



## COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ORTAMINDA ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ (AHY) YÖNTEMİ KULLANILARAK TAŞKIN RİSK ANALİZİ: KARABÜK İLİ ÖRNEĞİ

Cansu YURTERİ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

AHY,  
CBS,  
Karabük,  
Risk Analizi,  
Taşkın Duyarlılık Haritası.

### Öz

Taşkınlar ani atmosferik anomalileri neticesinde kısa sürede büyük felakete dönüşebilen, ciddi mal ve can kayıplarına neden olan doğal afetlerdir. Dünyada meteorolojik bir afet türü olan taşkınların yönetim planlamasının taşkın duyarlılık haritaları temel alınarak yürütülmesine oldukça önem verilmektedir. Sunulan çalışmanın amacı Karabük ilinde taşkınların gerçekleşmesine neden olan faktörlerin belirlenerek taşkın tehlikesi olan alanları tespit etmek ve bölgenin taşkın duyarlılık haritasını oluşturmaktır. Bu kapsamda Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak Karabük ili için taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir. Taşkın duyarlılık analizinde yağış, akarsuya mesafe, eğim, baki, jeoloji ve arazi kullanım/arazi örtüsü parametreleri kullanılmıştır. Seçilen parametreler AHY ile analiz edilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre yaklaşık 4048.9 km<sup>2</sup> yüzey alanına sahip Karabük ilinin güney, güneybatı ve kuzeybatı kesimlerinin %6.89 oranında çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olduğu, olası bir taşkın afetine oldukça duyarlı olduğu belirlenmiştir. Söz konusu çalışma Karabük ili için taşkın risk planlamasına yönelik kılavuz bir araştırma olup bölge için afet riskinin azaltılmasına yönelik öneriler sunulmuştur.

## FLOOD RISK ANALYSIS USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) METHOD IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) ENVIRONMENT: THE CASE STUDY OF KARABUK PROVINCE

### Keywords

AHP,  
GIS,  
Karabuk,  
Risk Analysis,  
Flood Susceptibility Map.

### Abstract

Floods are natural disasters that cause serious loss of life and property and can turn into major catastrophe in a short time as a result of sudden atmospheric anomalies. A great importance is attached to the management planning of floods, which is a type of meteorological disaster in the world, based on flood risk maps. The objective of this present study is to define the flood hazard areas in Karabuk province by determining the factors that cause floods and to establish a flood susceptibility map of the region. In this regard, a flood susceptibility map was produced for Karabuk province using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. Rainfall, distance to the river, slope, aspect, geology and land use/land cover parameters were used in the flood susceptibility analysis. It has been determined according to the calculations made that the southern, southwestern and northwestern parts of Karabuk province, which has a surface area of approximately 4048.9 km<sup>2</sup>, are very high and high risk areas with a rate of 6.89% and are highly susceptible to a possible flood disaster. This study is a guideline study for flood risk planning for Karabuk province and recommendations are presented for disaster risk reduction for the region.

### Alıntı / Cite

Yurteri, C., (2024). Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Ortamında Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Ahy) Yöntemi Kullanılarak Taşkın Risk Analizi: Karabük İli Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 12(2), 298-318.

### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

C. Yurteri, 0000-0002-4944-0168

### Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	17.02.2024
Revizyon Tarihi / Revision Date	17.03.2024
Kabul Tarihi / Accepted Date	24.03.2024
Yayın Tarihi / Published Date	30.06.2024

\*İlgili yazar/Corresponding author: cansu.yurteri@yahoo.com, +90-312-258-2687

# FLOOD RISK ANALYSIS USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) METHOD IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) ENVIRONMENT: THE CASE STUDY OF KARABUK PROVINCE

Cansu YURTERİ<sup>†</sup>

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

---

## Highlights

- The flood susceptibility map was developed by using GIS and AHP identifies flood risk areas for Karabuk province
- A high and very high risk of flooding covers 6.89 % of the Karabuk province
- Rainfall, distance to river and slope are significant factors influencing flood risk in Karabuk province.
- GIS based flood susceptibility map provided significant information for effective flood risk management and sustainable development.

---

## Purpose and Scope

The main objective is developing flood susceptibility map by using GIS and AHP techniques to determine flood prone areas in the Karabuk province.

## Design/methodology/approach

Karabuk province's precipitation, land use, distance to river, geology, slope and aspect criteria were selected to create a flood risk map. Analytic Hierarchy Process (AHP), which is one of the Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) methods, was used to reveal the impact of the criteria on flood risk. Weight values of the criteria causing flooding have been calculated. Areas with flood risk have been identified and mapped in GIS environment as a result of the analysis.

## Findings

Flood susceptibility map of Karabuk province was created by using AHP method, one of the MCDA methods. In the study in which rainfall, distance to river, slope, land cover/land use, aspect and geology factors were used. Distance to river, rainfall and slope have been determined as the most important factors respectively. As a result, the resulting flood susceptibility map revealed that 0.75% of Karabuk province has very high flood risk, 6.75% has high flood risk, 27.99% has medium flood risk, 41.23% has low flood risk, and 23.89% of Karabuk province has no risk areas.

## Research limitations/implications

It is considered that different morphometric features (bifurcation rate, drainage texture, drainage density, topographic moisture index, etc.) can be included in the analysis, as well as remote sensing technologies can be included in the process to improve mapping, in addition to the factor layers primarily evaluated within the scope of flood risk analysis related to the development of the study presented. Hydrodynamic situation should be handled depending on different recurrence flows by using various one or two dimensional mathematical hydrological model programs (Hec-Ras etc.), the flood risk of the area should be calculated, the results obtained should be compared with other methods and it is thought that flood sensitivity analysis can be performed.

## Practical implications

All these datas provided significant information for effective flood risk management and sustainable development in the research area.

## Social Implications

Mapping of flood-risk areas for the research area has created an opportunity to reduce the vulnerability of the people in that region in the event of a possible disaster, to make designs resistant to destructive forces, and to create measures and precautions to reduce losses.

## Originality

In the literature, no detailed flood risk mapping study using AHP technique in GIS environment is available for Karabuk province. This situation indicates that the presented study can be a unique and guiding study that will form the basis for flood risk management planning. The present study has the quality of a guiding determination study with data that will form the basis as a methodology for similar flood risk mitigation and planning studies to be carried out in various provinces and basins of our country.

---

<sup>†</sup> Corresponding author: cansu.yurteri@yahoo.com, +90-312-258-2687

## 1. Giriş (Introduction)

Meteorolojik bir afet türü olan taşkınlar su kütlesinin arttığı ve akarsu seviyesinin yükselerek değişik nedenlerle yatağından taşarak yerleşim yerlerine, tarım arazilerine, ekosisteme, insanlara zarar vermesi olarak tanımlanmaktadır (SYGM, 2019). Taşkınlar etkilediği bölgenin ekonomik faaliyetlerini kesintiye uğratacak şekilde can, mal ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır (AFAD, 2022; CRED, 2018). Her yıl Dünya’da 170 milyon insanı etkileyen sel ve taşkınlar günümüzde depremlerden sonra en çok yaşanan afet türüdür (AFAD, 2019).

Taşkınlar kendi aralarında; kar erimesinin neden olduğu taşkınlar, şehir taşkını, ani taşkın, kıyı taşkınları, buz ve moloz hareketlerinin neden olduğu taşkınlar şeklinde sınıflandırılmaktadır (MGM, 2022). Bununla birlikte taşkınlar, yılın en fazla ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde havanın ısınmasıyla birlikte ani yağışlar veya kar erimeleri şeklinde gerçekleşmektedir (MGM, 2022).

Günümüzde iklimsel değişimler ve insan müdahaleleri nedeniyle meteorolojik afetlerin yaşanma sıklığı ve şiddeti gittikçe artmaktadır (CRED, 2018). Artan nüfus, dere yataklarındaki yapılaşmalar, bitki örtüsünün tahrip edilmesi, hatalı arazi kullanım faaliyetleri, plansız kentleşme ile geçirimli yüzeylerin yapay yüzeylere dönüştürülmesi meteorolojik bir afet türü olan taşkınları felaket boyutuna taşımaktadırlar (Sharir vd., 2022). Her bölge özelinde değişebilen bu riskler taşkın yönetim planlamasının önemle ele alınması gerekliliğini doğurmaktadır.

Ülkemizde afet yönetimine hazırlık açısından illerde ve akarsu havzalarında taşkın risk haritalarının oluşturulması oldukça önemlidir. Dünyada ve ülkemizde taşkın risk haritalama çalışmalarında Çoklu Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden olan AHY ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) yaygın bir şekilde yararlanılmaktadır (Aydın ve Birincioğlu, 2022; Seejata vd., 2018; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Danumah vd., 2016). Günümüzde gerek AHY’nin esnek ve sağlam bir yaklaşım olması, gerekse CBS’nin hassas haritalama tekniği ile geniş alanlara kolaylıkla uygulanabiliyor olması taşkın risk azaltma ve planlama süreçlerinde kolaylıklar sağlamaktadır.

Sunulan çalışmada Karabük ilinde CBS ortamında ArcGIS 10.8 programının farklı modülleri kullanılarak ağırlıklı toplam analiz (weighted sum analysis) yöntemi ile taşkın risk taşıyan alanlar haritalanmıştır. Bu kapsamda CBS ortamında taşkın risk haritalaması araştırmalarında yaygın bir şekilde kullanılan parametrelerden akarsuya mesafe, yağış, eğim, baki, jeoloji ve arazi kullanım/arazi örtüsü parametrelerini içeren veri setleri kullanılmıştır. Seçilen parametreler Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden AHY tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen analiz kapsamında seçilen kriter değişkenler ağırlıklandırılarak CBS ortamına aktarılmıştır. CBS ortamında oluşturulan raster veri halindeki kriter katmanların üst üste bindirme analizi gerçekleştirilerek Karabük ili için taşkın risk haritası türetilmiştir.

## 2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Son yıllarda taşkın tehlikesinin etkili bir şekilde modellenmesi, değerlendirilmesi ve yönetimi için yapay sinir ağı, bulanık mantık ve AHY gibi çeşitli teknikler uzaktan algılama ve CBS teknikleri ile birleştirilerek yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kapsamda literatürde CBS ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak taşkın risk taşıyan bölgelerin haritalanmasına yönelik yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur (Selvam ve Anthony, 2023; Sharir vd., 2022, Oğuz vd., 2022, Aydın ve Birincioğlu, 2022; Seejata vd., 2018; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Danumah vd., 2016). Gerçekleştirilen araştırmalar AHY ile entegreli CBS teknolojisinin farklı çalışma alanları üzerine uygulamalarını içermektedir (Chakraborty vd., 2019; Das, 2018; Rahmati vd., 2016). AHY’nin bölgesel ve yerel ölçekli çalışmalarda taşkın risklerini yüksek doğrulukla değerlendirmek ve analiz etmek için etkin bir şekilde uygulanabilen ve pratik bir teknik olduğu görülmüştür (Swain vd., 2020; Souissi vd., 2020). Bununla birlikte CBS ortamında AHY kullanılarak yapılan analiz ve haritalama çalışmalarının, taşkın risk yönetiminin ayrılmaz bir parçası olduğu tespit edilmiştir (Dutta vd., 2023; Dung vd., 2020; Danumah vd., 2016).

Yapılan araştırmalarda taşkın risk analizinin değerlendirilmesinde arazi kullanımı, drenaj yoğunluğu, topografik nemlilik indeksi, akarsudan uzaklık, akarsu uzunluğu, eğim, yükselti, baki ve yağış parametrelerinin yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (Selvam ve Anthony, 2023; Sharir vd., 2022; Oğuz vd., 2022, Aydın ve Birincioğlu, 2022; Seejata vd., 2018). Bununla birlikte, taşkın duyarlılık analizinde kullanılan kriterlerin bölgeden bölgeye değişiklik gösterebileceği belirlenmiştir (Selvam ve Anthony, 2023; Sharir vd., 2022, Chakraborty vd., 2019; Das, 2018; Rahmati vd., 2016).

