



Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Taşkın Riskinin Tespiti:

Bursa İli İnegöl İlçesi Kalburt Deresi Örneği^A

Burcu ŞANLI¹, Murat CAN², Şerife Tülin AKKAYA ASLAN^{3*}

Öz: Bu çalışma, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak Kalburt Deresi bölgesinde taşkın riski analizi yapmayı amaçlamaktadır. Yükseklik, eğim, bakı, yağış, akarsuya yakınlık, toprak yapısı, bitki örtüsü ve arazi kullanımı olmak üzere sekiz coğrafi faktör değerlendirilmiştir. AHP yöntemi ile faktörlerin taşkın riski üzerindeki önem dereceleri belirlenmiş, uzman görüşleri ve literatürden faydalanılarak ağırlıklandırmalar yapılmıştır. Bu sıralama doğrultusunda, CBS yazılımı ArcMap 10.2.2 kullanılarak coğrafi analizler gerçekleştirilmiş ve risk haritası oluşturulmuştur. CBS sayesinde mekansal dağılım analiz edilmiş ve farklı risk seviyeleri belirlenmiştir.

Sonuçlara göre, çalışma alanının %25.53'ü yüksek riskli, %32.82'si orta riskli, %28.64'ü çok az riskli, %12.36'sı az riskli, %0.64'ü ise risksizdir. Yüksek riskli alanlar, Kalburt Deresi'ne 0-5000 metre mesafede bulunan yerleşim, sanayi ve tarım alanlarında yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışma, AHP ve CBS kombinasyonunun taşkın riski analizinde etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Gelecekte iklim değişikliği senaryoları ve makine öğrenmesi gibi yenilikçi yaklaşımların eklenmesi, taşkın risk analizlerinin doğruluğunu artırabilir.

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), taşkın, risk haritalaması, mekansal analiz.

^A Bu çalışma Burcu ŞANLI tarafından yürütülen "Coğrafi Bilgi Sistemleri Desteği ile Küçük Su Havzalarında Taşkın Risk Analizi" konulu yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

^{*} **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ³ Şerife Tülin AKKAYA ASLAN, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendiliği Bölümü, Bursa Türkiye, akkaya@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5129-8642](https://orcid.org/0000-0001-5129-8642)

¹ Burcu ŞANLI, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendiliği Anabilim Dalı, Bursa Türkiye, bsanli198@gmail.com, [OrcID 0009-0008-6687-0902](https://orcid.org/0009-0008-6687-0902)

² Murat CAN, Nilüfer, Bursa Türkiye, muratcan@dsi.gov.tr, [OrcID 0000-0002-1693-5877](https://orcid.org/0000-0002-1693-5877)

Flood Risk Assessment Using Analytical Hierarchy Process (AHP) and GIS: A Case Study of Kalburt Stream in İnegöl District, Bursa

Abstract: This study aims to analyze flood risk in the Kalburt Stream region using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information Systems (GIS). Eight geographical factors were evaluated: elevation, slope, aspect, precipitation, proximity to water bodies, soil type, vegetation cover, and land use. To determine the relative importance of these factors in flood risk assessment, the AHP method was used in the study, and the weightings were made based on expert opinions and literature reviews. Following this ranking, geographic analyses were conducted using ArcMap 10.2.2 software, and a flood risk map was generated. GIS facilitated spatial distribution analysis and the identification of different risk levels.

According to the results, 25.53% of the study area is classified as high risk, 32.82% as medium risk, 28.64% as very low risk, 12.36% as low risk, and 0.64% as risk-free. High-risk areas are concentrated within 0–5000 meters of Kalburt Creek, particularly in residential, industrial, and agricultural zones.

This study demonstrates that combining AHP and GIS is a practical approach to flood risk analysis. Integrating innovative methods such as climate change scenarios and machine learning in future studies may enhance the accuracy of flood risk assessments.

Keywords: Analytic Hierarchy Process (AHP), Geographic Information Systems (GIS), flood, risk mapping, spatial analysis.

Giriş

Taşkınlar, dünya genelinde en yaygın görülen doğal afetlerden biri olup can ve mal kaybına, altyapı zararlarına ve ekolojik dengenin bozulmasına yol açan doğal afetler arasında yer almaktadır (Özcan, 2019). Taşkınlar doğal ve insan kaynaklı faktörlerin etkisiyle oluşmaktadır. Aşırı yağış, kar erimeleri ve topografik yapı gibi doğal etkenlerin yanı sıra, yanlış arazi kullanımı ve su yollarındaki yapısal değişiklikler gibi insan kaynaklı faktörler de taşkın riskini arttırmaktadır. Taşkın riski, mekansal analiz teknikleri ile belirlenerek etkin bir şekilde yönetilebilir ve zararları en aza indirilebilir.

Son yıllarda, taşkın riskini belirleme ve etkilerini minimize etme amacıyla birçok bilimsel çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) gibi modern tekniklerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. CBS, taşkın risk analizi için en yaygın olarak kullanılan teknolojilerden biridir (Akkaya Aslan ve ark., 2004; Köroğlu ve Akıncı 2023). Bu sistem, coğrafi verileri analiz ederek taşkın riski yüksek bölgeleri belirleme konusunda etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır. CBS ve uzaktan algılama teknikleri, taşkın riskinin yönetilmesinde kritik bir destek sunarak, afet öncesi tedbirlerin daha etkin bir şekilde alınmasına imkan tanımaktadır (Yang ve ark., 2021; Kumar ve ark., 2022;

Chien ve ark., 2019). Zhou ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, CBS tabanlı analizlerle taşkın tehlikesi haritaları oluşturmuş ve mekansal analizlerin taşkın risk tahminlerinde ne kadar etkili olduğunu göstermişlerdir. Benzer şekilde, Kara ve Yıldız (2023) yaptıkları çalışmada, taşkın riski yüksek alanların CBS ile haritalandığını ve bu yöntemin yerel yönetimler için kritik karar mekanizmalarından biri olduğunu vurgulamışlardır.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olup, taşkın risk analizinde etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Saaty (2008) tarafından geliştirilen bu yöntem, karar vericilere çok sayıda faktörü sistematik bir şekilde değerlendirme ve ağırlıklı olarak sıralama imkânı sunmaktadır (Aydın ve Birincioğlu 2022; Akıncı ve ark. 2015). Kumar ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, AHP yönteminin taşkın risk analizinde kullanımını değerlendirmiş ve çok kriterli karar verme tekniklerinin risk haritalarını oluşturmada önemli bir yeri olduğunu belirtmişlerdir. Fayaz ve ark. (2020), AHP yönteminin kentsel alanlarda taşkın riskini belirlemede nasıl kullanıldığını incelemiş ve bu yöntemin karar vericilere etkili müdahale stratejileri belirleme konusunda yardımcı olduğunu vurgulamışlardır. Bu çalışmada, çeşitli coğrafi ve hidrolojik faktörlerin AHP modeli kullanılarak değerlendirilmesiyle, taşkın risk haritalarının önemli bir çıktı olduğu belirtilmiştir.

