May 2025).
- Das S., ve Gupta, A. (2021). Multi-criteria decision based geospatial mapping of flood susceptibility and temporal hydro-geomorphic changes in the Subarnarekha basin, India. *Geoscience Front* 12(5):101206.
- Debnath, J., Sahariah, D., Mazumdar, M., Lahon, D., Meraj, G., Hashimoto, S., ve Saikia, A. (2023). Evaluating flood susceptibility in the Brahmaputra river basin: An insight into Asia's Eastern Himalayan floodplains using machine learning and multi-criteria decision-making. *Earth Systems and Environment*, 7(4), 733-760.
- Desalegn, H., ve Mulu, A. (2021). Flood vulnerability assessment using GIS at Fetam watershed, upper Abbay basin, Ethiopia. *Heliyon*, 7(1).
- Ersay, S.B. (2017). *Manisa Kızıldere taşkın akımlarının HEC-RAS ile modellenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- ESA, (2025). Worldwide Land Cover Mapping. <https://esa-worldcover.org/> (Erişim Tarihi 20.07.2025).
- Falkenmark, M. (1995). Land-water linkages: a synopsis. *FAO Land and Water Bulletin*, 1, 15-17.

- FAO/UNESCO, (2025). FAO/UNESCO Dünya Toprak Haritası, <https://fao.org> (Erişim Tarihi: 20.07.2025).
- Farish, S., Munawar, S., Siddiqua, A., Alam, N., ve Alam, M. (2017). Flood risk zonation using gis techniques: district Charsadda, 2010 floods Pakistan. *Environmental Risk Assessment and Remediation*, 1(2).
- Gacul, L., Ferrancullo, D., Gallano, R., Fadriquel, K.J., Mendez, K.J. et al. (2024). GIS-based identification of flood risk zone in a rural municipality using fuzzy analytical hierarchy process (FAHP). *Revue Internationale de Géomatique*, 33(1), 295-320.
- Gebremichael, A., Gebremariam, E., ve Desta, H. (2025). GIS-based mapping of flood hazard areas and soil erosion using analytic hierarchy process (AHP) and the universal soil loss equation (USLE) in the Awash River Basin, Ethiopia. *Geoscience Letters*, 12, 12.
- Goodarzi, M. R., Sabaghzadeh, M., ve Niazkar, M. (2023). Evaluation of snowmelt impacts on flood flows based on remote sensing using SRM model. *Water*, 15(9), 1650.
- Greenbaum, D. (1989). Hydrogeological applications of remote sensing in areas of crystalline basement. In: Proceedings Groundwater Exploration and Development in Crystalline Basement Aquifers, Zimbabwe.
- Haghizadeh, A., Siahkamari, S., Haghiabi, A. H., ve Rahmati, O. (2017). Forecasting flood-prone areas using Shannon's entropy model. *Journal of Earth System Science*, 126, 1-11.
- Hagos, Y. G., Andualem, T. G., Yibeltal, M., ve Mengie, M. A. (2022). Flood hazard assessment and mapping using GIS integrated with multi-criteria decision analysis in upper Awash River basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 12(7), 148.
- Hammami, S., Zouhri, L., Souissi, D., Souei, A., Zghibi, A., Marzougui, A., ve 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, 1-16.
- HGM (2025). Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü. Türkiye İdari Sınırları Verileri. <https://www.harita.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 12.04.2025).
- Hussain, M., Tayyab, M., Ullah, K., Ullah, S., Rahman, Z. U., Zhang, J., ve Al-Shaibah, B. (2023). Development of a new integrated flood resilience model using machine learning with GIS-based multi-criteria decision analysis. *Urban Climate*, 50, 101589.
- Islam, M. M., ve Sado, K. (2000). Development of flood hazard maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS. *Hydrological Sciences Journal*, 45(3), 337-355.
- Jenks, G.F. (1967). The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography*, 27, 186-190.
- Kazakis, N., Kougias, I., ve Patsialis, T. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope-Evros region, Greece. *Science of the Total Environment*, 538, 555-563.
- Khosravi, K., Nohani, E., Maroufinia, E., ve Pourghasemi, H. R. (2016). A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran: a comparison between frequency ratio and weights-of-evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique. *Natural Hazards*, 83, 947-987.
- Liu, W., Feng, Q., Engel, B. A., Yu, T., Zhang, X., ve Qian, Y. (2023). A probabilistic assessment of urban flood risk and impacts of future climate change. *Journal of Hydrology*, 618, 129267.
- Lugeri, N., Kundzewicz, Z. W., Genovese, E., Hochrainer, S., ve Radziejewski, M. (2010). River flood risk and adaptation in Europe-assessment of the present status. Mitigation and adaptation strategies for global change, 15, 621-639.
- Madhuri, R., Srinivasa Raju, K. ve Vasan, A. (2023). İklim değişikliği altında sel duyarlılığına dayalı bina riski, Haydarabad, Hindistan. *J. Water Clim. Change*, 14 (7), 2150-2163.
- Manisa Valiliği Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü (2024). Manisa İli 2023 Yılı Çevre Durum Raporu, Manisa.
- Manisa Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (2021). Manisa İl Afet Risk Azaltma Planı, Manisa.
- MGM (2025). İllere Ait İstatistikî Yağış Verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/>, (Erişim Tarihi 19.04.2025).
- MTA (1961). Çalışma Alanına Ait 1/500.000 Ölçekli Jeoloji Haritası, Maden ve Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- NASA Power, (2025). The Prediction of Worldwide Energy Resources. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (Erişim Tarihi 18.04.2025).
- Oghly, A. L. (2024). Denizli ili Serinhisar ilçe merkezi taşkın yayılım alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ve HEC-RAS paket programı ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Rahmati, O., Pourghasemi, H. R., ve Zeinivand, H. (2016). Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golastan Province, Iran. *Geocarto International*, 31(1), 42-70.