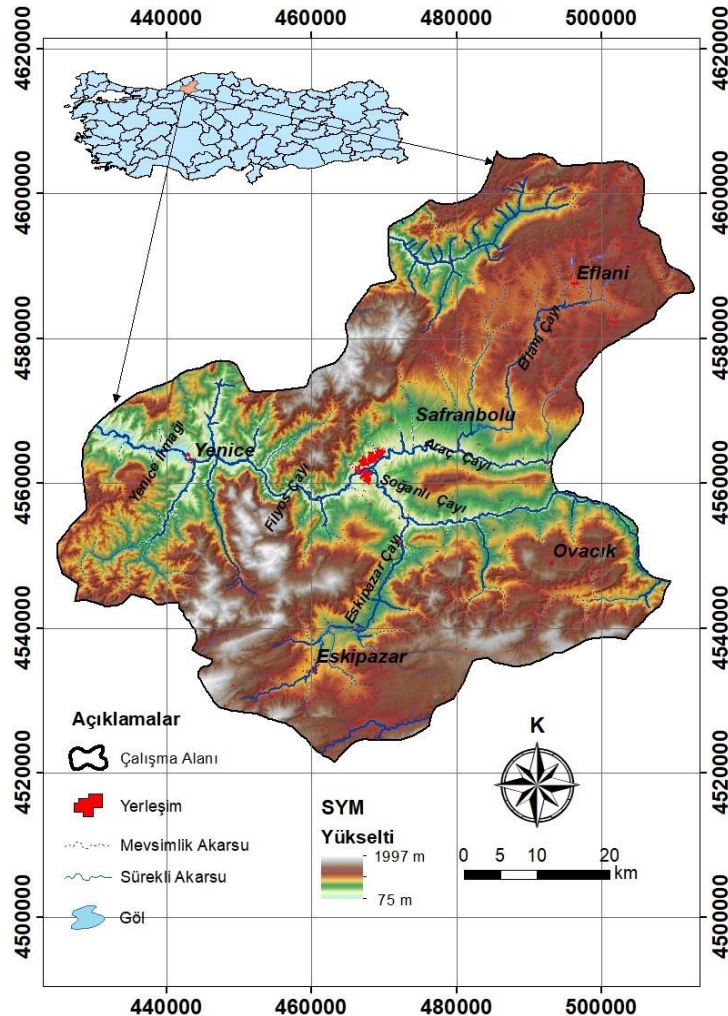
Çalışma alanı için yapılan bilimsel yazın taramasında Batı Karadeniz Bölgesi’ndeki il merkezlerinde veya akarsu havzalarında gerçekleştirilen çeşitli taşkın modelleme çalışmaları mevcuttur (Mızraklı, 2023; SYGM, 2019; Ortaç, 2019). Bununla birlikte Karabük ili özelinde AHY tekniği kullanılarak CBS ortamında yapılmış herhangi bir taşkın risk haritalama çalışması mevcut değildir. Bu durum sunulan çalışmanın Karabük ili taşkın risk yönetim planlamalarına altlık oluşturacak özgün ve kılavuz bir çalışma olabileceğini göstermektedir. Sunulan çalışma ile

Karabük ili merkez ve tüm ilçeleri için CBS ortamında AHY kullanılarak taşkına duyarlı bölgeler analiz edilmiş ve haritalanarak ilin taşkın risk haritası oluşturulmuştur. Ayrıca il genelinde olası bir afet durumunda taşkın zararlarının önlenmesi ve azaltılması amacıyla çeşitli önlem ve öneriler sunulmuştur.

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

#### 3.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Araştırma kapsamında çalışma alanı olarak 4048.9 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahip olan Karabük ili seçilmiştir. Çalışma alanı olarak belirlenen il sınırı 40° 56' ve 41° 33' kuzey enlemleri ile 32° 03' ve 33° 05' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Rakımın 278 m olduğu yükseltinin 75 m ile 2000 m arasında değiştiği ilde ortalama yükselti 913 m'dir. İlin kuzeydoğusundaki ve doğusundaki bölgelerde yükselti 1450 m ile 2000 m arasında değişmektedir. Önemli yükseltiler Kel Tepe (1999 m), Uzunhüseyinkıran Tepe (1756 m), Köstek Tepe (1471 m), Çaldağ Tepe (1650 m) ve Keçikıran Tepe (1400 m)'dir. İldeki önemli yerleşim yerleri Eflani, Ovacık, Eskipazar, Safranbolu ve Yenice'dir. Karabük İl Çevre Durum Raporu (2022) verilerine göre ilin önemli akarsuları Yenice Irmağı ile Filyos Çayı, Araç Çayı, Soğanlı Çayı ve Eskipazar Çaylarıdır. Doğu batı yönünde akış gösteren Filyos Çayı ilin kuzeydoğusundan Karadeniz'e dökülmektedir (Şekil 1). İl kuzeyinde Bartın'a, batısında Zonguldak, güneybatısında Bolu, güneydoğusunda Çankırı, doğusunda Kastamonu illerine komşudur (HGM, 2023). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2023 yılı il nüfusu 252.058'dir (TÜİK, 2023). Batı Karadeniz Bölgesindeki yer alan Karabük ili Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verilerine göre uzun yıllar (1965-2022) ortalama sıcaklık ve yağış verileri sırasıyla 13.6° C ve 487.5 mm/yıl'dır (MGM, 2023). İlin coğrafi konumu nedeniyle kıydan iç kesimlerde kalması nedeniyle Karadeniz ikliminin özellikleri çok baskın olmayıp, karasal iklimin özellikleri hakimdir. Araştırmaya konu olan Karabük ilinde gelişmiş bir akarsu ağı mevcut olup ilin önemli akarsularından olan Yenice Irmağı ve kollarının sel ve taşkın olaylarına maruz kalması çalışma alanının seçilmesinde etkili olmuştur. Özellikle geçmişte ilin çeşitli ilçelerinde bu sürecin yaşanmış olması gelecekte de taşkın riskinin olabileceği olasılığını güçlendirmektedir.



Şekil 1. Karabük İli Yer Bulduru Haritası (Location Map of the Karabük Province)

### 3.2. Materyal (Material)

Güncel araştırmalar incelendiğinde taşkın risk analizlerinde yaygın bir şekilde yükselti, yağış, eğim, akarsuya olan mesafe, jeoloji, toprak, arazi kullanımı vb. parametrelerin kullanıldığı görülmüştür (Chakraborty ve Mukhopadhyay, 2019; Hagoş vd., 2022; Hammami vd., 2019; Seejata vd., 2018; Ghosh ve Kar, 2018).

Seçilen bu parametrelerin önem derecelerinin çalışma alanının topografik, morfolojik ve hidrolojik özelliklerine göre değişebildiği görülmüştür. Dolayısıyla taşkın risk analizi sürecinin doğru uygulanabilmesi için alanı etkileyen parametrelerin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda çalışma alanı için taşkın risk analizi AHY ile CBS ortamında gerçekleştirilmiş olup analiz için 6 kriter (eğim, yağış, akarsuya mesafe, arazi kullanım/arazi örtüsü, bakı, jeoloji) kullanılmıştır. Sunulan araştırmada kullanılan tüm parametreler kurum ve kuruluşların açık erişimli ücretsiz veri tabanlarından elde edilmiştir (USGS, 2023; Copernicus, 2023; Geofabrik, 2023; MGM, 2023; HGM, 2023). Yapılan analizlerde tüm katmanlar için ortak projeksiyon sistemi olarak TUREF TM 33 kullanılmıştır.

İnceleme alanı sınırını temsil eden Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisi NASA'nın Earth Explorer tarayıcısı yardımıyla indirilmiştir (USGS, 2023). SYM olarak 30 m çözünürlüğe sahip SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) 1-Arc Second Global veri seti analizlerde altlık olarak kullanılmıştır.

Çalışma alanında kullanılan arazi kullanım parametresini temsil eden arazi kullanım/arazi örtüsü verileri Avrupa Çevre Ajansı tarafından geliştirilen Kopernik Arazi İzleme Servisi portalındaki CORINE veri tabanı kullanılarak indirilmiştir (Copernicus, 2023). İndirilen CORINE verileri 2018 yılına ait veriler olup, kullanılan veri seti çalışma alanını temsil edecek şekilde tekrar düzenlenerek arazi kullanım katmanı oluşturulmuştur.

Karabük ilinin yer aldığı 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları ise Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden (MTA) temin edilmiş olup ilgili paftalar taranarak CBS ortamına aktarılmış, birleştirilmiş ve sayısallaştırma işlemi yapılarak çalışma alanı için jeoloji katmanı oluşturulmuştur. Sunulan çalışmada kullanılan tüm veriler ve ayrıntılı açıklamaları Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Taşkın Risk Analizinde Kullanılan Parametreler, Oluşturulan Veri Tabanı ve Veri Setlerinin Erişildiği Kaynak Dosyaları (Parameters Used in Flood Risk Analysis, Database Created and Source Files Accessed by Data Sets)

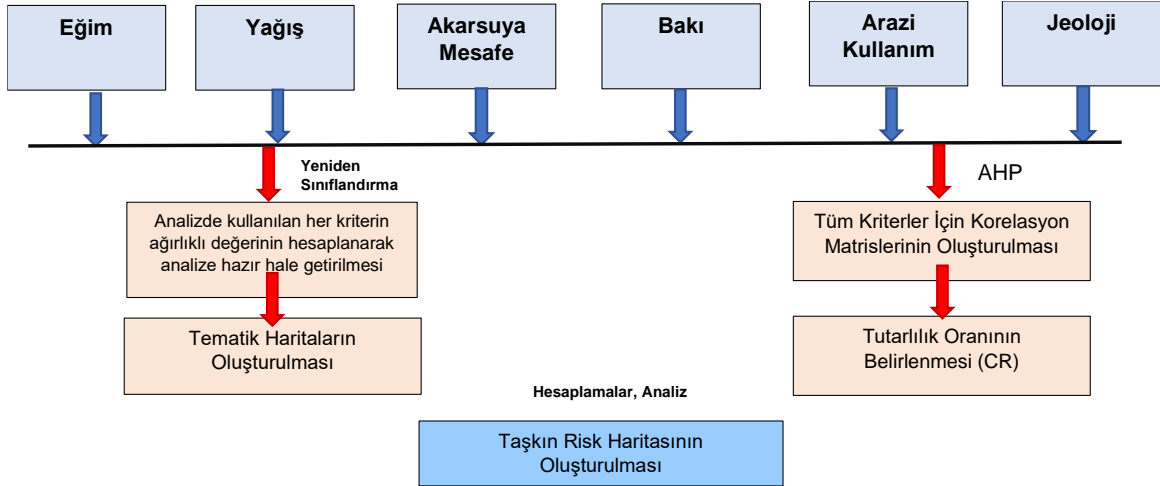
ANALİZDE KULLANILAN PARAMETRELER	KULLANILAN/TÜRETİLEN VERİ SETİ- OLUŞTURULAN VERİ TABANI	VERİ SETİ ERİŞİMİ / KAYNAK DOSYASI
Sayısal Yükseklik Modeli	Sayısal Yükseklik Modeli-30 m çözünürlüklü -CBS (ArcGIS 10.8)	SRTM 1 Arc Second Global Data (https://earthexplorer.usgs.gov/)
Eğim	Sayısal Yükseklik Modeli-CBS (ArcGIS 10.8)	SRTM 1 Arc Second Global Data (https://earthexplorer.usgs.gov/)
Bakı	Sayısal Yükseklik Modeli-CBS (ArcGIS 10.8)	SRTM 1 Arc Second Global Data (https://earthexplorer.usgs.gov/)
Yağış	Sayısal Yükselti Modeli, MGİ Verileri-CBS (ArcGIS 10.8)	SRTM 1 Arc Second Global Data (https://earthexplorer.usgs.gov/) Meteoroloji Genel Müdürlüğü (https://www.mgm.gov.tr/)
Akarsuya Mesafe	Sayısal Yükselti Modeli-CBS (ArcGIS 10.8)	SRTM 1 Arc Second Global Data (https://earthexplorer.usgs.gov/) Open Street Map vektör verileri (https://download.geofabrik.de/)
Arazi Kullanımı	Copernicus Land Monitoring Service-CBS (ArcGIS 10.8)	CORINE Land Cover 2018 (https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover)
Jeoloji	1/100.000 Ölçekli Jeoloji Paftaları (E29,E30,F28,F29,F30,G28,G29,G30)-CBS (ArcGIS 10.8)	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeoloji-haritalari)

### 3.3. Çalışmada Kullanılan Verilerin Değerlendirme Yöntemleri (Evaluation Methods of the Data Used in the Study)

Karabük ili için ÇKKV yöntemlerinden olan AHY kullanılmıştır. Yapılan araştırmada çalışma alanının topografik, hidrolojik ve meteorolojik durumu göz önüne alınarak eğim, akarsuya mesafe, yağış, bakı, arazi kullanımı/arazi örtüsü ve jeoloji parametreleri kullanılmıştır. Seçilen her bir kriter için korelasyon matrisleri kullanılarak kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri belirlenmiş, ağırlıklı AHY değerleri hesaplanmıştır. AHY analizinden

elde edilen değerler ArcGIS 10.8 programı kullanılarak her bir katman için oluşturulan öznel tablosuna aktarılmıştır.

Çalışma kapsamında taşkın risk analizinde kullanılan tüm parametreler vektör formdan raster forma dönüştürülerek katmanlar halinde kullanılmıştır. Sonrasında ArcGIS arayüzünün çeşitli modülleri kullanılarak her bir parametreyi temsil eden katmanlar üst üste bindirilerek Karabük ili için CBS ortamında taşkın duyarlılık haritası ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 2. Çalışmada Kullanılan Yönteme İlişkin Akış Şeması (Flow Chart of the Method Used in the Study)

### 3.4. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Analytic Hierarchy Process)

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biri olup 1968 yılında Myers ve Alpet, 1980 yılında ise Saaty tarafından geliştirilen bir yöntemdir (Myers ve Alpet, 1968; Saaty, 1980). AHY'nde, karmaşık problemler hiyerarşik bir yapı içinde ele alınarak, nicel ve nitel ölçütler altında değerlendirilmektedir. AHY'nde birden fazla ölçüt kullanılabilir olup yöntemin kolay uygulanabilir olması heyelan duraylılık, taşkın duraylılık, mekansal planlama ve orman yangınlarına yönelik analiz çalışmalarında sıklıkla tercih edilmektedir.