AHP ve CBS kombinasyonu, taşkın risk haritalarının oluşturulmasında etkili bir yaklaşım sunmakta ve taşkın riski taşıyan bölgelerin haritalanmasına yönelik yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Taş ve Yanık, 2021; Yurteri, 2024; Tanış ve Erdi 2024; Güneş ve Kömüşçü, 2025). Jha ve ark. (2020) çalışmalarında, su yolları, topoğrafya, zemin özellikleri gibi çok sayıda faktör dikkate alınarak, taşkın risk haritalarının oluşturulması sağlanmıştır. Chen ve ark. (2023), CBS tabanlı AHP yönteminin taşkın analizinde kullanımını inceleyerek, bu iki yöntemin entegre edilmesiyle oluşturulan risk haritalarının karar vericilere sağladığı faydaları ortaya koymuşlardır. Benzer bir çalışmada, Zhou ve ark. (2020), CBS ve AHP entegrasyonunun mekansal karar verme süreçlerini iyileştirdiğini ve taşkın risk tahminlerinde önemli bir hassasiyet sağladığını göstermişlerdir. Kothawale ve ark. (2018), taşkın riski haritalarının oluşturulmasında AHP ve CBS'nin birleşimini kullanarak, çok kriterli karar verme yöntemlerinin bölgesel afet yönetiminde nasıl yardımcı olabileceğini incelemişlerdir. Çalışmalarında, farklı coğrafi faktörlerin etkisini AHP ile sıralayarak, taşkın riski haritalarını CBS üzerinden görselleştirmişlerdir. Bu metodoloji, taşkın riskine karşı alınacak önlemler ve yerel afet yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde faydalı olmuştur.

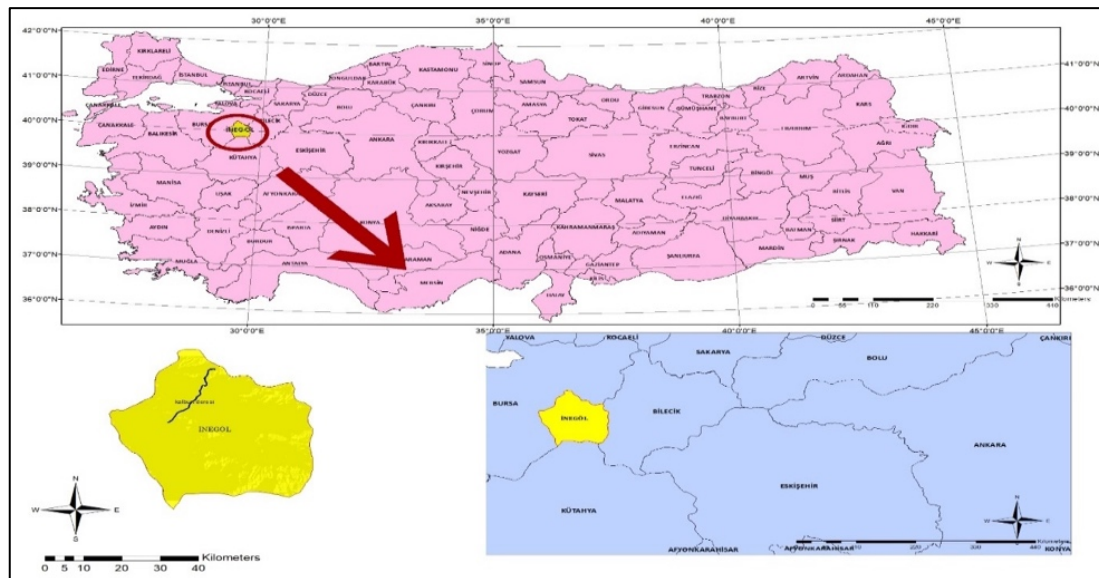
Yapılan çalışmalar, taşkın risk analizinde AHP ve CBS kombinasyonunun etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yöntemlerin birleştirilmesi, taşkın tehlikesinin daha hassas şekilde haritalanmasını ve riskli alanların doğru bir şekilde belirlenmesini sağlamaktadır. Gelecekte, iklim değişikliği senaryoları ve makine öğrenmesi gibi yeni yaklaşımların bu analizlere entegre edilmesi, taşkın risk değerlendirmelerinin daha da iyileştirilmesine katkı sağlayabilir.

Türkiye’de ise özellikle akarsu taşkınlarının yaygın olarak yaşandığı görülmektedir (Kılıçer ve Özgüler, 2002). Bu taşkın türü, ülkemizde en çok hasar ve can kaybına yol açan doğal afetlerden biri olup, depremlerden sonra en büyük zararları oluşturan afet olarak öne çıkmaktadır (T.C Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). Ülkemizde taşkınların önceden tahmin edilmesi ve olası etkilerinin en aza indirilmesi için çeşitli resmi kurum ve kuruluşlar taşkın yönetiminden sorumludur. 2007 yılında yürürlüğe giren AB Taşkın Direktifi ile, taşkın haritalama ve taşkın risk değerlendirme çalışmaları sistematik bir hale gelmiştir. Bu kapsamda, taşkın tehlike ve

Bu çalışmada, Kalburt Deresi havzasında taşkın riskini belirlemek amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemlerini birleştirerek Kalburt Deresi havzasında taşkın riskinin analiz edilmesi ve mekansal dağılımının belirlenmesi ile amaçlanmıştır.

Çalışma Alanı

Kalburt deresi, Akdere, Eskibiçki dere ve Koca dere'nin birleşiminden doğmakta ve Cerrah köyü, Çeltikçi köyü ve İnegöl ilçe merkezini geçerek Göksu çayı'na mansaplanmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanını kapsayan İnegöl ilçesinin iklimi Karadeniz ile Akdeniz arasında geçiş karakteri göstermektedir. Yaz ayları daha çok Akdeniz iklimine benzemekte olup sıcak ve yağışlıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 12.3°C'dır. Çalışma alanında İnegöl Meteoroloji Gözlem İstasyonu mevcuttur. Gözlem istasyonunda sıcaklık ölçümü yapılmaktadır ve ayrıca 53 yıllık yağış gözlemi bulunmaktadır. Ortalama yıllık yağış miktarının %62'si aralık ile mayıs ayları arasında, %38'i haziran-kasım aylarında düşmektedir. Uludağ eteklerine ve yayla kesimine yükseltiye bağlı olarak değişken miktarda yağış düşmektedir. İnegöl Meteoroloji Gözlem İstasyonuna göre bölgeye düşen 53 yıllık ortalama toplam yağış 556.4 mm'dir (Mgm, 2023).



Şekil 1. *Kalburt deresi lokasyon haritası*

Çalışmada Kullanılan Veriler

Taşkın risk analizlerinde son yıllarda yapılan çalışmalarda da topografik yapı (yükseklik, eğim, bakı), yağış, akarsuya yakınlık, jeoloji, toprak, bitki örtüsü, arazi kullanımı vb. parametrelerin kullanıldığı görülmüştür (Zhou ve ark., 2020; Kara ve Yıldız 2023; Chen ve ark., 2023). Çalışmada taşkın risk analizi analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) ile CBS ortamında gerçekleştirilmiş olup analiz için 8 kriter (yükseklik, eğim, bakı, yağış, akarsuya yakınlık, toprak, bitki örtüsü, arazi örtüsü) kullanılmıştır. Çalışmada tüm kriterler için gerekli veriler açık erişimli ücretsiz veri tabanlarından 2024 yılı içinde elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan verilerin indirildikleri kaynaklar ve kullanıldıkları analizlere ilişkin bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan veri kaynakları ve kullanıldıkları analizler