- Rentschler, J., Salhab, M., ve Jafino, B.A. (2022). Flood exposure and poverty in 188 countries. *Nature communications*, 13(1), 3527.
- Rimba, A. B., Setiawati, M. D., Sambah, A. B., ve Miura, F. (2017). Physical flood vulnerability mapping applying geospatial techniques in Okazaki City, Aichi Prefecture, Japan. *Urban Science*, 1(1), 7.
- Saaty T. L. (2000). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process* (Vol. 6). RWS publications.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Mc Graw-Hill, New York, 19.
- Saaty, T. L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operation Research*, 48, 9-26.
- Saaty, T. L. (2003). Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research*, 145(1), 85-91.
- Saha, A., Pal, S. C., Arabameri, A., Blaschke, T., Panahi, S., Chowdhuri, I., Chakraborty, R., Costache, R., ve Arora, A. (2021). Flood Susceptibility Assessment Using Novel Ensemble of Hyperpipes and Support Vector Regression Algorithms. *Water*, 13(2), 241.
- Seejata, K., Yodying, A., Wongthadam, T., Mahavik, N., ve Tantane, S., (2018). Assessment of flood hazard areas using analytical hierarchy process over the Lower Yom Basin, Sukhothai Province. *Procedia Engineering*, 212, 340-347.
- Şengül, S., ve İspirli, M. N. (2022). Predicting snowmelt runoff at the source of the mountainous euphrates river basin in Turkey for water supply and flood control issues using HEC-HMS modeling. *Water*, 14(3), 284.
- Sepehri, M., Malekinezhad, H., Jahanbakhshi, F., Ildoromi, A. R., Chezgi, J., Ghorbanzadeh, O ve Naghipour, E. (2020). Integration of interval rough AHP and fuzzy logic for assessment of flood prone areas at the regional scale. *Acta Geophysica*, 68, 477-493.
- Sezen, C., Šraj, M., Medved, A., ve Bezak, N. (2020). Investigation of rain-on-snow floods under climate change. *Applied Sciences*, 10(4), 1242.
- Sharker, R., Islam, M. R., Hosen, M. B., Kader, Z., Aziz, M. T., Tahera-Tun-Humayra, U., ve Roy, A. (2025). GIS-based AHP approach to flood susceptibility assessment in Tangail district, Bangladesh. *Journal of Earth System Science*, 134(1), 26.
- Sharma, V. K., Rao, G. S., Amminedu, E., Nagamani, P. V., Shukla, A., Rao, K. R. M., ve Bhanumurthy, V. (2016). Event-driven flood management: design and computational modules. *Geo-Spatial Information Science*, 19(1), 39-55.
- Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M. H., Zghibi, A., ve Dlala, M. (2020). GIS-based MCDM–AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia. *Geocarto International*, 35(9), 991-1017.
- Sugianto, S., Deli, A., Miswar, E., Rusdi, M., ve Irham, M. (2022). The effect of land use and land cover changes on flood occurrence in Teunom Watershed, Aceh Jaya. *Land*, 11(8), 1271.
- SYGM (2019) Gediz Havzası Taşkın Yönetim Planı. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Cilt 1, Ankara.
- Talukdar, S., Singha, P., Mahato, S., Pal, S., Liou, Y. A., ve Rahman, A. (2020). Land-use land-cover classification by machine learning classifiers for satellite observations-A review. *Remote Sensing*, 12(7), 1135.
- Thammaboribal, P., Tripathi, N. K., ve Lipiloet, S. (2025). Using of analytical hierarchy process (AHP) in disaster management: A review of flooding and landslide susceptibility mapping. *International Journal of Geoinformatics*, 21(4).
- TÜİK (2024). Nüfus İstatistikleri Portalı. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/> (Erişim tarihi: 12.04.2025).
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023). On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028) https://www.sbb.gov.tr/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024_2028_11122023.pdf (Erişim tarihi: 20 Temmuz 2025).
- Yariyan, P., Avand, M., Abbaspour, R. A., Torabi Haghighi, A., Costache, R., Ghorbanzadeh, O., ve Blaschke, T. (2020). Flood susceptibility mapping using an improved analytic network process with statistical models. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 2282-2314.
- Youssef, A. M., Pradhan, B., ve Hassan, A. M. (2011). Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*, 62(3), 611-623.

- Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, NE, Xu, P., Ramoino, F., ve Arino, O. (2022). ESA World Cover 10 m 2021 v200.
- Zhang, Y., Li, Z., Ge, W., Chen, X., Xu, H., Guo, X., and Wang, T. (2021). Impact of extreme floods on plants considering various influencing factors downstream of Luhun Reservoir, China. *Science of The Total Environment*, 768, 145312.
- Zhao, J., Wang, J., Abbas, Z., Yang, Y., ve Zhao, Y. (2023). Ensemble learning analysis of influencing factors on the distribution of urban flood risk points: a case study of Guangzhou, China. *Frontiers In Earth Science*, 11, 1042088.
- Zhou, K., Kong, F., Yin, H., Destouni, G., Meadows, M. E., Andersson, E., ve Su, J. (2024). Urban flood risk management needs nature-based solutions: A coupled social-ecological system perspective. *Urban Sustainability*, 4(1), 25.
- Zhran, M., Ghanem, K., Tariq, A. et al. (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, 184.
- Zzaman, R. U., Nowreen, S., Billah, M., ve Islam, A. S. (2021). Flood hazard mapping of Sangu River basin in Bangladesh using multi-criteria analysis of hydro-geomorphological factors. *Journal of Flood Risk Management*, 14(3), e12715.