AHY'nde sırasıyla belirli aşamalar takip edilmektedir. İlk olarak problem tanımlaması yapılarak olası alternatifler belirlenir ve problemin hiyerarşik olarak yapılandırılması gerçekleştirilir. Buradaki temel hedef karar verme problemini alt ölçütlere ayırmak ve alt ölçütlerin birbirleriyle ilişkilerini belirlenmesine yönelik bir model oluşturmaktır. İkinci aşama olarak seçilen ölçütlerin birbirleriyle karşılaştırılmaları literatürdeki uzman görüşlerden faydalanılarak yapılır ve korelasyon matrisleri oluşturulur. Değerlendirilen her bir ölçüt arasında ikili karşılaştırma yapılırken uzman görüşlerden de yararlanılarak Tablo 2'deki gibi 1 ile 9 arasında puanlanma yapılır (Saaty, 1990).

Tablo 2. Saaty (1990) tarafından önerilen sayısal ölçeklendirme ((Numerical Scaling Proposed by Saaty (1990))

ÖNEM DERESESİNE GÖRE KRİTER PUAN	ÖNEM DERESESİNİ TANIMLAMA	İLGİLİ KRİTER PUANIN AÇIKLAMASI
1	Eşit derecede öneme sahip	İki kriterinde eşit derecede önemi vardır.
3	Orta derecede öneme sahip	Bir kriter diğer kritere göre biraz daha fazla öneme sahiptir.
5	Oldukça öneme sahip	Bir kriter diğer kritere göre kuvvetli derecede öneme sahiptir.
7	Oldukça güçlü öneme sahip	Bir kriter diğer kritere göre çok kuvvetli derecede öneme sahiptir.
9	Aşırı öneme sahip	Bir kriter diğer kritere göre aşırı derecede öneme sahiptir.
2, 4, 6, 8		Ara kriter değerleri

Üçüncü aşama olarak oluşturulan korelasyon matrisindeki ölçütlerin önem ağırlıklarını belirlemek amacıyla matrisdeki her bir hücre normalize edilir. Normalizasyon işlemi matris sütunlarındaki değerler toplanır ve sütun toplamları elde edilir. Elde edilen sütun toplamları aynı sütunda yer alan matris elemanlarına bölünür ve değerlerin normalize edildiği yeni bir matris oluşturulur.

Normalize edilmiş matrise göre her sütunun toplamı 1'e eşittir. Oluşturulan normalize matrisin satır değerleri toplanarak matris boyutuna bölünür, aritmetik ortalama alınır ve her bir kriter için önem ağırlıklarını gösteren özvektör ( $w$ ) hesaplanır (Eşitlik 1). Bu sayede ölçütlerin kendi aralarında önem derecelerini gösteren yüzde dağılımları elde edilir (Saaty, 1990). Eşitlikte yer alan parametrelerden  $W_i$ : özvektör,  $n$ :karşılaştırılan kriter sayısı,  $a_{ij}$ :  $i$ . özellik ile  $j$ . özelliğin ikili matrisde karşılaştırma değeridir.

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

Korelasyon matrislerinin oluşturulması ve özvektörün belirlenmesinin ardından dördüncü aşama olarak karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı belirlenir. Bu amaçla Tutarlılık İndeksi (CI) adı verilen bir parametre hesaplanır. Bu hesaplama için öncelikle  $\lambda$  max değeri belirlenir.  $\lambda$  max değeri en büyük özdeğer olup, korelasyon matrisindeki özvektör ( $w$ ) ile matris çarpımından ( $A$ ) elde edilen bir değerdir (Eşitlik 2). Özdeğerlerin, özvektörlere oranlarının toplamının aritmetik ortalaması ile en büyük özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) hesaplanır (Saaty, 1990).

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

$\lambda_{max}$  hesaplanması sonrasında tutarlılık indeksi (CI) değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır (Eşitlik 3).

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

Eşitlikte yer alan parametrelerden CI: Tutarlılık İndeksi,  $\lambda$  max: Matrisin en büyük özdeğeri ve  $n$ : karşılaştırılan kriter sayısıdır.

Beşinci aşama olarak Tutarlılık İndeksi (CI) hesaplandıktan sonra ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranları hesaplanır. CI değerinin Rastgele Değer İndeksi (RI)'ne oranlanmasıyla korelasyon matrisinin Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanır (Eşitlik 4). RI değeri analizde kullanılan kriter sayısına göre hesaplanmış değerlere karşılık gelmektedir. Saaty (1990) tarafından önerilen RI değerleri Tablo 3'te sunulmuş olup analize dahil edilen kriter sayısına ( $n$ ) göre CR değeri hesaplanmaktadır.

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

**Tablo 3.** Korelasyon matrisindeki ölçüt sayısına göre Rastgele Değer İndeksi (RI) değerleri (Saaty, 1980) ((Random Value Index (RI) Values According to the Number of Criteria in the Correlation Matrix (Saaty, 1980))

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	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

Oluşturulan korelasyon matrisinin tutarlılık oranının (CR) 0.10'dan az olması matrise atanan değerlerin uygun olduğunu ve tutarlılığın yüksek olduğunu göstermektedir (Saaty, 1990). CR'nin 0.10'dan büyük olması durumunda korelasyon matrisine girilen değerler tekrar gözden geçirilerek analiz tekrar yapılmalıdır (Saaty, 1990).

#### 4. Araştırma Bulguları (Research Findings)

##### 4. AHY Kullanılarak Karabük İli için Taşkına Duyarlı Bölgelerin Haritalanmasında Kullanılan Kriterler (Criteria Used in Mapping Flood Susceptible Areas for Karabük Province Using AHP Method)

Çalışma alanında taşkına etki eden temel parametreler yağış, eğim, akarsuya mesafe, bakı, jeoloji ve arazi kullanımı/arazi örtüsü olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin kendi aralarında önem dereceleri belirlenmiş olup, çalışma alanı ve yakın çevresinde geçmişte yaşanmış taşkın envanteri incelenmiş olup, literatürdeki araştırmalar dikkate alınmıştır.

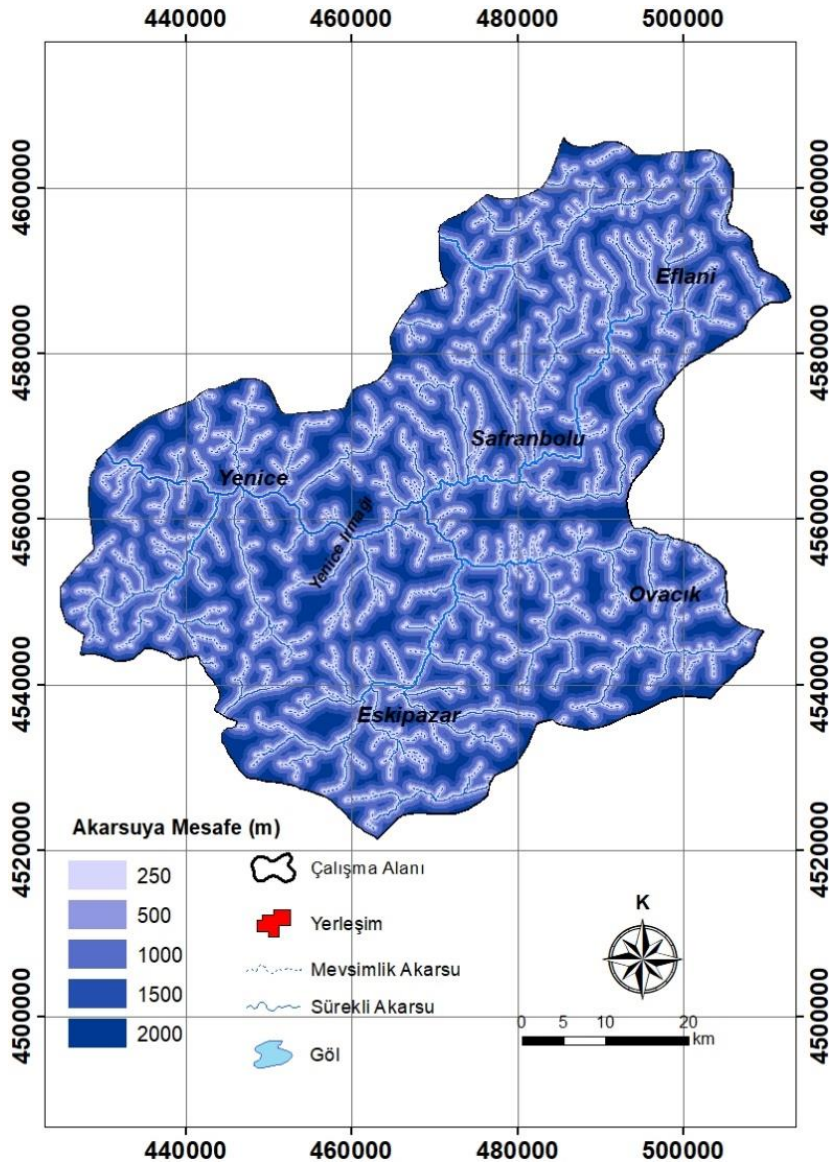
Seçilen parametrelerin önem sıralaması AHY tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Karabük ili için AHY'nde elde edilen katmanlar ağırlık değerlerine göre sırasıyla akarsuya mesafe, yağış, eğim, arazi kullanım/arazi örtüsü, jeoloji ve bakı olarak tespit edilmiştir. İlgili kriterlerin değerlendirilmesine yönelik bulgular aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

#### 4.1.1. Akarsuya Mesafe (Distance to River)

Akarsuya mesafe faktörü akarsu ağlarının yakınında bulunan bölgelerin şiddetli yağışlar sırasında nehirlerin taşmasıyla sular altında kalma olasılığının yüksek olması nedeniyle taşkın risk analizlerinde oldukça yaygın kullanılan, önemli bir parametredir (Dutta vd., 2023).

Çalışma alanındaki akarsu ağı ArcGIS 10.8 programının hidroloji modülü aracılığıyla SYM verisi kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışma alanının akarsu ağı haritası ArcGIS arayüzündeki ArcHydro modülünün çeşitli araçları (Stream to Feature, Stream to Order, Fill, Flow Direction, Flow Accumulation) kullanılarak belirlenmiştir. Sonrasında Open Street Map portalından vektör veri olarak indirilen akarsu verileri ArcGIS arayüzünde SYM kullanılarak ArcHydro modülü ile oluşturulan akarsu ağları karşılaştırılmıştır (Geofabrik, 2023).

Söz konusu vektör verilerde çakışan veya düzenlenmesi gereken akarsular tekrar düzenlenerek topoğrafyayla uyumlu daha iyi bir akarsu ağı haritası elde edilerek analize hazır hale getirilmiştir. Çalışma alanı için hazırlanmış akarsu ağı kullanılarak 250, 500, 1000, 1500 ve 2000 m olacak şekilde akarsuya mesafe zonları oluşturulmuştur. Oluşturulan tampon bölgeler kullanılarak akarsuya mesafe haritası düzenlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Karabük İli Akarsu Ağı ve Akarsuya olan Mesafe Zonları (Karabük Province Stream Network and Distance Zones to Rivers)

Akarsuya mesafe haritası ArcGIS 10.8 programının Proximity komutunun Multiple Bufferzone aracı kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 3). Yapılan analizde akarsuya en yakın mesafeler en riskli alanlar olarak belirlenirken, akarsuya olan uzaklık arttıkça taşkın riskinin azalacağı şeklinde değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.



Buna göre akarsuya mesafesi en yakın (250 m) bölgeler %21.19 oranında, görece daha yakın olan (500 m) bölgeler %19.15 oranında, 1000 m mesafede olan bölgeler %32.51 oranında, 1500 m mesafede olan bölgeler %19.26 oranında, 2000 m mesafede olan bölgeler ise %7.90 oranında alan kaplamaktadırlar (Tablo 4).