Veri	Kaynak	Kullanıldığı analiz
Landsat 9 OLI 2 /TIRS 26.05.2024 tarihli uydu görüntüsü	Earthexplorer,USGS (https://earthexplorer.usgs.gov/)	Bitki örtüsü analizi (NDVI)
Corine Land Cover(2018 arazi kullanım değişimi vektör verisi)	Copernicus land cover (https://www.copernicus.eu/en)	Arazi kullanım örtüsü-arazi kullanım kabiliyeti
SRTM 1 Arc Second Global Data	Earthexplorer,USGS (https://earthexplorer.usgs.gov/)	Topografik Analizler (Eğim-Bakı- Yükseklik)-Yağış Analizi
1/100 000 arazi varlığı ve tarımsal kullanıma uygunluk haritası	(https://bursaarazivarligi.wordpress.com/)	Toprak analizi

Yöntem

Analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) birden çok kriteri olan problemlerde karar verme işlemi, karar mekanizmasına dayalı subjektif bir işlemdir. Bu yöntem, öznel olarak daha kolay değerlendirilebilen ve daha kolay anlaşılabilen alt sorunların bir hiyerarşisi içerisinde problemlerin çözümlenmesini sağlayan bir araçtır. Öznel değerlendirmeler, sayısal bir ölçek şeklinde sıralanan sayısal değerlere dönüştürülmektedir. AHP ile coğrafi bilgi sistemi desteği ile taşkın risk haritalarının oluşturulduğu bu çalışmanın akış diyagramı Şekil 2’de verilmiştir. Çalışma sahasının bulunduğu alana ait taşkın riski oluşturmada etkili olabilecek 8 adet coğrafi kriter belirlenmiştir. Yükseklik, eğim, bakı ve yağış analizler SRTM-1 uydusuna ait 30 m çözünürlüklü DEM verisi üzerinden, bitki örtüsü analizi LANDSAT-9 OLI2/TIRS2 uydusunun 26.05.2024 tarihli görüntüsünden, arazi kullanımı analizi 2018 yılına ait Corine arazi örtüsü verisinden ve toprak yapısı analizi ise Bantchina ve ark. (2017) tarafından hazırlanan veri setinden, akarsuya yakınlık analizi ise Arcmap 10.2.2 ortamında Kalburt deresinin altlık haritaları üzerinden gerçekleştirilmiş ve her bir veri CBS ortamında coğrafi analizlere tabi tutulmuşlardır.



Şekil 2. Taşkın risk haritalarının oluşturulması için AHP yöntemi ile iş akış diyagramı
(Saaty, 2008 baz alınarak bu görsel yazar tarafından oluşturulmuştur).

AHP yönteminde kriterler ve seçenekler ayrı olarak kendi aralarında sahip oldukları ortak bir özelliğe göre ikili olarak karşılaştırılırlar. İkili karşılaştırma işlemi Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen Çizelge 2’de verilen ölçeklendirme tablosu ile gerçekleştirilir (Özdemir, 2019).

Çizelge 2. Thomas L. Saaty(2008) tarafından geliştirilen temel ölçek tablosu

Önem ağırlığı	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki kriterde eşit derecede öneme sahiptir
2	Zayıf	
3	Orta önem	Kriterlerden biri diğerine göre daha önemlidir.
4	Orta artı	
5	Güçlü önem	Kriterlerden biri diğerine göre daha fazla önemlidir.
6	Güçlü artı	
7	Çok güçlü/kanıtlanmış önem	Kriterlerden birinin önem değeri diğerine göre kuvvetle fazladır ve bu pratikte kanıtlanmıştır.
8	Çok çok güçlü	
9	Aşırı önem	Kriterlerden biri diğerine göre aşırı derecede önemlidir

Çalışma sahasında taşkın riski oluşturmada etkili olabilecek her bir coğrafi kriterin AHP ikili karşılaştırma yöntemi ile önem ağırlıkları bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kriterlerin ikili karşılaştırması

Kriterler	Yükseklik	Yağış	Eğim	Akarsu yakınlık	Toprak	Bitki örtüsü	Arazi kullanımı	Bakı
Yükseklik	1	3	3	5	5	5	8	9
Yağış	1/3	1	5	6	5	5	9	6
Eğim	1/3	1/5	1	4	4	4	9	9
Akarsu yakınlık	1/5	1/6	1/4	1	3	4	3	3
Toprak	1/5	1/5	1/4	1/3	1	3	2	3
Bitki örtüsü	1/5	1/5	1/4	1/4	1/3	1	2	3
Arazi kullanımı	1/8	1/9	1/9	1/3	1/2	1/2	1	2
Bakı	1/9	1/6	1/9	1/3	1/3	1/3	1/2	1
Toplam	2.50	5.04	9.97	17.25	19.17	22.83	34.50	36.00

İkili karşılaştırma işlemi sonrasında karşılaştırma tablosunda her bir satır sütun toplamına bölünerek normalize edilmiş (Çizelge 4) ve her bir satırın ortalaması alınarak her bir ana kriterin önem ağırlıkları bulunmuştur.

Çizelge 4. Kriterlerin ikili karşılaştırma normalizasyonu

Kriterler	Yükseklik	Yağış	Eğim	Akarsu yakınlık	Toprak	Bitki örtüsü	Arazi kullanımı	Bakı
Yükseklik	0.40	0.59	0.30	0.29	0.26	0.22	0.23	0.25
Yağış	0.13	0.20	0.50	0.35	0.26	0.22	0.26	0.17
Eğim	0.13	0.04	0.10	0.23	0.21	0.18	0.26	0.25
Akarsu yakınlık	0.08	0.03	0.03	0.06	0.16	0.18	0.09	0.08
Toprak	0.08	0.04	0.03	0.02	0.05	0.13	0.06	0.08
Bitki örtüsü	0.08	0.04	0.03	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08
Arazi kullanımı	0.05	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.06
Bakı	0.04	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03

İkili karşılaştırma ve normalizasyon işlemleri bittiğinde her bir karşılaştırma tablosunun tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı (CR) hesabı (Eşitlik 1.) Rassal İndeksi tablosundan kriter sayısınca okunan Rassal indeks (RI) değerleri (Saaty, 2002) ve tutarlılık indeksi (CI) ile hesaplanır (Çizelge 5). Tutarlılık oranı 0.10 değeri ve daha küçük değerler almalıdır (Saaty, 2002). Tutarlılık oranının 0.10'dan küçük olması yargıların yeterli tutarlılıkta ve değerlendirilebileceğini göstermektedir (Duman ve İrcan, 2022).

Çizelge 5. Rassal Tutarlılık indeksi tablosu

Boyut(n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.25	1.32	1.41	1.45	1.49

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

Eşitlik 1’de CI= tutarlılık indeksini ve RI=Rassal indeksini ifade eder ve tutarlılık indeksi şu eşitlik kullanılarak hesaplanır (Eşitlik 2):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Eşitlik2’de n kriter sayısını ifade eder. λ_{max} = en büyük özdeğeri (önem ağırlığını) ifade etmekte olup λ_{max} Eşitlik 3 ile hesaplanmaktadır;

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left[\frac{w_1^t}{w_1} + \dots + \frac{w_n^t}{w_n} \right] \quad (3)$$

w^t = özdeğer ve w =özvektör olarak tanımlanmaktadır.