**Tablo 4.** Çalışma Alanı için Değerlendirilen Akarsuya Mesafe Parametresinin Alansal ve Oransal Hesaplamaları ile Ağırlık Değerleri (Areal and Proportional Calculations and Weight Values of the Distance to River Parameter Evaluated for the Study Area)

AKARSUYA MESAFE (M)	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM <sup>2</sup> )	ORAN(%)
250	0.503	857.815	21.19
500	0.260	775.383	19.15
1000	0.134	1316.26	32.51
1500	0.068	779.632	19.26
2000	0.035	319.791	7.90

#### 4.1.2. Yağış (Rainfall)

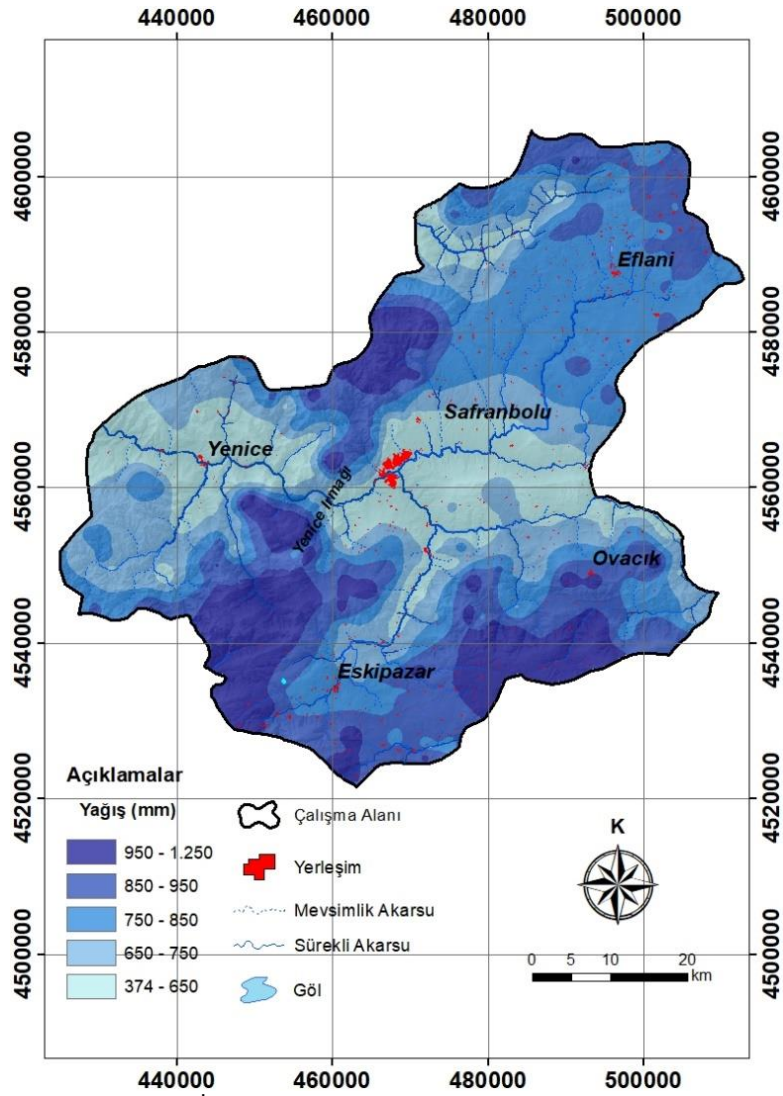
Taşkın oluşumunda etki derecesi en yüksek parametrelerden birisi yağış parametresidir. Taşkın oluşumları değerlendirilirken yağışın türü, süresi ve şiddeti göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle uzun süreli yağışların veya ani şiddetli yağışların taşkın oluşumunda oldukça etkili olduğu görülmektedir (Poussin vd., 2014). Bu kapsamda taşkın analizlerinin önemli bir bileşeni olan yağış faktörü çalışma alanı özelinde incelenmiştir.

Bu çalışmada alansal yağış dağılımını gösteren yağış haritası Karabük Meteoroloji Gözlem İstasyonunun (KMGİ) uzun yıllar ortalama yağış verileri kullanılarak Schreiber yöntemi ile belirlenmiştir. Alansal yağış dağılımı ArcGIS 10.8.2 yazılımının interpolasyon araçları kullanılarak oluşturulmuştur.

Yağış ile yükselti arasındaki ilişkiden türetilen Schreiber yöntemine göre; yükseltinin ortalama her 100 metredeki artışına bağlı olarak yağış miktarının 54 mm arttığı belirtilmektedir. Schreiber yönteminin temelini yükselti arttıkça yağış miktarının artması yaklaşımı oluşturmaktadır (Aydınözü, 2008; Erinç, 1984).

Ülkemizde meteoroloji istasyonlarının genellikle yerleşim yerleri içerisine kurulmasından dolayı iklim parametrelerinin hassas bir şekilde belirlenmesi işlemi zorlaşmaktadır. Yine ölçüm istasyonlarının dağınık bölgelerde kurulmaması nedeniyle yağışın alansal dağılımının belirlenmesinde zorluklar yaşanmaktadır. Özellikle taşkın risk çalışmalarında yağış miktarının ölçülemediği, meteoroloji gözlem istasyonunun olmadığı alanlara düşen yağış miktarının belirlenmesinde Schreiber yönteminin sıklıkla kullanılan bir yöntem olduğu görülmektedir (Fırat ve Dursun, 2023; Meral ve Eroğlu, 2021; Dölek ve Avcı, 2017).

Çalışma alanı özelinde Karabük MGİ istasyonuna ait uzun yıllar (1965-2022) ortalama yağış miktarı 487.5 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (MGM, 2023). İstasyonun denizden yükseltisi 278 m olup, çalışma alanı içerisinde meteoroloji istasyonunun bulunmadığı noktalara düşen yağış miktarını tahmin edebilmek amacıyla uniform bir dağılımla CBS ortamında noktasal sanal istasyonlar atayarak yağış-yükselti hesaplamaları yapılmıştır. Tüm analizler ArcGIS arayüzünde Radial Basis Function aracı kullanılarak yapılmış olup, çalışma alanının yağış dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Karabük İli Yağış Haritası (Rainfall Map of the Karabük Province)

Oluşturulan yağış dağılım haritasına göre alanın güneybatı, kuzeybatı ve güneydoğu kesimlerindeki dağ sıralarının olduğu bölgeler, çalışma alanının en yüksek noktaları olup, düşen yağış miktarı 950-1250 mm/yıl arasında değişmektedir. Dere yataklarının olduğu alüvyon kesime düşen yağış miktarı 350-650 mm/yıl arasında değişirken yükseltinin artmasına bağlı olarak yağış değerlerinin ilin orta kesimlerinde 750-850 mm/yıl arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4 ve Tablo 5). Taşkın riski açısından fazla yağış alan birimler en riskli bölgeler olarak değerlendirilmiştir.

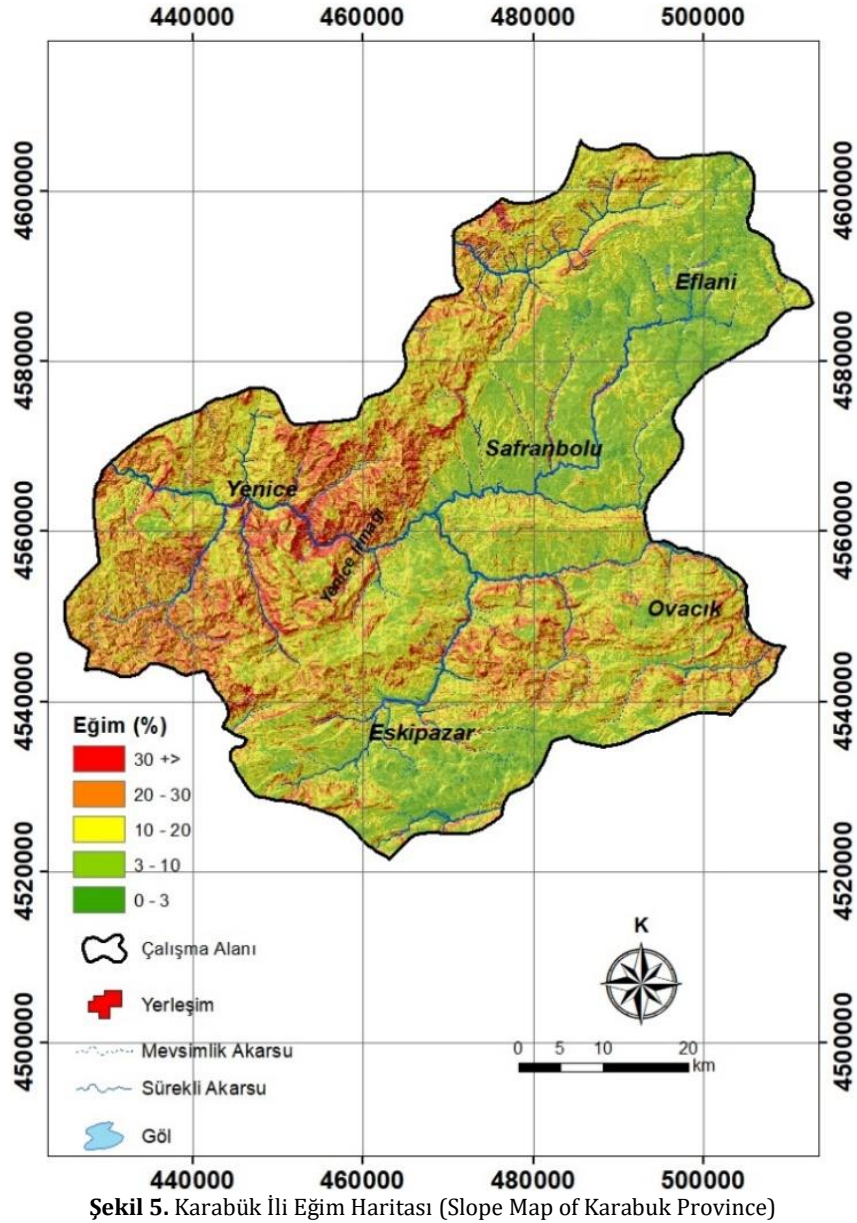
**Tablo 5.** Çalışma Alanı İçin Değerlendirilen Yağış Parametresinin Alansal Ve Oransal Hesaplamaları İle Ağırlık Değerleri (Areal And Proportional Calculations and Weight Values of the Precipitation Parameter Evaluated for the Study Area)

YAĞIŞ (MM/YIL)	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM <sup>2</sup> )	ORAN(%)
374-650	0.035	807.08	19.94
650-750	0.068	763.00	18.85
750-850	0.134	1101.44	27.21
850-950	0.260	822.39	20.31
950-1250	0.503	554.61	13.7

#### 4.1.3. Eğim (Slope)

Önemli bir topoğrafik faktör olan eğim, yüzey suyu akışının düzenlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Eğim, yağışın akarsu akışına katkısı üzerinde baskın bir etkiye sahiptir. Özellikle bir sahaya ulaşan yüzey akışının veya yeraltı drenajının yönünü ve miktarını etkilemektedir (Hagos vd., 2022). Yükseklik ve eğim faktörleri, bir arazinin stabilitesinin yönetilmesinde, taşkın risklerini kontrol etmede önemli bir rol oynamaktadırlar. Eğim aynı zamanda sızmayla doğrudan ilişkili bir parametredir. Yüzey eğiminin artması sızma sürecini azaltırken yüzey akışını arttırmaktadır (Dung vd., 2020). Bunun sonucunda yüzey eğimi daha düşük olan bölgelerde çok fazla miktarda su birikerek taşkın, sel durumlarına neden olmaktadır. Eğim derecesi düşük olan düz alanlar taşkın ve

sellerden yoğun bir şekilde etkilenmektedir. Buna karşılık eğim açısı yüksek yüzeyler yüzeysel akışa daha duyarlıyken, düz araziler suların birikmesine daha duyarlı bölgelerdir. Çalışma alanının eğim haritası sayısal yükseklik modeli kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 5). Eğim katmanı ArcGIS arayüzünün eğim oluşturma modülü kullanılarak oluşturulmuş olup çalışma alanının eğim miktarının  $0^\circ$  ile  $76^\circ$  derece arasında değiştiği belirlenmiştir.



Eğim analizi sonucunda eğim miktarı düşük olan alanlar yüksek taşkın riskli alanlar olarak tanımlanırken, eğim miktarı arttıkça taşkın riski azalmaktadır. Buna göre eğim derecesi çok düşük olan ( $0-3^\circ$ ) bölgeler %5.7 oranında, düşük olan ( $3-10^\circ$ ) bölgeler %28.6 oranında, orta olan ( $10-20^\circ$ ) bölgeler %36.4 oranında, yüksek olan bölgeler ( $20-30^\circ$ ) %20.6 oranında, çok yüksek olan ( $30-76^\circ$ ) bölgeler ise %8.7 oranında alan kaplamaktadırlar (Tablo 6). Eğim derecesi çok yüksek olan alanlar Karabük ilinin Yenice ilçesinin doğu, kuzeydoğusundaki dağlık kesimler ile Ovacık ilçesinin batı, güneybatı kesimlerinde yer almaktadır (Şekil 5 ve Tablo 6).

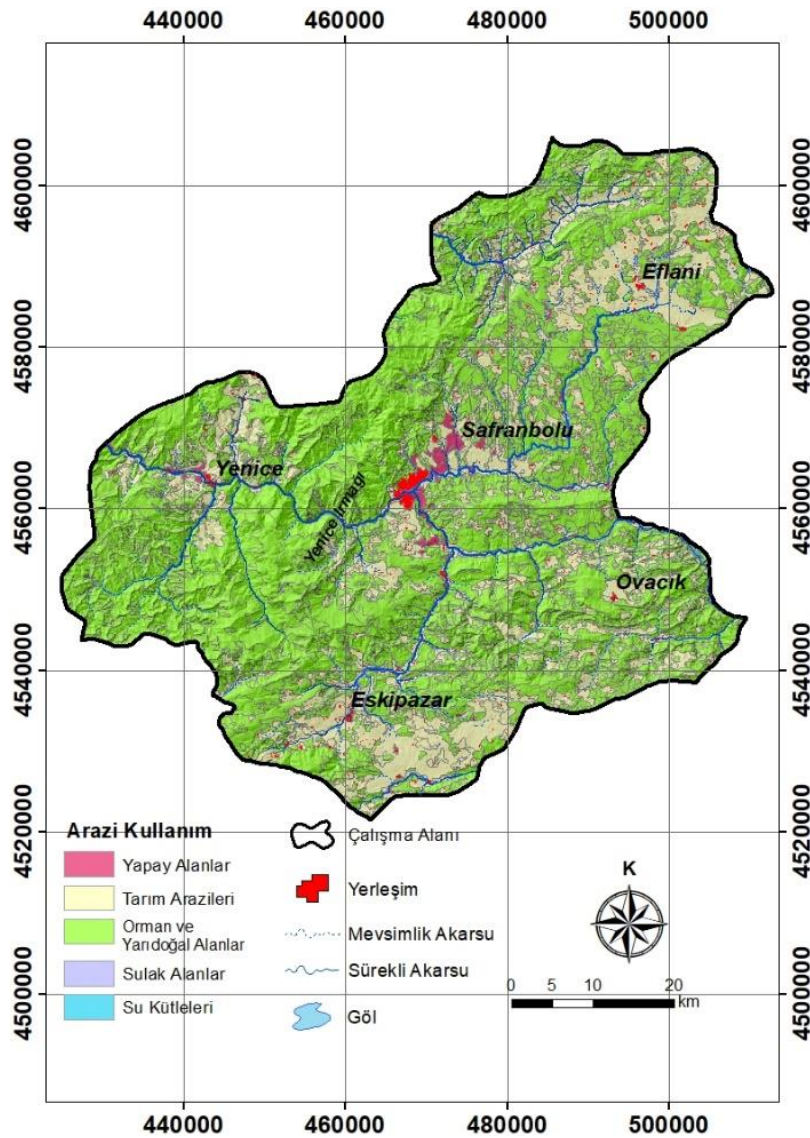
**Tablo 6.** Çalışma Alanı İçin Değerlendirilen Eğim Parametresinin Alansal ve Oransal Hesaplamaları İle Ağırlık Değerleri (Areal and Proportional Calculations and Weight Values of the Slope Parameter Evaluated for the Study Area)

EĞİM ( $^\circ$ )	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM <sup>2</sup> )	ORAN (%)
0-3	0.035	228.51	5.7%
3-10	0.069	1156.15	28.6%
10-20	0.134	1472.22	36.4%
20-30	0.260	830.82	20.6%
30-76	0.503	352.94	8.7%

#### 4.1.4. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü (Land Use/Land Cover)

Arazi kullanım parametresi taşkınlara karşı duyarlı bölgelerin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Arazi kullanımı sızma oranını, buharlaşmayı ve yüzey akışını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Nistor, 2019). Özellikle zaman içerisinde arazi örtüsünde doğal faktörlerin ve antropojenik faaliyetler etkisiyle meydana gelen değişimlerin dikkate alınması oldukça önemlidir. Taşkın risk analizlerinde yerleşim alanları ve yollar gibi geçirimsiz yüzeyler ile tarım alanları, çıplak kayalıklar ve bataklık alanlar diğer arazi türlerine göre taşkın ve sellere daha duyarlı arazi sınıflarıdır (Rahmati vd., 2016). Bununla birlikte bitki örtüsü yoğunluğunun yüksek olduğu alanlar ise genellikle taşkın etkisinin düşük görüldüğü alanlardır.

Çalışma alanında arazi kullanım verisi olarak Copernicus portalından Avrupa Çevre Ajansının koordinasyonunda uydu görüntüleri yardımıyla oluşturulan arazi örtüsü/arazi kullanımı verileri kullanılmıştır. Türkiye arazi örtüsü/arazi kullanım verileri 1/100.000 ölçeğinde üretilen her 6 yılda bir güncellenen bilgisayar tabanlı görsel yorumlamaya dayalı açık erişimli CORINE veri tabanından indirilmiştir (Copernicus, 2023). Çalışmada 2018 yılına ait CORINE vektör verileri kullanılmış olup, sınıflandırmada 1. Seviye Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı temel alınmıştır. Buna göre çalışma alanında 1. Seviye gruplar su yapıları, sulak alanlar, orman ve yarı-doğal alanlar tarımsal alanlar ve yapay alanlar olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Karabük İli için Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Haritası (Land Use/Land Cover Map for Karabuk Province)

Buna göre 1 kodlu yapay alanlar 46.3 km<sup>2</sup> (%1.14), 2 kodlu tarım alanları 994.22 km<sup>2</sup> (%24.55), 3 kodlu orman ve yarı doğall alanlar 2983.89 km<sup>2</sup> (%73.70), 4 kodlu sulak alanlar 0.6 km<sup>2</sup> (%0.0), 5 kodlu su yapıları 24.41 km<sup>2</sup> (%0.61) alan kaplamaktadırlar. En çok yer kaplayan arazi sınıfı orman ve yarı doğall alanlarırken bunu sırasıyla tarım alanları ve yapay alanlar takip etmektedir. Bununla birlikte sulak alan ve su yapıları ise en az yer kaplayan arazi sınıflarıdır. Yapılan analizde orman ve yarı doğall alanlar taşkın riski en düşük bölgeler olarak belirlenirken,

geçirimsiz, pürüzsüz yüzeyleri içeren yapay alanlar taşkın riski en yüksek bölgeler olarak belirlenmiştir (Şekil 6 ve Tablo 7).

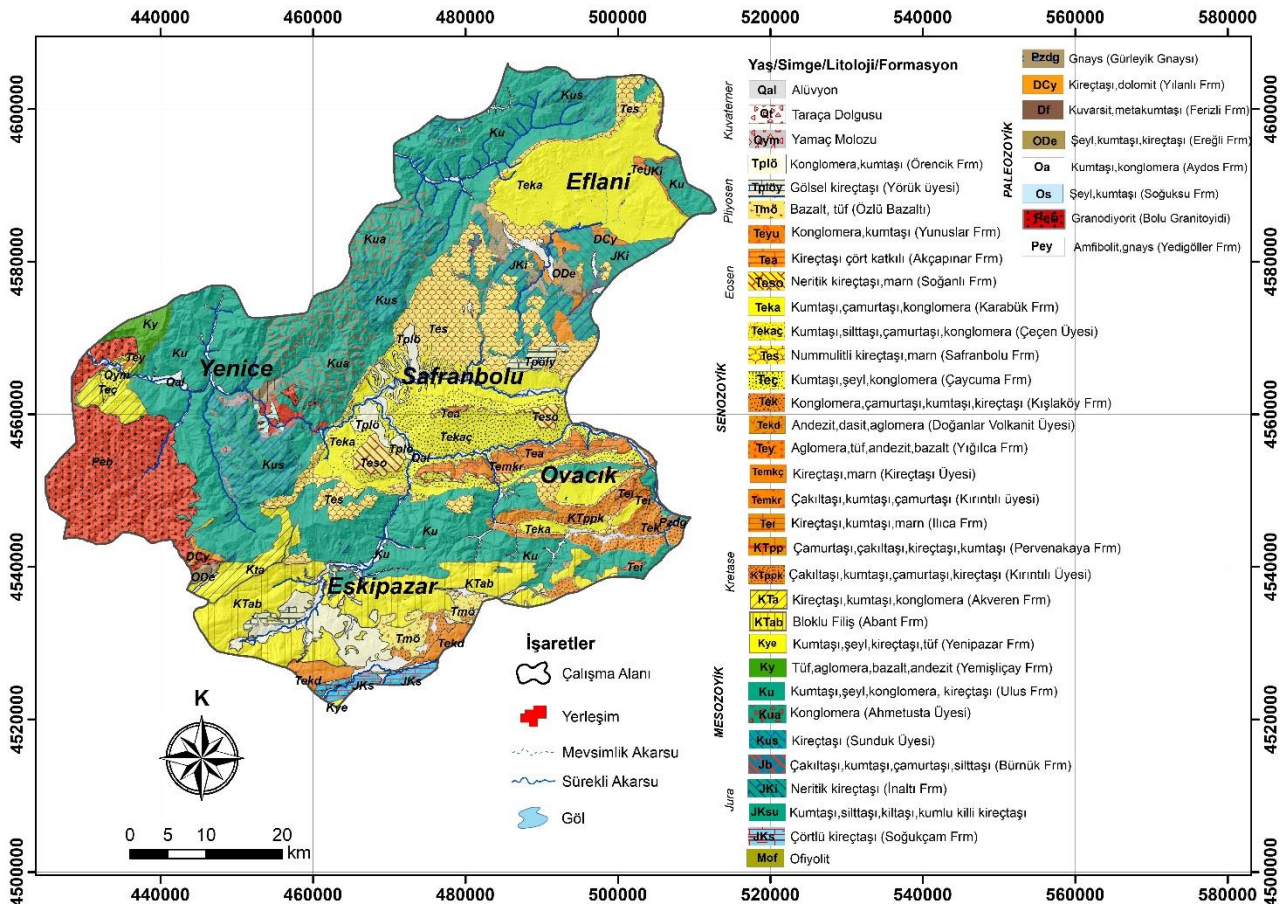
**Tablo 7.** Çalışma Alanı İçin Değerlendirilen Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Parametresinin Alansal ve Oransal Hesaplamaları ile Ağırlık Değerleri (Areal and Proportional Calculations and Weight Values of the Land Use/Land Cover Parameter Evaluated for the Study Area)

ARAZİ KULLANIM	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM <sup>2</sup> )	ORAN (%)
Yapay Alanlar	0.581	46.3	1.14
Tarımsal Alanlar	0.258	994.22	24.55
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	0.105	2983.89	73.70
Su Yapıları	0.056	24.41	0.61

#### 4.1.5. Jeoloji (Geology)

Taşkına duyarlı bölgelerin analizlerinde jeolojik birimlerin litolojik özellikleri oldukça önemlidir. Özellikle zemini oluşturan litolojik malzemenin türüne göre birimin suyu tutma, iletme, gözeneklilik ve ayrışma derecesi değerlendirmelerde dikkatle ele alınmalıdır.

Geçirimsizliğin düşük olduğu litolojik birimlerde sızmanın az veya hiç olmaması halinde yüzeysel akışa geçen su miktarı taşkın riskini artırmaktadır (Hammami vd., 2019). Geçirimsiz zeminlerde ise sızma miktarı görece fazla, yüzeysel akış ise daha az olacağından taşkın riski daha düşüktür (Hammami vd., 2019). Çalışma alanının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası E29, E30, F28, F29, F30, G28, G29 ve G30 jeoloji paftalarının (MTA, 2002a, 2002b; MTA, 2010; MTA, 2011) ArcGIS 10.8 programında birleştirilmesi ve sayısallaştırılması ile analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 7).



**Şekil 7.** Karabük İli Jeoloji Haritası (MTA, 1/100.000 ölçekli Zonguldak, Kastamonu, Bolu, Çankırı jeoloji paftalarından yararlanılarak düzenlenmiştir.) (Geology Map Of Karabük Province (MTA, 1/100.000 Scale Geology Map of Zonguldak, Kastamonu, Bolu and Çankırı).

Havzadaki jeolojik birimlerin geçirimsizlik ve iletimsizlik özellikleri değerlendirilerek çalışma alanı için geçirimsizlik haritası oluşturulmuş ve jeolojik birimlerin taşkına olan duyarlılıkları geçirimsizlik parametresi üzerinden değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çalışma alanında yüzeyleyen jeolojik birimler gözeneklilik ve geçirimsizlik

özelliklerine göre Çok Yüksek Geçirimli (ÇYG), Yüksek Geçirimli (YG), Orta Geçirimli (OG), Düşük Geçirimli (DG) ve Çok Düşük Geçirimli (ÇDG) olarak sınıflandırılmıştır.

Jeolojik birimlerin geçirimsizlik özelliklerine göre koyu mavi olarak haritalanan ÇYG birimler birincil gözenekliliği yüksek, pekişmemiş zengin ve yaygın akiferleri, açık mavi olarak haritalanan YG birimler pekişmemiş, yeraltısuyu verimi orta olan akiferleri, koyu yeşil olarak haritalanan YG birimler ikincil gözenekliliği yüksek, pekişmiş zengin ve yaygın akiferleri, açık yeşil olarak haritalanan OG birimler pekişmiş, yeraltısuyu verimi orta olan akiferleri temsil etmektedir.

Açık kahverengi olarak haritalanan DG birimler ise yerel yeraltısuyu içeren veya yeraltısuyu verimi zayıf formasyonları, koyu kahverengi olarak haritalanan ÇDG birimler ise yeraltısuyu içermeyen ve yeraltısuyu verimi çok zayıf olan formasyonlar olarak değerlendirilmiştir (Şekil 8).

ÇDG ve DG sahip jeolojik birimlerin yer aldığı bölgeler taşkın riski yüksek bölgeler olarak değerlendirilmiştir. Buna göre çalışma alanında Eosen yaşlı kumtaşı, konglomera, çamurtaşı, silttaşından oluşan Karabük formasyonu (Tek) ve Karabük formasyonunun Çeçen üyesi (Tekaç) geçirimsiz özellikte olup formasyon içerisinde açılmış çok sayıda sondaj kuyusunun mevcut olduğu ve yeraltısuyu alındığı belirtilmiştir (SYGM, 2023). Dolayısıyla formasyon pekişmemiş yaygın ve zengin akifer özelliği göstermekte olup çok yüksek geçirimsiz (ÇYG) olarak haritalanmış ve analizde taşkın riski düşük jeolojik birimler olarak değerlendirilmiştir.

Jura yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşan İnaltı (JKi) ve yarı pelajik çörtlü kireçtaşlarından oluşan Soğukçam formasyonları (JKs) karstlaşma dereceleri buldukları yerlere göre değişen, ikincil gözenekliliği yüksek, pekişmiş yaygın ve zengin karstik akiferler olup yüksek geçirimsiz birimler (YG) olarak haritalanmıştır.