Tüm ana kriterlerin tutarlılık oranı (CR) 0.10 değerinin altında veya bu değere eşit çıkmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. İkili karşılaştırmalar tutarlılık oranı değerleri

Kriterler	Tutarlılık oranı değerleri
Ana kriterler	CR=0.09 (CI=0.13, RI=1.41, CI/RI=0.09)
Yükseklik	CR=0.09 (CI=0.10, RI=1.12, CI/RI=0.09)
Yağış	CR=0.09 (CI=0.08, RI=0.9, CI/RI=0.088)
Eğim	CR=0.08 (CI=0.09, RI=1.12, CI/RI=0.08)
Akarsu yakınlık	CR=0.10 (CI=0.13, RI=1.25, CI/RI=0.10)
Toprak	CR=0.7 (CI=0.60, RI=0.9, CI/RI=0.7)
Bitki örtüsü	CR=0.08 (CI=0.09, RI=1.12, CI/RI=0.08)
Arazi kullanımı	CR=0.10 (CI=0.09, RI=0.9, CI/RI=0.10)
Baki	CR=0.02 (CI=0.09, RI=1.12, CI/RI=0.02)

Tutarlılık oranı hesabından sonra her bir coğrafi faktöre CBS ortamında ağırlıklı çakıştırma işleminde önem ağırlıkları ve önem sıralamaları göz önünde bulundurularak ağırlık puanı atanmış ve taşkın risk haritası elde edilmiştir. Taşkın risk puanları ağırlıklı çakıştırma işlemi sonucunda oluşan sonuç raster verisinin veri özellikleri kısmından risk düzeyine göre düzenlenip sınıflandırılması ile atanmıştır (Çizelge 7).

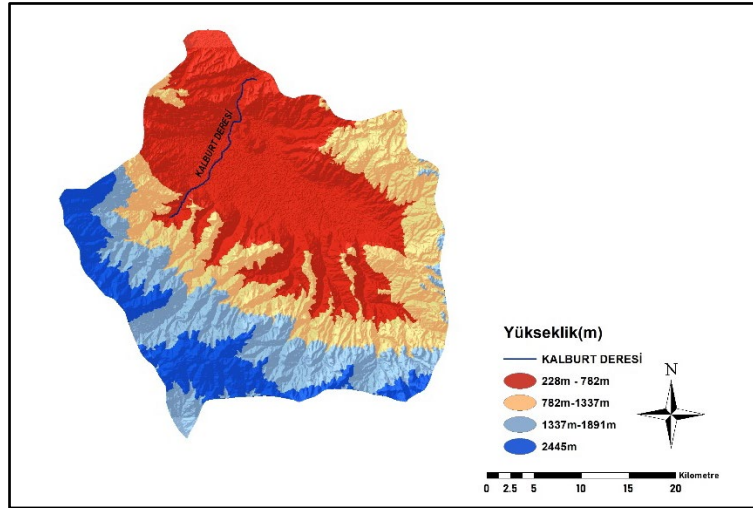
Çizelge 7. Taşkın risk puan sınıfları

1	Risk yok
2	Çok az risk
3	Az risk
4	Orta risk
5	Yüksek risk

Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanında taşkına etki eden temel kriterler yükseklik, yağış, eğim, akarsu yakınlık, toprak, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve bakı olarak belirlenmiştir. Bu kriterlerin kendi aralarında önem sıralaması AHP tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Bursa ili, İnegöl ilçesinde bulunan Kalburt havzası için kriterlerin değerlendirilmesi sonucu elde edilen bulgular aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

Yükseklik: Çalışma sahasının yükseklik analizi sonucunda yükseltisinin kuzeyden güneye arttığı, sahadaki yükseltisinin 228 m ila 2445 m arasında değiştiği ve sahada en alçak kota sahip alanların İnegöl ovası ve yakın çevresinin bulunduğu alanlar olduğu görülmüştür. Taşkın riski açısından sahada düzlük sayılabilecek ve en alçak kota sahip alanlar su birikme alanları olarak yüksek riskli olarak değerlendirilmiştir. Yüksek kota ve yükselti ve engebenin yüksek olduğu alanlar çok az risk veya riskin olmadığı alanlar olarak değerlendirilip sınıflandırılmıştır (Şekil 3).



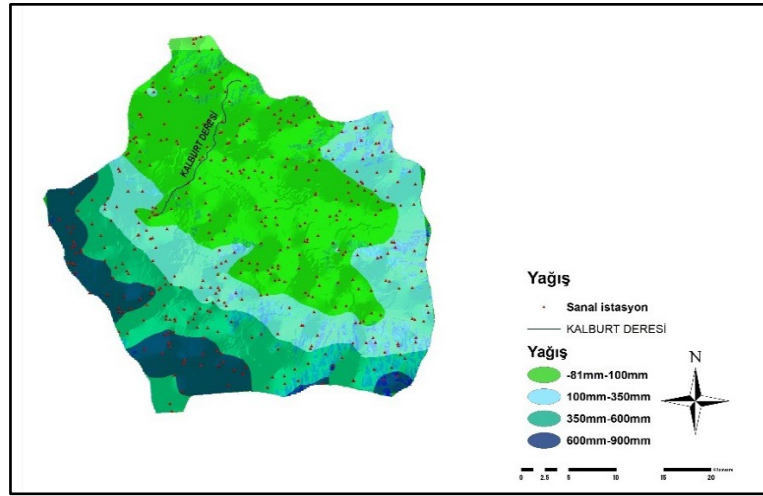
Şekil 3. Sayısal yükseklik modeli

Ayrıca bu alanların önem ağırlıklarının risk düzeylerine paralel bir değer aldıkları görülmüştür (Çizelge 8). Risk düzeylerine bakıldığında düz alanların yüksek risk ihtiva eden alanlar olmasının nedeni aşırı yağış ve ani sağanaklar sonucunda havzaya düşen suyun tepelik alanlarda akışa geçip düz veya etrafına göre çukur sayılabilecek kadar alçak kota sahip alanlarda birikme ve taşmaya sebep olmasıdır.

Çizelge 8. Yükseklik kriterinin önem ağırlık değerleri

Yükseklik (m)	Önem ağırlık	Alan(km ²)	Oran(%)
228-782	0.28	646.13	57.77
782-1337	0.14	287.60	25.72
1337-1891	0.05	166.30	14.87
2445	0.03	18.34	1.64

Yağış: Çalışmada yağış analizi yağış miktarının her 100 m’de 54 mm arttığı mantığını benimseyen Schreiber metodu mantığı ile çalışma sahasının bulunduğu konum sınırları dahilinde CBS ortamında 200 adet sanal istasyon oluşturulmuştur(Schreiber, 1904). Bu istasyonlara çalışma sahasının SYM verisi kot değerleri atanarak hesaplanmış ve bu hesaplama sonucu elde edilen yağış miktarı değerlerinin CBS ortamında kringing enterpolasyon işlemi ile yüzey modellemesi yapılmıştır. Analiz sonucunda yağış miktarının en yüksek noktalara gelindikçe arttığı görülmüştür (Şekil 4; Çizelge 9). Yapılan analiz birim alana düşen yağış miktarının topografya ile ilişkisini ortaya çıkarmıştır.