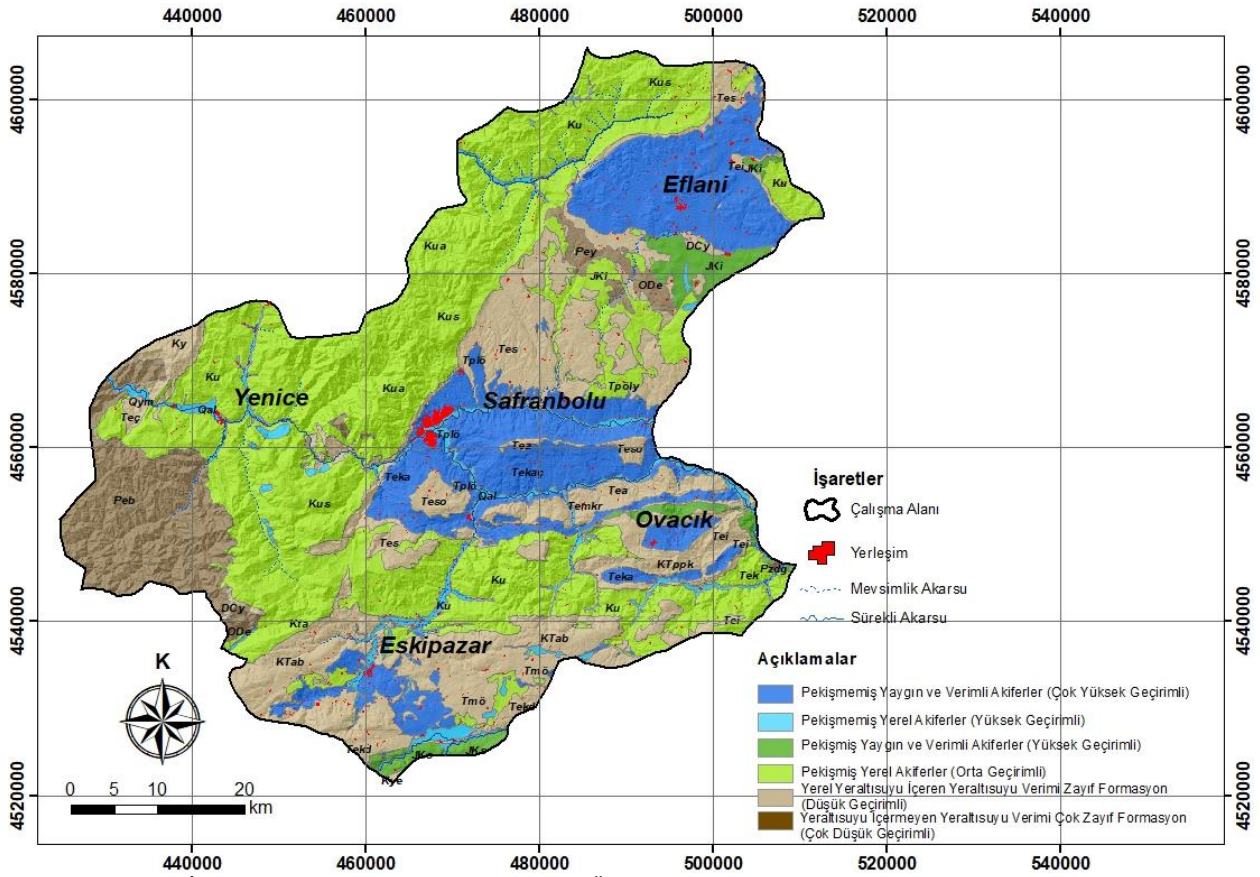
Pliyosen yaşlı gevşek tutturulmuş konglomera, kumtaşı, kiltaşından oluşan Örencik formasyonu (Tplö) ile Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) ve yamaç molozu (Qym) birimlerinin yayılımları ve kalınlıkları havza içerisinde değiştiğinden geçirimsizlik ve iletimsizlik değerlerinin değişkenlik gösterebileceği belirtilmektedir (SYGM, 2023). Dolayısıyla bu birimler orta verimli pekişmemiş yerel akiferler olarak tanımlanmış olup YG olarak haritalanmıştır (Şekil 8).

Kretase yaşlı kumtaşı, şeyl, konglomera, kireçtaşı, çakıltası, silttaşı litolojilerinden oluşan Ulus formasyonu (Ku) ile formasyonun Ahmetusta (Kua) ve Sunduk (Kus) üyelerinin orta geçirimsiz özellik gösterdikleri belirtilmiş olup (SYGM, 2023), bu birimler OG olarak haritalanmıştır (Şekil 8).

Eosen yaşlı Safranbolu formasyonu (Tes), Yiğilca formasyonu (Tey), Kretase yaşlı bloklu filişden oluşan Abant Formasyonu (KTab), Yemişliçay formasyonu (Ky), Akveren formasyonu (KTA) ile Pliyosen yaşlı bazalt ve tüflerden oluşan Özlü Bazalt (Tmö) tektonik hareketlere bağlı olarak kırık çatlaklarından kaynak çıkışları bulunan, yeraltısuyu bakımından gözeneklilik ve geçirimsizlik özellikleri zayıf olan formasyonlar olup DG olarak haritalanmıştır (SYGM, 2023) (Şekil 8).

Paleozoyik yaşlı Yılanlı formasyonu (DCy) düşük geçirimsizlik özelliği nedeniyle, Eosen yaşlı Akçapınar (Tea) ile Soğanlı (Teso) formasyonları ise marnlı seviyelerinden dolayı DG birimler olarak değerlendirilmiştir (Şekil 8).

Paleozoyik yaşlı granodiyorit, gabro, granitlerden oluşan Bolu Granitoyidi (Peb), Paleozoyik yaşlı ayrılmamış ambifolit, gnays, migmatit, metagranit sist litolojilerinden oluşan Yedigöller formasyonu (Pey), Paleozoyik yaşlı gnayslardan oluşan Gürleyik Gnaysı (Pzdg) ve Ereğli formasyonu (ODE) ise çok düşük geçirimsizlik özellikleri nedeniyle ÇDG birimler olarak haritalanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Karabük İlindeki Jeolojik Birimlerin Geçirimsizlik Özellikleri (Permeability Properties of Geological Units in Karabük Province)

Çalışma alanında yüzeyleyen jeolojik birimlerin geçirimsizlik sınıfları, alansal hesaplamaları, yüzde oranları ve ağırlık değerleri Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Çalışma Alanı için Değerlendirilen Jeoloji Parametresinin Alansal ve Oransal Hesaplamaları ile Ağırlık Değerleri (Areal and Proportional Calculations and Weight Values of the Geology Parameter Evaluated for the Study Area)

JEOLOJİK BİRİM	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM <sup>2</sup> )	ORAN (%)
Çok Düşük Geçirimli	0.503	354.94	8.76
Düşük Geçirimli	0.260	995.94	24.59
Orta Geçirimli	0.134	1717.28	42.39
Yüksek Geçirimli	0.068	243.82	6.02
Çok Yüksek Geçirimli	0.035	738.83	18.24

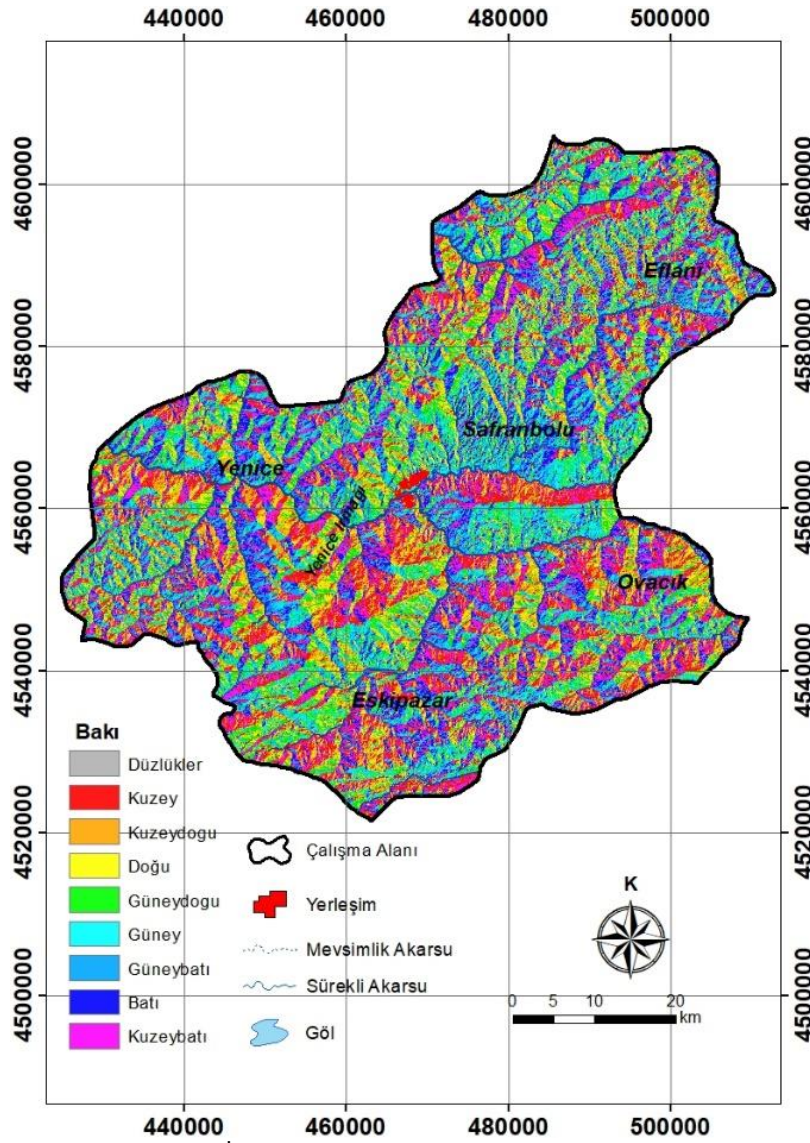
#### 4.1.6. Bakı (Aspect)

Coğrafi bir terim olan bakı dağların güneşe bakan veya güneşi doğrudan gören tarafı olarak tanımlanmaktadır. Bakı yönü ise dağların güneşe dönük yamacı olarak tanımlanmaktadır. Bakı parametresi evapotranspirasyonu, toprak neminin tutulmasını ve bitki örtüsünün gelişimini etkilemekte olup taşkın risk analizlerinde doğrudan olmasada dolaylı olarak etkisinin ele alınması gereken parametreler arasındadır (Sahana ve Patel, 2019).

Ülkemizde güney yönüne bakan yamaçlarda kuzey yönüne bakan yamaçlara göre sıcaklık, güneş radyasyonu nedeniyle daha yüksek, güneşlenme süresi ile buharlaşma-terleme miktarı daha fazladır. Bu bölgelerde karlar daha hızlı erirken, tarım ürünleri daha erken olgunlaşmakta, orman üst sınırı ve yerleşim üst sınırının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Yine kuzeye bakan yamaçlarda güneş radyasyonu süresinin daha kısa olması, kar ve toprağın daha doygun ve nemli olması nedeniyle yüzeyel akış daha fazladır. Güneye bakan yamaçlarda toprak, kuzeye bakan yamaçlara göre daha az doygun olduğundan yüzeyel akışa geçecek suların önemli bir kısmı süzülmekte ve kuzey yamaçlara göre daha az miktarda yüzeyel akış gözlenmektedir (Sahana ve Patel, 2019).

Çalışma alanının bakı haritası, sayısal yükselti verisi kullanılarak ArcGIS 10.8 programının bakı modülü kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. Karabük İli Bakı Haritası (Aspect Map of the Karabük Province)

İnceleme alanında bakı parametresi ara yönler, ana yönler ve düz alanlar şeklinde 9 alt sınıfta incelenmiştir. Bakı katmanı analizi sonucunda güneye bakan yamaçların (Güney, Güneybatı, Güneydoğu) %37.70'lik bir alanı, kuzeye bakan yamaçların (Kuzey, Kuzeydoğu ve Kuzeybatı) ise çalışma sahasının %36.60'ını kapladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte alanın toplamda %25.19'u Doğu (%12.74) ve Batı (%12.45) yamaçlardan, geriye kalan %0.51'lik kısmı ise düz alanlardan oluşmaktadır. Yapılan değerlendirmeler neticesinde; çalışma alanında kuzeye bakan yamaçlar güneye bakan yamaçlara göre taşkına daha duyarlı alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 9 ve Tablo 9).