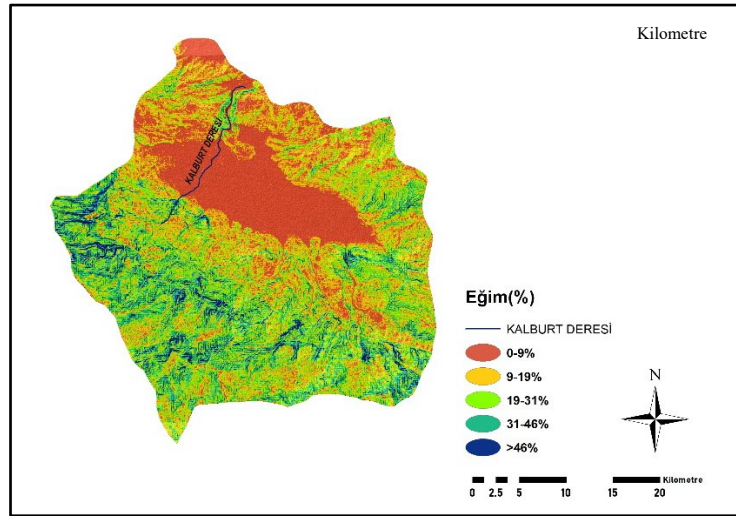


Şekil 4. Yağış haritası

Çizelge 9. Yağış kriteri önem ağırlık değerleri

Yağış	Önem ağırlık	Alan (km ²)	Oran(%)
600-900 mm	0.54	483.80	43.25
350-600 mm	0.32	302.70	27.07
110-350 mm	0.10	216.70	19.38
81-110 mm	0.04	115.00	10.30

Eğim: Çalışma alanı eğim faktörü açısından göz önünde bulundurularak yükseklik faktörüne benzer bir şekilde bir değerlendirme yapılmıştır. Eğim analizi sonuçları incelendiğinde sonuç değerlerinin yükseklik analiz sonuçları ile uyumlu dağılım gösterdiği görülmektedir. Eğim açısından düzlük ve düze yakın alanlar (%0-9) İnegöl ovası ve çevresidir (Şekil 5). Düz ve düze yakın alanlar (%0-9) toplam alanın %33.60’ını kapsamaktadır.



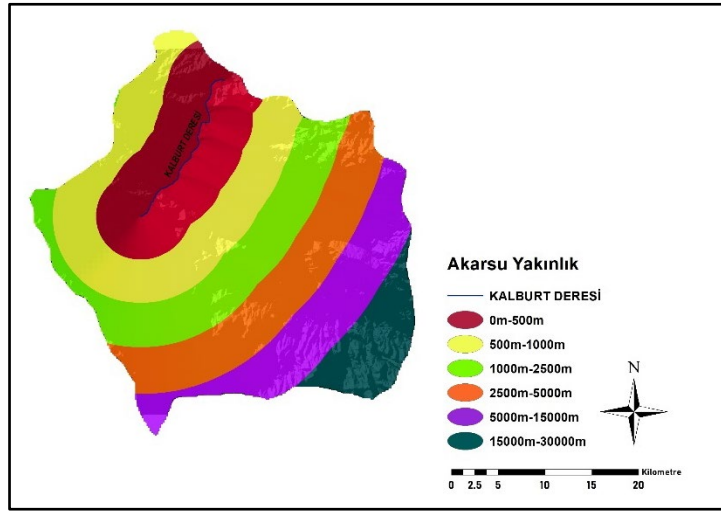
Şekil 5. Eğim haritası analizi

Bu alanlar eğim faktörü açısından yüksek riskli alanlar olarak değerlendirilmiş ve yüksek eğime sahip alanlar aynı yükseklik faktöründe olduğu gibi çok az risk veya riskin olmadığı alanlar olarak değerlendirilip sınıflandırılmıştır. Aynı zamanda bu alanlar iki faktörün ikili karşılaştırması sonucunda yakın değerler almışlardır ve önem sıralamaları birbirleriyle paraleldir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Eğim kriterleri önem ağırlık değerleri

Eğim (%)	Önem ağırlık	Alan (km ²)	Oran (%)
0-9	0.57	375.9	33.60
9-19	0.22	352.6	31.52
19-31	0.11	231.8	20.72
31-46	0.06	120.9	10.81
>46	0.04	37.5	3.35

Akarsuya yakınlık: Taşkın sularının olası bir taşkında kaç metreye ulaşabileceğini gösteren akarsu yakınlık analizi sonucunda dereden 500 m kadar mesafeye sahip alanlar yüksek ve orta riske taşıyan alanlar olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 11). Akarsudan mesafe olarak uzaklaştıkça alt kriterlerin önem değerleri düşmüş ve en yüksek değeri 0-500 m'deki alanlar almıştır. Bu alanlarda 0-1000 m mesafede olan alanlarda organize sanayi bölgeler ve yerleşim alanları, 1000-2500 m mesafede derenin mansaplandığı, dere barajının bulunduğu bölgede 1 adet daha organize sanayi bölgesi ve yine derenin memba kısmında 1000-5000m arası mesafede yerleşim alanlarının bir kısmının bulunduğu ve taşkın açısından riskli altında oldukları tespit edilmiştir (Şekil 6).



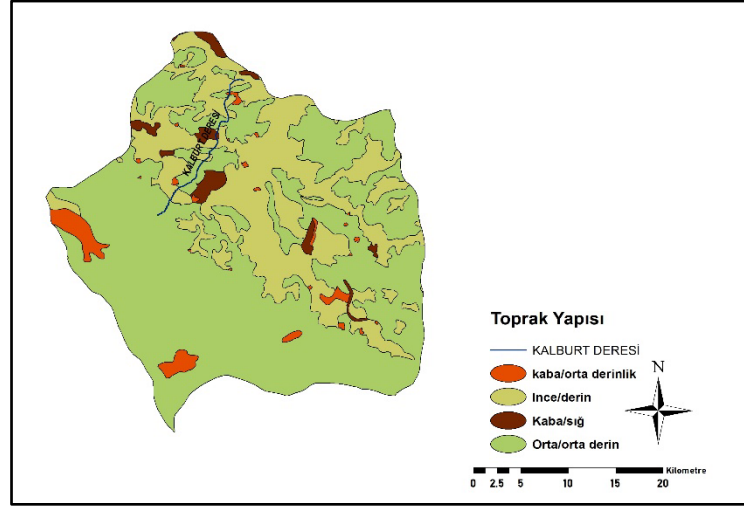
Şekil 6. Akarsu yakınlık analizi

Çizelge 11. Akarsuya yakınlık kriteri önem ağırlık değerleri

Akarsu yakınlık (m)	Önem ağırlık	Alan (km ²)	Oran (%)
0-500	0.44	25.50	2.29
500-1000	0.27	23.80	2.14
1000-2500	0.14	72.10	6.45
2500-5000	0.08	133.80	11.96
5000-15000	0.04	451.10	40.34
15000-30000	0.03	411.80	36.82

Toprak: Çalışma alanındaki arazi varlığının zemin özelliği toprak yapısı ve bitki örtüsü faktörleri üzerinden değerlendirilmiştir. Toprağın bitki örtüsü tarafından parçalanması bitki örtüsü yoğunluğu ve toprak yapısı (bünye) ile ilişkilidir. Bitki örtüsünün görüldüğü alanlarda toprağın bitki örtüsü tarafından yarıma derecesi, toprak bünyesi ve toprak geçirimsizliği, suyun bu alanlarda tutulma derecesi zemin özellikleri hakkında bilgiler verir. Toprak analizi sonucunda çalışma sahasının büyük bir kısmının orta bünyeli (%63.85) topraklardan oluştuğu, orta bünyeli topraklardan sonra ince bünyeli toprakların (%29.69) en fazla yayılım gösterdiği görülmüştür. Geçirgenlik toprağı kendi bünyesine su ve havayı alma kabiliyeti olarak tanımlanabilir. Orta bünyeli topraklar gelen suyu belli bir oranda tutabilirler. Su tutma kapasitesi bakımından ince bünyeli topraklardan sonra orta bünyeye sahip topraklar iyi bir su tutma kapasitesine sahip özelliktedir. Su tutma kapasitesi açısından kaba topraklar boşluklu yapılarından dolayı zayıftır. Orta bünyeli topraklar tarıma elverişli ve kolay işlenebilen topraklardır (Bantchina ve ark., 2017). Şekil 7 incelendiğinde ince bünyeli toprakların İnegöl ovası ve civarındaki tarım alanlarının olduğu alanlarda yoğunlaştığı, bulundukları alanın çevrelerine göre daha alçak ve düzlük alanlar olduğu bu yüzden ani sağanak ve aşırı yağışlarda su birikimi ve taşması görülebilecek alanlar olduğu görülmektedir. İnce toprakların görüldüğü alanlar yüksek risk sınıfında

değerlendirilmiştir. Orta ve kaba bünyeli topraklar sırasıyla orta risk ve riskin olmadığı alanlar önem ağırlıklarına göre olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 12).

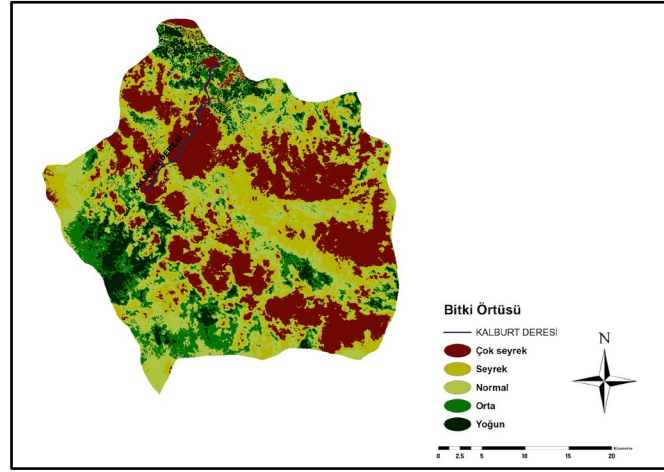


Şekil 7. Toprak haritası analizi

Çizelge 12. Toprak kriteri önem ağırlık değerleri

Toprak	Önem Ağırlık	Alan (km ²)	Oran (%)
İnce-Derin	0.68	332.14	29.69
Orta- Orta Derin	0.18	714.19	63.85
Kaba -Orta Derin	0.09	44.74	4.00
Kaba-Sığ	0.05	27.54	2.46

Bitki Örtüsü: Bitki örtüsü analizi sonuçlarına göre çalışma sahasında çok seyrek bitki örtüsü varlığının çalışma sahasının büyük bir kısmını kapladığı (%31.24) ve bu alanların tarım-sanayi-yerleşim alanlarında yoğunlaştığı görülmüş ve akarsuya çok az bir mesafede bulundukları tespit edilmiştir (Şekil 8). Diğer bitki örtüsü sınıflarının çalışma sahasında kapladığı alanların dağılımı sırasıyla şu şekildedir; Seyrek bitki örtüsü (%27.59), normal yoğunlukta bitki örtüsü (%21.58), orta yoğun bitki örtüsü (%12.66) ve yoğun bitki örtüsü (%6.93)'lük bir oranla dağılım göstermektedirler (Çizelge 13).

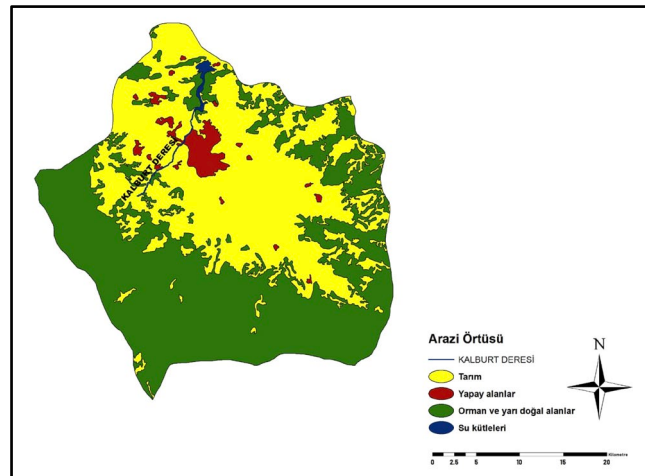


Şekil 8. Bitki örtüsü analizi

Çizelge 13. Bitki örtüsü kriteri önem ağırlık değerleri

Bitki örtüsü	Önem ağırlık	Alan (km ²)	Oran (%)
Çok Seyrek	0.53	349.50	31.24
Seyrek	0.23	308.60	27.59
Normal Yoğunluk	0.13	241.40	21.58
Orta Yoğunluk	0.08	141.60	12.66
Yoğun	0.03	77.50	6.93

Arazi Örtüsü: Çalışma sahası olası bir taşkında doğal alanlarda, ekonomik ve sosyo-kültürel faaliyetlerde oluşabilecek zararlar açısından arazi örtüsü analizi ile analiz edilmiştir. Arazi örtüsü analiz sonuçları incelendiğinde Kalburt deresine en yakın alanda (0-5000 m) arazi örtüsü tarım (%45.18)-yapay alanlar (şehir-sanayi ticaret) (%2.66) ve su kütlesi (Boğazköy Barajı) (%0.34) bir arada bulunmaktadır (Çizelge 14). Dolayısıyla bu alanlar yüksek risk içeren gruptadırlar. Çalışma sahası arazi örtüsü tarım alanları- yapay alanlar-orman ve yarı doğal alanlar ve su kütlesinden oluşmak üzere 4 gruba ayrılmıştır (Şekil 9).



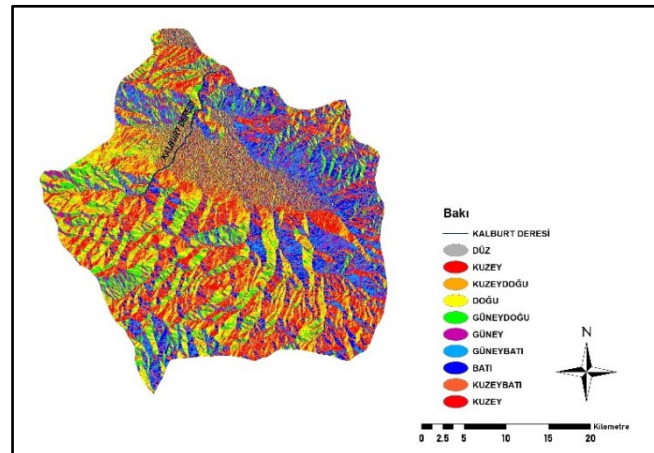
Şekil 9. Arazi örtüsü analizi

Bu alanlara risk puanı atanırken sırasıyla su kütlesi- yapay alanlara en yüksek risk puanı atanmış bunları tarım alanları ve orman ve yarı doğal alanlar izlemiştir.