**Tablo 9.** Çalışma Alanı için Değerlendirilen Bakı Parametresinin Alansal ve Oransal Hesaplamaları ile Ağırlık Değerleri (Areal and Proportional Calculations and Weight Values of the Aspect Parameter Evaluated for the Study Area)

BAKİ	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM <sup>2</sup> )	ORAN (%)
Kuzeyli Ana Yön ve Ara Yönler	0.669	1478.95	36.60
Güneyli Ana Yön ve Ara Yönler	0.243	1522.96	37.70
Doğu-Batı	0.088	1017.99	25.19

#### 4.1.7. Çalışma Alanı İçin Türetilmiş AHY Korelasyon Matrisi ve Kriter Değerlendirmeleri (Derived AHP Correlation Matrix and Criterion Evaluations for the Study Area)

Sunulan çalışmada değerlendirilen tüm parametrelerin kendi aralarındaki korelasyon matrisi, normalize matrisi ve kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri Tablo 10, Tablo 11 ve Tablo 12'de sunulmuştur. Parametreler arasında önem yüzdesi sırasıyla akarsuya mesafe, yağış, eğim, arazi kullanım, jeoloji ve bakı olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında analiz edilen kriterlerin tutarlılığının 0.10 oranının altında olmasına dikkat edilmiştir. Korelasyon matrisleri yardımıyla değerlendirilen kriterlerin tutarlılık oranı (CR) sırasıyla akarsuya mesafe için



0.08, yağış için 0.08, eğim için 0.08, arazi kullanımı için 0.02, jeoloji için 0.08, bakı için 0.01'dir. Tüm kriterler arasında yapılan analiz için tutarlılık oranı ise 0.06 olarak hesaplanmıştır (Tablo 11). Hesaplanan bu değerler kriterler arası yapılan korelasyonların tutarlı ve kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

**Tablo 10.** Taşkın Riskine Yönelik Seçilen Kriterlere Göre Oluşturulmuş AHY Korelasyon Matrisi (AHP Correlation Matrix Created According to Selected Criteria for Flood Risk)

	AKARSUYA MESAFE	YAĞIŞ	EĞİM	ARAZİ KULLANIMI	JEOLOJİ	BAKI
Akarsuya Mesafe	1.00	2.00	3.00	5.00	5.00	9.00
Yağış	0.50	1.00	3.00	5.00	5.00	9.00
Eğim	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Arazi Kullanımı	0.20	0.20	0.33	1.00	2.00	3.00
Jeoloji	0.20	0.20	0.20	0.50	1.00	2.00
Bakı	0.11	0.11	0.14	0.33	0.50	1.00
Sütun Toplam	2.34	3.84	7.67	14.83	18.50	31.00

**Tablo 11.** Normalize Edilmiş AHY Korelasyon Matrisi ve Kriter Ağırlıkları (Normalized AHP Correlation Matrix and Criteria Weights)

	AKARSUYA MESAFE	YAĞIŞ	EĞİM	ARAZİ KULLANIMI	JEOLOJİ	BAKI	Kriter Ağırlıkları	AHY (%)
Akarsuya Mesafe	0.427	0.521	0.391	0.337	0.270	0.290	0.373	37.3
Yağış	0.214	0.260	0.391	0.337	0.270	0.290	0.294	29.4
Eğim	0.141	0.086	0.130	0.202	0.270	0.226	0.176	17.6
Arazi Kullanımı	0.085	0.052	0.043	0.067	0.108	0.097	0.075	7.6
Jeoloji	0.085	0.052	0.026	0.034	0.054	0.065	0.053	5.3
Bakı	0.047	0.029	0.018	0.022	0.027	0.032	0.029	2.9
<b><math>\lambda</math> max:6.36, CI:0.072, RI: 1.24, CR: 0.058</b>								

**Tablo 12.** Analiz Edilen Parametrelerin Önem Sıralamasına Göre Ağırlık Değerleri (Weight Values of the Analyzed Parameters According to Importance Ranking)

ANALİZ EDİLEN PARAMETRE	KRİTERİN ÖNEM SIRALAMASI	AHY AĞIRLIK DEĞERİ
Akarsuya Mesafe (m)	250	0.503
	500	0.260
	1000	0.134
	1500	0.068
	2000	0.035
Yağış (mm/yıl)	1250-950	0.503
	950-850	0.260
	850-750	0.134
	750-650	0.068
	650-374	0.035
Eğim (°)	0-3	0.035
	3-10	0.069
	10-20	0.134
	20-30	0.260
	30-76	0.503
Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü	Yapay Alanlar	0.581
	Tarımsal Alanlar	0.258
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	0.105
	Su Yapıları	0.056
Jeoloji	Çok Düşük Geçirimli	0.503
	Düşük Geçirimli	0.260
	Orta Geçirimli	0.134
	Yüksek Geçirimli	0.068
Bakı	Çok Yüksek Geçirimli	0.035
	Kuzeyli Ana Yön ve Ara Yönler	0.669
	Doğu-Batı	0.088
	Güneyli Ana Yön ve Ara Yönler	0.243

#### 4.2 Taşkın Duyarlılık Haritasının Değerlendirilmesi (Evaluation of the Flood Susceptibility Map)

Karabük ili için CBS ortamında akarsuya mesafe, eğim, yağış, jeoloji, arazi kullanım/arazi örtüsü ve baki gibi parametreler kullanılarak AHY yardımıyla taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan haritada risksiz alanlar ile çok yüksek, yüksek, orta ve az riskli alanlar olmak üzere 5 farklı sınıf altında taşkınlara duyarlı bölgeler ayrılanmıştır.

Bu sınıflamaya göre Karabük ilinde taşkın riski taşımayan alanlar 963.49 km<sup>2</sup> alan kaplamakta ve bu oran ilin %23.89'unu oluşturmaktadır. 0.043-0.132 ağırlık değeri ile taşkın riski taşımayan alanlar eğim miktarının düşük, yıllık ortalama düşen yağış miktarının diğer bölgelere göre daha az olduğu, akarsu ağının iyi gelişmediği, tarım alanlarının fazla ve yerleşimlerin daha az olduğu lokasyonlar olarak belirlenmiştir.

2. sınıf olarak az riskli alanlar 0.132-0.221 ağırlık değerine karşılık gelmektedir. Bu alanlarda akarsuya mesafenin risksiz alanlara göre bir miktar arttığı, yıllık ortalama yağış miktarının çok yüksek olmadığı, eğim miktarının bir miktar yüksek ve yerleşim yerlerine yakınlık bakımından da risksiz alanlarla benzer dağılımda olduğu belirlenmiştir. Karabük ilinde az risk taşıyan bölgeler 1663.16 km<sup>2</sup> alan ile ilin %41.23'ünü oluşturmaktadır.

3. sınıf olarak orta risk taşıyan alanlar 0.221-0.310 ağırlık değerine karşılık gelmektedir. Orta derecede risk oluşturan bu bölgeler çalışma alanında 1128.84 km<sup>2</sup> alan ile çalışma alanının %27.99'unu oluşturmaktadır. Yüksek risk taşıyan alanların etrafında bulunan bu bölgeler akarsu ağının yoğunlaştığı, eğim miktarının yükselmeye başladığı ve yıllık ortalama yağış miktarının arttığı alanlar olarak belirlenmiştir. Karabük il merkezinde Yeşiltepe, Salmanlar, Şevkiler, Yürekören, İnceboğa, Sofuoğlu gibi yerleşim yerleri ile Araç Çayı ile Soğanlı çayının kollarının birleştiği alan bu grupta yer almaktadır.

4. sınıf olarak yüksek taşkın riski taşıyan alanlar 0.310-0.399 ağırlık değerine karşılık gelmektedir. Yüksek derecede taşkın riski taşıyan bu alanlar çalışma alanında 247.6 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. İl genelinde %6.14 oranında yer kaplayan bu alanlara düşen yıllık ortalama yağış miktarının yüksek, akarsu ağının oldukça gelişmiş olması gerekse arazinin eğim miktarının yüksek olması taşkınlara maruz kalma riskini arttırmıştır.

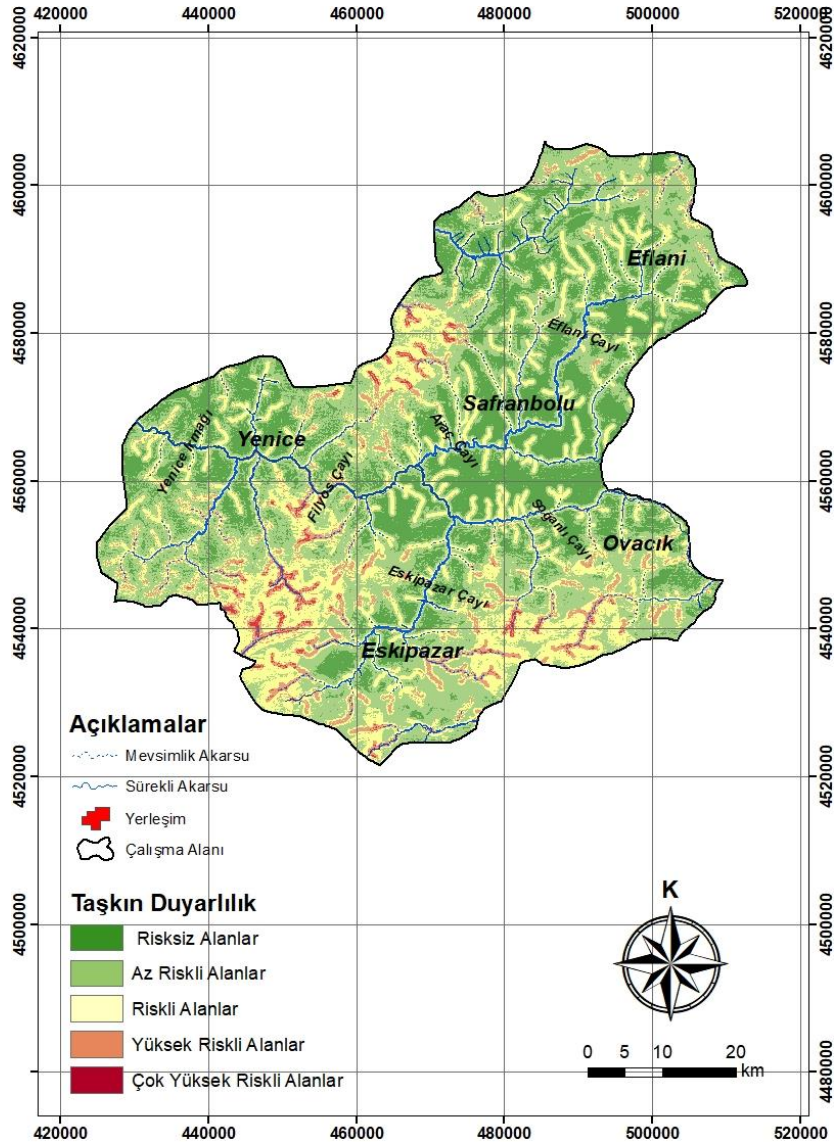
Bu alanlarda yerleşime izin verilmesi durumunda taşkın yönetim planlamalarının dikkatli yapılması, altyapı ve ıslah çalışmalarının tamamlanması, akarsuyu drenaj ağının düzenli kontrol edilmesi, akışın rahat olması için rusubi malzeme temizliğinin periyodik olarak yapılması gerekmektedir. İlin Ödemiş, Yazıköy, Çerçiler, Belenköy, Kale, Bürnük, Dudaş, Kapaklı, Şekemeşe, Sofular, Hasanlar, Karaşar, Akçakese, Yukarı Kızılcaören gibi yerleşim yerleri bu bölgede kalmaktadır. Bununla birlikte Filyos çayının kolları, Yenice Irmağı'nın kuzey kolları ile Soğanlı çayının güney kolları taşkın riskinin yüksek olduğu alanlardır.

5. sınıf olarak çok yüksek riskli alanlar 0.399-0.488 ağırlık değerine karşılık gelmektedir. Taşkın riski yönünden Karabük ilinin çok yüksek riskli olduğu bu alanlar 30.35 km<sup>2</sup> arazi ile çalışma alanının %0.75'ini oluşturmaktadır (Tablo 13). Yenice Irmağı'nın kuzeydoğu kesimleri, Filyos Çayı ve Eskipazar çayının olduğu alanlar ile Ovacık ve Eflani çayının kolları yüksek riskli taşkın bölgeleri olarak haritalanmıştır (Şekil 10).

Özellikle son yıllarda yüksek taşkın riskli ilçe merkezleri olarak tanımlanan Yenice, Eskipazar, Eflani ve Ovacık ilçesinin güneydoğu kesimlerinde taşkınların yaşandığı ve bu yerleşim yerlerindeki bazı tarım alanlarının hasar aldığı bilinmektedir (Şekil 10 ve Tablo 13).

**Tablo 13.** Çalışma Alanında Taşkın Riski Taşıyan Alanların Sınıflandırılması (Classification of Flood Risk Areas in the Study Area)

TAŞKIN RİSKİ	ALAN (KM <sup>2</sup> )	YÜZDE ORANI (%)
Risksiz	963.49	23.89
Az Riskli	1663.16	41.23
Orta Riskli	1128.84	27.99
Yüksek Riskli	247.6	6.14
Çok Yüksek Riskli	30.35	0.75



Şekil 10. Karabük İli Taşkın Duyarlılık Haritası (Flood Susceptibility Map of Karabuk Province)

## 5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Sel ve taşkınlar yeryüzünde depremlerden sonra en sık görülen meteorolojik afetlerden biridir. Bu kapsamda yıllık ortalama yağış miktarı ve akarsu yoğunluğu fazla olan bölgelerdeki yerleşim yerleri taşkın riski altındadır. Bu çalışmada Karabük ili için Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı yardımıyla taşkın risk analizi gerçekleştirilmiştir. Taşkın risk analizinde akarsuya mesafe, yağış, eğim, arazi kullanımı/arazi örtüsü, jeoloji ve baki parametreleri kullanılmıştır. Her bir parametre için oluşturulan katmanlar ArcGIS arayüzünde raster veri halinde ağırlıklı toplam komutu ile üst üste bindirilmiş ve il için taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Yapılan analiz ile Karabük ilinde muhtemel taşkın riskine maruz kalacak alanlar ortaya konulmuştur. Buna göre Yenice ilçesinin kuzeydoğu kesimleri, Eskipazar ve Ovacık ilçe merkezlerinin güney ve güneybatı kesimlerinin yüksek taşkın riskine maruz kalabileceği belirlenmiştir. Taşkın riski taşıyan bölgeler riskin derecesine göre çok yüksek, yüksek, orta, az riskli alanlar ile risksiz alanlar olarak 5 farklı sınıf altında haritalanmıştır. Yapılan taşkın risk analiz sonucuna göre ilin %6.14'ü yüksek riskli, %0.75'i çok yüksek riskli, %27.99'u orta riskli, %41.23'ü az riskli, %23.89'u ise risksiz alanlar olarak belirlenmiştir.