Çizelge 14. Arazi örtüsü kriteri önem ağırlık değerleri

Arazi örtüsü	Önem ağırlık	Alan (km ²)	Oran (%)
Su	0.48	3.80	0.34
Yapay Alanlar	0.34	29.70	2.66
Tarım	0.14	505.40	45.18
Orman	0.04	579.70	51.82

Bakı: Bakı faktörü iklim, topografya, bitki örtüsü, toprak özellikleri, canlı yaşamı ve yaşamsal faaliyetler üzerindeki etkilerinin diğer faktörlere etkisi üzerinden değerlendirilerek önem sırasına konmuştur. Bakı analizi sonucuna göre Kuzey yönlü alanlar daha çok eğimi ve yükseltisi yüksek olan alanlarda, güney yönlü alanlar ise daha çok düz veya hafif eğime sahip, yükselti değerleri düşük olan alanlarda dağılım göstermektedir. Ayrıca çalışma sahasında Kalburt Deresi yakın çevresinde kuzey yönlü bakıya sahip alanların yoğunlaştığı, güney yönlü alanların daha çok dereye uzak alanlarda konumlandığı görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Bakı haritası analizi

Çalışma sahası bakı yönlerine göre değerlendirildiğinde güney yönlü alanlarda güneşlenme süresi fazla olacağından dolayı bu alanlarda sıcaklık ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri kuzey yönlü alanlara göre daha fazla olacaktır ve bu alanlara düşen yıllık ortalama yağış miktarı kuzey yönlü alanlara göre daha az olacağından risk açısından kuzey yönlü alanlar daha yüksek riske sahip olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 15). Ülkemiz sahip olduğu matematik konumu dolayısıyla kuzey yamaçlara daha fazla yağış düşmektedir (Duman ve İrcan, 2022). Doğu yönü ile batı yönlü alanlar arasındaki fark doğu yönlü alanlarda güneş ışığının gündüz alanlara nüfus etmesinden dolayı doğu yönlü alanlar batı yönlü alanlara göre daha yüksek sıcaklık değerlerine ve daha az yağış ortalamasına sahip olacağından kuzey ile güney yönlü alanlar arasındaki farklılıklar burada da görülecektir. Ayrıca kuzey yönlü alanların yükseltisi en fazla sahip alanlardan oluşması ve yağış miktarının en fazla çalışma sahasındaki bu alanlara düşmesi yükseklik ile yağış miktarının artacağı görüşünü destekler niteliktedir.

Çizelge 15. Bakı kriteri önem ağırlık değerleri

Bakı	Önem ağırlık	Alan (km ²)	Oran (%)
Düz	0.46	3.65	0.33
Kuzey (K. Doğu-K. Batı-Kuzey)	0.30	474.65	42.43
Batı	0.14	136.90	12.24
Doğu	0.07	159.90	14.29
Güney (G. Doğu-G. Batı-Güney)	0.04	343.50	30.71

Her bir kriterle önem ağırlığına göre ağırlıklı çakıştırma işleminde önem ağırlıkları ve önem sıralanışına göre ağırlık puanı atanmıştır (Çizelge 16). Ağırlıklı çakıştırma işlemi sonucu oluşan sonuç verisi düzenlenerek risk puanları atanmış ve her bir kriterin ve alt kriterin çalışma sahasında kapladığı alan km² cinsinden hesaplanmıştır.

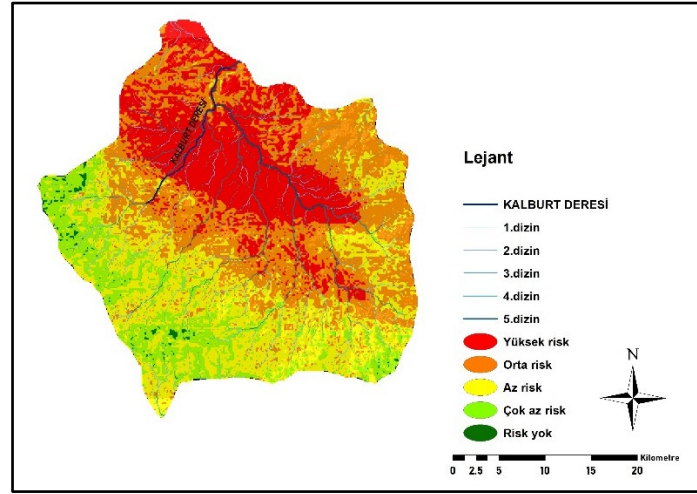
Çizelge 16. Kriterlere önem ağırlıkları ve bunlara göre kriterlere atanan ağırlık puanları

Kriterler	Önem ağırlıkları	Ağırlık puanları
Yükseklik	0.32	20
Yağış	0.26	15
Eğim	0.17	15
Akarsu Yakınlık	0.09	15
Toprak	0.06	10
Bitki Örtüsü	0.05	10
Arazi örtüsü	0.03	10
Bakı	0.02	5

Bu çalışmada Bursa ili, İnegöl ilçesinde bulunan Kalburt deresinin (Şekil 11) olası taşkın riski CBS desteği ile AHP metodu kullanılarak belirlenmeye çalışılmış ve çalışma sahasının olası taşkın riski taşıyan alanları risk derecelerine göre taşkın risk haritasında somut olarak gösterilmiştir (Şekil 12; Çizelge 17).



Şekil 11. Kalburt deresi yatak kesiti



Şekil 12. Taşkın risk haritası

Çizelge 17. Taşkın risk analizi sonuç tablosu

Risk düzeyi	Alan (km ²)	Oran(%)
Risk yok	7.147	0.64
Çok az risk	285.41	25.53
Az risk	138.144	12.35
Orta risk	366.919	32.82
Yüksek risk	320.222	28.64

Sonuç

Bu çalışmada, Kalburt Deresi güzergahı boyunca sağ ve sol sahillerinde konumlandırılmış olan yerleşimler ve tarım arazileri taşkın riski altındadır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) kullanılarak, Kalburt Deresini kapsayan alanında taşkın riski oluşturabilecek coğrafi faktörlerin göreceli önem dereceleri belirlenmiş ve taşkın riskinin haritalanmasında bu sıralama temel alınmıştır. Çalışma sonucunda, çalışma sahasında taşkın riski taşıyan alanlar, risk düzeylerine göre net bir şekilde taşkın risk haritası üzerinde gösterilmiştir. Çalışma alanının %28,64'lük kısmı yüksek riskli, %32,82'lik kısmı orta riskli, %12,36'lık kısmı az riskli, %25,53'lük kısmı çok az riskli %0,64'lük kısmı ise riskin olmadığı alanlardan oluşmaktadır. Kalburt Deresine 0-5000 m mesafede bulunan alanlar yerleşim-sanayi, ticaret ve tarım alanlarından oluşmaktadır. Dolayısıyla olası bir taşkında söz konusu mesafede görülecek ekonomik ve sosyo-kültürel zarar oldukça büyük olması açısından bu alanlar yüksek risk ihtiva etmektedir. Aynı alanların topografik karakteristikleri açısından incelenmesi sonucunda bu alanların taşkın oluşturma olasılığının diğer risk düzeyindeki alanlara nispeten daha elverişli olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanında olası bir taşkın afeti görülmesi açısından riskinin olmadığı ya da çok az riske sahip alanların fiziksel, coğrafi ve ekonomik olarak taşkın oluşturmada çok daha az bir etkisi olduğu görülmüştür. Kalburt deresi bulunduğu konum itibarıyla sahip olduğu coğrafi faktörlerinin risk açısından önem değerlendirmesi AHS metodu ile yapılmış ve her bir faktörün birbirleriyle paralel ve uyumlu olacak şekilde önem değerine sahip olduğu

görülmüştür. Çalışma sahası olası taşkın riski göz önünde bulundurularak fiziksel, coğrafi, iklimsel ve ekonomik faktörler ile değerlendirilmiş ve bir taşkın afetinin meydana gelmesi sürecinde etkili faktörler ve bu faktörlerin olası afet oluşumundaki etki edebilirliği ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışma sahasına ait taşkın risk haritası taşkın açısından riskli alanları somut bir şekilde görsel olarak sunmak üzere hazırlanmıştır. Haritaya bakıldığında bir doğal afet olan taşkın afetinin doğal etkenlerin yanında beşerî etkenlerinde oluşumunda katkı oynadığı sonucuna varılabilir. Olası bir taşkın afeti söz konusu olmadan doğal etkenlere karşı tedbir alınıp, beşerî etkenler bu ihtimal dahilinde tekrardan düzenlenebilir veya gözden geçirilebilir. Kalburt deresinde Nisan 2021’de meydana gelen taşkınlar bölgenin imajı olumsuz etkilenmekte ve sektörel ekonomik kayıp büyük sorun teşkil etmektedir (Anonim 2025). Bu doğrultuda taşkın riski taşıyan bölgelerde yapılacak ıslah çalışmaları ile yerleşim yerlerinin ve tarım arazilerinin güvenliğinin artmasıyla olası bir taşkın anında zarar en aza indirgenmiş olacaktır.

Çalışma ile özellikle ArcGIS ve ArcMap gibi CBS yazılımlarının, taşkın riskinin belirlenmesinde karar destek sistemlerine dönüştüğünü ve yerel yönetimlerin risk haritalarını kullanarak afet hazırlıklarını güçlendirdiği görülmüştür. Bu çalışma, taşkın riski değerlendirmesinde AHP ve CBS'nin entegrasyonunun ne kadar güçlü bir araç olduğunu destekler niteliktedir.

Taşkın riskinin değerlendirilmesinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanılması ve bu yöntemlerin taşkın risk haritalama sürecine entegre edilmesi ile risk analizlerinin doğruluğunu önemli ölçüde arttıracaktır. Bu tür yenilikçi teknolojiler, AHP ve CBS ile kullanıldığında taşkın riski değerlendirmelerinde daha hassas sonuçlar elde edilebilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, AHP ve CBS kombinasyonunun taşkın riski analizlerinde ne denli etkili olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur. Özellikle yüksek riskli bölgelerin tespit edilmesi ve taşkın olaylarına karşı hazırlıklı olunması açısından bu metodoloji önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Gelecek çalışmalarda, dijital ikiz teknolojisi, makine öğrenmesi ve veri madenciliği gibi yenilikçi teknolojilerin taşkın riski haritalama sürecine dahil edilmesi, analizlerin doğruluğunu ve geçerliliğini artırabilir. Ayrıca, iklim değişikliği senaryoları doğrultusunda taşkın risklerinin daha dinamik bir şekilde analiz edilmesi, gelecekteki taşkın olayları için daha sağlam tahminler yapmaya olanak tanıyacaktır.

Teşekkür

Makale, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilimdalı yüksek lisans öğrencisi Burcu ŞANLI tarafından yürütülen yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya ortak katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Anonim 2025. Bursa'da sağanak dereleri taşırdı. <https://www.evrensel.net/haber/429866/bursada-saganak-dereleri-tasirdi>. (Erişim tarihi: 27.02.2025).
- Akıncı, H., Yavuz Özalp, A., Temuçin Kılıçer, S., 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve AHP Yöntemi Kullanılarak Planlı Alanlarda Heyelan Duyarlılığının Değerlendirilmesi: Artvin Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1(1-2), 40-53.
- Akkaya Aslan, Ş.T, Gündoğdu, K.S. ve Demir A.O. 2004. Sayısal yükseklik modelinden yararlanılarak bazı havza karakteristiklerinin belirlenmesi: Bursa Karacabey İnkaya Göleti havzası örneği. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 18(1):167-180.
- Aydın, M.C., Birincioğlu, E.S., 2022. Flood risk analysis using GIS-based analytical hierarchy process: a case study of Bitlis Province. *Applied Water Science*, 12(6).
- Bantchina, B. B., Mucan, U. ve Gündoğdu, K. S. 2017. Bursa İli Arazi Varlığının Coğrafi Bilgi Sistemi ile Analizi, 5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi (pp.65-74). Kırklareli, Turkey.
- Chen, W., Zhang, L. and Wang, J. 2023. Flood risk assessment in coastal regions using AHP and multi-criteria decision analysis: A case study of the Bohai Sea, China. *Ocean and Coastal Management*, 234, 106368.
- Chien, F. S., Kuo, Y. C. and Lu, Y. M. 2019. Integrating AHP and GIS for flood risk mapping in urban environments. *Natural Hazards*, 97(3): 873-891.
- Duman, N. and İrcan, R. M. 2022. Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı Çankırı Merkez ilçesinin taşkın duyarlılık analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 50-66.
- Jha, M. K., Behera, M. D. and Panda, S. 2020. Multi-criteria decision analysis for flood risk management: Case study of a river basin in India. *Journal of Hydrology*, 584, 124735.
- Fayaz, M., Mohammadi, S. and Sadeghi, H. 2020. Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) for flood risk management in urban areas. *Journal of Flood Risk Management*, 13(6): e12641.
- Girayhan, H. 2015. AB Taşkın Direktifi ve Türkiye uygulamaları. *Taşkın Yönetim Dergisi*, 10(2): 22-34.
- Güneş, B., Kömüşçü, A. Ü., 2025. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı AHS yöntemi ile Erzincan-Sivas Karayolu ve Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizi. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 11(1), 89-103.
- Kara, M. and Yıldız, S. 2023. Taşkın riski değerlendirmesinde analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) uygulaması ve Türkiye örneği. *Journal of Hydrology and Environmental Engineering*, 33(4):211-223.
- Kılıçer, A. and Özgüler, M. 2002. Taşkınların Türkiye'deki yaygınlığı ve etkileri. *Journal of Hydrology and Earth Science*, 7(3):234-245.
- Kumar, P., Singh, R. and Rai, S. K. 2022. Flood risk assessment and management: A review of methods and models. *Environmental Modelling and Software*, 150, 105352.
- Kothawale, S., Patil, S. and Patel, S. 2018. GIS-based flood risk assessment using AHP in urban areas. *Hydrology Research*, 49(2): 627-639.

- Köroğlu, B., Akıncı, H., 2023. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi ile Giresun İli Dereli İlçesinin Taşkın Duyarlılık Analizi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 62-81.
- Mgm. 2023. <https://mgm.gov.tr/?il=Bursa&ilce=Ineg%C3%B6l> adresinden alındı.
- Özcan, M. 2019. *Taşkın ve taşkın yönetimi*. İstanbul: XYZ Yayınları.
- Özdemir, D. 2019. Analitik Hiyerarşi Süreci. P. Durucasu (Dü.) içinde, *İşletmelerde Karar Verme Teknikleri*. Eskişehir: T.C Anadolu Üniversitesi Yayını NO :3355/Açıköğretim Fakültesi Yayını No:2210.
- Saaty, T. L. 2002. Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *Scientia Iranica*, 9(3): 215-229.
- Saaty, T. L. 2008. Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *Int.J. Services Sciences*, 1(1): 83-90.
- Tanış E. ve Çelik R. 2024. CBS Tabanlı AHP Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKY) Kullanılarak Van Gölü Güzelsu Alt Havzası Taşkın Risk Haritalarının Çıkarılması ve Değerlendirilmesi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 15(4), 941–950.
- Taş, M. A., ve 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.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı 2022. *Taşkın risk yönetimi ve Türkiye uygulamaları*. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Yayınları.
- Yang, X., Li, L. and Wang, Z. 2021. Flood risk assessment using AHP and GIS in the Pearl River Delta, China. *Science of the Total Environment*, 771, 144678. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.144678>
- Yurteri, C. 2024. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında analitik hiyerarşi yöntemi (AHY) yöntemi kullanılarak taşkın risk analizi: Karabük ili örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 12(2), 298–318.
- Zhou, X., Wang, Y. and Zhang, Y. 2020. Flood risk assessment and mapping based on AHP and GIS: A case study of the Yangtze River Basin, China. *Science of the Total Environment*, 722, 137797.