Günümüzde artan nüfus, plansız kentleşme ve iklim değişikliği süreçlerinin getirdiği riskler gün geçtikçe artarak farklı afet türlerine zemin hazırlamaktadır. Bu kapsamda gerek ÇKKV yöntemlerinden olan AHY gerekse CBS teknolojileri taşkın yönetim planlamasında başarılı sonuçlar veren, katkı payı yüksek olan karar destek sistemleridir. Sunulan araştırma ülkemizin çeşitli il ve nehir havzalarında yapılacak benzer taşkın risk azaltma ve planlama çalışmalarına metodoloji olarak altlık oluşturacak verilerle, yönlendirici bir tespit çalışması niteliğine sahiptir. Bu kapsamda çalışma alanı için taşkın riskine karşı alınacak önlem ve öneriler kapsamında öncelikli olarak ildeki akarsu ve derelere taşkın erken uyarı ve ikaz sistemleri ile hidro-meteorolojik gözlem ağlarının kurulması sağlanmalıdır. Olası bir taşkın anında erken uyarı sistemlerinin etkinliği ve sürdürülebilirliği

sağlanmalı, meteoroloji radarlarından yararlanılmalı, taşkın tahliye haritaları ve toplanma alanları önceden hazır ve belirli olmalıdır. İlin imar planları türetilen taşkın risk haritalarına göre güncellenmelidir. İle ait türetilmiş tüm veriler ortak bir sayısal veri tabanında depolanarak, taşkın yönetiminde söz sahibi kurum ve kuruluşlara erişimin mümkün olması sağlanmalıdır. Bununla birlikte il genelinde taşkın riski olan bölgelerin tarım alanı olarak kullanılması sağlanmalı, akarsu ve dere yataklarında yapılaşmadan kaçınılmalı, doğal bitki örtüsü arttırılmalıdır. Yerleşim bölgelerindeki altyapı hasarları onarılmalı, dere yatakları ıslah çalışmaları ile güçlendirilmeli, akarsu drenaj sistemleri düzenli kontrol edilerek rüsubat temizliği yapılmalıdır. Özellikle taşkın riski yüksek olan yerleşim yerlerinde yaşayan yerel halkın olası bir afet anında neler yapılacağına yönelik bilgilendirmeler önceden çeşitli eğitimlerle, seminerlerle ve tatbikatlarla sağlanmalıdır. Ülkemiz coğrafyası sebebiyle türlü afetlere maruz kalmaktadır. Bu kapsamda gerek yerel halk gerekse kamuoyunda afet farkındalık bilinci oluşturulmalıdır. Taşkın afetine yönelik işitsel, yazılı ve görsel unsurlar güçlü bir şekilde kullanılmalıdır. Ayrıca karar vericilerin ve tüm paydaşların birbirleriyle olan koordinasyonlarının afet yönetiminde oldukça önemli bir yeri olduğu düşünülmektedir. Özellikle olası bir afet anında taşkına müdahale durumuyla ilgili dolaylı veya doğrudan ilişkili olabilecek tüm kurum ve kuruluşların taşkın öncesi görev ve sorumluluklarının belirlenmesinin önemli olacağı düşünülmektedir. Sunulan çalışmanın geliştirilmesi ile ilgili öncelikle taşkın risk analizi kapsamında değerlendirilen faktör katmanların yanında farklı morfometrik özellikler (çatallanma oranı, drenaj tekstürü, drenaj yoğunluğu, topoğrafik nemlilik indeksi vb.) analize katılabileceği gibi uzaktan algılama teknolojilerinin de sürece dahil edilerek haritalamaların geliştirilebileceği düşünülmektedir. Çeşitli bir veya iki boyutlu matematiksel hidrolojik model programları (Hec-Ras vb.) kullanılarak hidrodinamik durum farklı tekerrür debilerine bağlı olarak ele alınmalı, sahanın taşkın riski hesaplanmalı, elde edilen sonuçlar diğer yöntemlerle karşılaştırılarak taşkın hassasiyet analizlerinin gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Yine taşkın tehlike değerlendirmelerinin taşkın derinliği ve taşkın akış hızı parametreleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilebileceği, taşkın zarar haritaları ile olası bir afete yönelik yapısal zarar projeksiyonlarının yapılabileceği düşünülmektedir.

### **Teşekkür (Acknowledgement)**

Sunulan çalışmada yazar sayısal yükselti modeli verileri, CORINE arazi kullanım/arazi örtüsü verileri, meteorolojik veriler ile jeoloji haritaları için sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Merkezi'ne (USGS), Avrupa Çevre Ajansı'na, Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne, makale metninin son haline gelmesindeki katkı ve önerileri için editör ve hakemlere teşekkür eder.

### **Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)**

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

### **Kaynaklar (References)**

- AFAD, 2022. Açıklamalı Afet Terimleri Sözlüğü, [www.afad.gov.tr](http://www.afad.gov.tr), Erişim Tarihi: 20.12.2023.
- AFAD, 2019. Türkiye'de Afet Kaynaklı ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, [www.afad.gov.tr](http://www.afad.gov.tr), Erişim Tarihi: 20.12.2023.
- Aydınöz, D., 2008. Yükseldikçe Bölgelerimize Göre Her 100 m.deki Yağış Artışı Üzerine Bir Deneme. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 17, 172-184.
- Aydın, M.C., Sevgi Birincioğlu, E., 2022. Flood Risk Analysis Using GIS-Based Analytical Hierarchy Process: A Case Study of Bitlis Province. *Applied Water Science*, 12, 122. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01655-x>.
- Chakraborty S., Mukhopadhyay S., 2019 Assessing Flood Risk Using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Geographical Information System (GIS): Application in Coochbehar District of West Bengal, India. *Natural Hazards*, 99 (1), 247-274. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03737-7>.
- Copernicus, 2023. Data of Land Use from Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/> Erişim Tarihi: 28.12.2023.
- CRED, 2018. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters-review of Disaster Events, <https://www.cred.be/publications>. Erişim Tarihi: 14 April 2019.
- Das, S., 2018. Geographic Information System and AHP-Based Flood Hazard Zonation of Vaitarna Basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(19), 576.
- Dung, N.B., Minh, D.T., Ahmad, A., Long, N.Q., 2020. The Role of Relative Slope Length in Flood Hazard Mapping Using AHP and GIS Case Study: lam River Basin, Vietnam. *Geography Environment Sustainability*, 13 (2), 115-123.
- Dutta, M., Saha, S., Saikh, N.I., Sarkar, D., Mondal, P., 2023. Application of Bivariate Approaches for Flood Susceptibility Mapping: A District Level Study in Eastern India. *HydroResearch*, 6, 108-121.
- Danumah J.H., Odai, S., Mahaman B.S., Szarzynski, J., Thiel, M., Adjei, K., Kouame, F., Akpa, L., 2016. Flood Risk Assessment and Mapping in Abidjan District Using Multi-Criteria Analysis (AHP) Model and Geoinformation Techniques, (cote d'ivoire). *Geoenvironmental Disasters*, 3. 10.1186/s40677-016-0044-y.

- Dölek, İ., Avcı, V.İ., 2017. Muş İlinin Sel ve Taşkın Duyarlılık Haritalarının Oluşturulması. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 44(5), 190-204.
- Erinç, S., 1969. Klimatoloji ve Metodları. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, 994, 35, İstanbul.
- Fırat F., Dursun Ö.F., 2023. Determination of Basin Characteristics to Provide a Base for the Creation of Malatya Flood Risk Zones; The Example of Darende and Gürün. AJEAS, 1, 1, 73-82.
- Geofabrik, 2023. Maps and Data, <https://www.geofabrik.de/data/> Erişim Tarihi: 27.12.2023.
- Ghosh, A., Kar, S.K., 2018. Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) for Flood Risk Assessment: A Case Study in Malda District of West Bengal, India. Natural Hazards, 94, 349-368. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3392-y>
- Hagos Y.G., Andualem T. G., Yibeltal M., 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., Dlala M., 2019. Application of the GIS Based Multi-Criteria Decision Analysis and Analytical Hierarchy Process (AHP) in the Flood Susceptibility Mapping (Tunisia). Arabian Journal of Geosciences 12 (21), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4754-9>.
- HGM, 2023. Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü. Türkiye İdari Sınırları Verileri. <https://www.harita.gov.tr/> Erişim Tarihi: 16.12.2023.
- Sharir, K., Goh, T., Simon, N., Lee, K.E., Talip, M., Roslee, R., 2022. Assessment of Flood Susceptibility Analysis Using Analytical Hierarchy Process (AHP) in Kota Belud Area, Sabah, Malaysia IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Volume 1103 Natural Disaster Seminar.
- Karabük İl Çevre Durum Raporu, 2022. Karabük Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, Karabük.
- Meral, A., Eroglu, E., 2021. Evaluation of Flood Risk Analyses with AHP, Kriging, and Weighted Sum Models: Example of Capakcur, Yesilkoy, and Yamac Microcatchments. Environmental Monitoring and Assessment, 193(8).
- Mızraklı, C., 2023. CBS ve Uzaktan Algılama ile Taşkın Duyarlılık Analizi; Batı Karadeniz Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 97 s, İstanbul.
- MGM, 2023. İllere Ait İstatistikî Yağış Verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/>, Erişim Tarihi 12.12.2023.
- MGM, 2022. Türkiye Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi (2010-2021). Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü, Ankara.
- MTA, 2002a. Çalışma Alanına Ait 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritası, Zonguldak F-28, F-29 Paftaları. Maden ve Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA, 2002b. Çalışma Alanına Ait 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritası, Bolu G-28, G-29 Paftaları. Maden ve Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA, 2010. Çalışma Alanına Ait 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritası, Kastamonu D-30, E-30, F-30 Paftaları. Maden ve Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA, 2011. Çalışma Alanına Ait 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritası, Çankırı G-30 Paftası. Maden ve Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Myers, J.H., Alpert, M.I. 1968. Determinant Buying Attitudes: Meaning and Measurement. Journal of Marketing, 32(4), 13-20.
- Nistor, M.M., 2019. Vulnerability of Groundwater Resources under Climate Change in the Pannonian Basin. Geo-Spatial Information Science, 22(4), 345-358.
- Ortaç, G., 2019. Filyos Çayı Havzası'nın (Karabük-Gökçebeğ) Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Yardımıyla Taşkın Risklerinin Belirlenmesi. Karabük Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 124 s. Karabük.
- Oğuz, E., Oğuz, K., Öztürk, K., 2022. Düzce Bölgesi Taşkın Duyarlılık Alanlarının Belirlenmesi. Geomatik, 7(3), 220-234.
- Poussin, J.K., Botzen, W.W., Aerts, J.C., 2014. Factors of Influence on Flood Damage Mitigation Behaviour by Households. Environmental Science Policy, 40, 69-77.
- Rahmati, O., Zeinivand, H., Besharat, M., 2016. Flood Hazard Zoning in Yasooj region, Iran, Using GIS and Multi-Criteria Decision Analysis. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7(3), 1000-1017.
- Selvam, R.A., Jebamalai A.R.A., 2023. Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) for Flood Susceptibility Mapping Using GIS Techniques in Thamirabarani River Basin, Srivaikundam Region, Southern India, Natural Hazards, Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, Springer; International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, 118(2), 1065-1083, September.
- 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.
- Sahana, M., Patel, P.P., 2019. A Comparison of Frequency Ratio and Fuzzy Logic Models for Flood Susceptibility Assessment of the Lower Kosi River Basin in India. Environmental Earth Sciences, 78, 1-27.
- Seejata, K., Yodying, A., Wongthadam, T., Mahavik, N., Tantane, S., 2018. Assessment of Flood Hazard Areas Using Analytical Hierarchy Process Over the Lower Yom Basin, Sukhothai Province. Procedia Engineering. 212, 340-347. [10.1016/j.proeng.2018.01.044](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.044).
- Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M.H., Zghibi, A., Dlala, M., 2020. GIS-based MCDM-AHP Modeling for Flood Susceptibility Mapping of Arid Areas, Southeastern Tunisia. Geocarto International, 35(9), 991-1017.
- Swain, K. C., Singha, C., Nayak, L., 2020. Flood Susceptibility Mapping through the GIS-AHP Technique Using the Cloud. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(12), 720.
- SYGM, 2019. Batı Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM, 2023. Batı Karadeniz Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Cilt 1, Ankara.
- Tokgözlü, A., Özkan, E., 2018. Taşkın Risk Haritalarında AHP Yönteminin Uygulanması: Aksu Çayı Havzası Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, (44), 151-176.
- TÜİK, 2023. Nüfus İstatistikleri Portalı. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/> Erişim Tarihi: 27.12.2023.
- USGS, 2023. Earth Data and Digital Elevation Model (DEM) for Karabük Province. United States Geological Survey. <https://www.usgs.gov/> Erişim Tarihi: 7.12.2023.