



## Determination of Landslide Susceptibility in Artvin Central District and Its Nearby Surroundings by Analytical Hierarchy Method

Manolya Özdemir Durak<sup>1,a,\*</sup>, T. Hakan Altınçekiç<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 08000, Artvin, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 34473, İstanbul, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 09.09.2023 Accepted : 20.11.2023</p> <p><b>Keywords:</b> Landslide susceptibility Geographic information systems Analytical hierarchy process Disaster Land planning</p>	<p>Landslides, like other disasters, are natural phenomena that cause high loss of life and property in the world and in Turkey, but their damage can be minimized with proper land planning and precautions. Landslides are frequently experienced in the Black Sea Region of Turkey due to factors such as the sloping nature of the land, rainy climate conditions, and improper land cover utilization. Artvin Central District and its nearby surroundings, which is determined as the study area, is a region where landslides are frequently experienced under the influence of topographic structure, climatic conditions, dense construction, hydroelectric power plants, mining sites, dams and road construction works similar to the Black Sea Region. From this point of view, within the scope of the study, it was aimed to determine the landslide susceptibility of the area and the micro-basins in the area by using Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographical Information Systems (GIS) and to develop solutions to reduce landslide risk for areas with high landslide susceptibility. As a result of the analyzes, it was determined that 48.55% of the surface area of the study area has medium landslide susceptibility and 46.21% has high landslide susceptibility. According to the maps at the level of micro basins created by arithmetic average, there are 230 micro basins with high landslide susceptibility in the study area. Considering the landslide susceptibilities identified in the area, land use planning decisions should be made in order to reduce the landslide risk.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(11): 2127-2136, 2023

## Artvin Merkez İlçe ve Yakın Çevresinde Heyelan Duyarlılığının Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 09.09.2023 Kabul : 20.11.2023</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Heyelan duyarlılığı Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) Nalitik hiyerarşi süreci (AHP) Afet Arazi planlama</p>	<p>Heyelanlar, tıpkı diğer afetler gibi dünyada ve Türkiye’de yüksek can ve mal kayıplarına neden olan ancak doğru arazi planlaması ve önlemlerle zararı en aza indirilmesi mümkün doğa olaylarıdır. Heyelan olayları Türkiye’de arazinin eğimli yapısı, yağışlı iklim koşulları, yanlış arazi örtüsü kullanımları gibi faktörlerin etkisi ile Karadeniz Bölgesi’nde sıklıkla yaşanmaktadır. Çalışma alanı olarak belirlenen Artvin Merkez İlçe ve yakın çevresi, içinde bulunduğu Karadeniz Bölgesi ile benzer şekilde sahip olduğu topografik yapı, iklim koşulları, yoğun yapılaşma, hidroelektrik santraller, maden sahaları, barajlar ve yol yapım çalışmalarının etkisi altında sıklıkla heyelanların yaşandığı bir bölgedir. Bu noktadan hareketle, çalışma kapsamında Analitik hiyerarşi süreci (AHP) ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak alanı ile birlikte alandaki mikro havzaların heyelan duyarlılığının belirlenmesi ve heyelan duyarlılığı yüksek alanlar için heyelan riskini azaltmaya yönelik çözüm önerileri geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yapılan analizler sonucunda çalışma alanının yüzölçümünün %48,55’inin orta düzeyde %46,21’inin ise yüksek düzeyde heyelan duyarlılığına sahip olduğu belirlenmiştir. Aritmetik ortalama ile oluşturulan mikro havzalar düzeyinde haritalara göre ise çalışma alanında yüksek heyelan duyarlılığına sahip 230 mikro havza yer almaktadır. Alanda belirlenen heyelan duyarlılıkları göz önünde bulundurulduğunda, heyelan riskinin azaltılması için alan kullanım planlama kararları alınırken heyelan duyarlılık analizleri ve haritaları dikkate alınmalıdır.</p>

<sup>a</sup> [manolyaozdemir@artvin.edu.tr](mailto:manolyaozdemir@artvin.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9103-3435>

<sup>b</sup> [hakana@iuc.edu.tr](mailto:hakana@iuc.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6719-4343>



## Giriş

Sanayi devrimini takiben hızla artan dünya nüfusunun, doğal kaynakları daha büyük bir hızla tüketmeye başlaması afetlerin artması yönünde etkili olmuştur. Afetler dünya genelinde nüfusu tehdit eden önemli doğa olaylarıdır. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programının (UNDP) 2004 yılında yayınladığı “Kalkınma İçin Afet Riskini Azaltma Çağrısı” küresel raporunda, 1980-2000 yılları arasında dünya nüfusunun yaklaşık olarak %75’inin en az bir kez doğal afetlerden (heyelan, yangın, deprem, sel gibi) etkilendiği ve afetler nedeniyle her gün 184’ten fazla insanın hayatını kaybettiği ifade edilmiştir (Dölek, 2021). Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de jeolojik ve jeomorfolojik yapısı, iklimi, hidrolojik yapısı ve toprak özellikleri ve bitki örtüsü özellikleri nedeniyle sıklıkla her yıl yangın, deprem, sel, dolu, kaya düşmesi ve çığ gibi doğal afetler yaşanmakta, bu afetlerden kaynaklanan nüfus ve ekonomik ortaya çıkmaktadır (Özdemir, 2005; Alptekin ve Yakar, 2020). 6-7 Şubat 2023 tarihlerinde merkez üssü Kahramanmaraş olan ve 9 saat arayla yaşanan iki yıkıcı deprem, 2021 yılında yaşanan Antalya-Manavgat yangını, 24 Ağustos 2015 tarihinde Artvin’de meydana gelen sel felaketi, Türkiye’de yaşanan afetlere örnek olarak verilebilir (Aydınbaş, 2023; Kolukırık ve ark., 2022; Torpuş ve Bostan, 2022). Afetler gerçekleştikleri bölgenin iklim, bitki örtüsü, eğim gibi doğal yapısına göre şekillenmektedir. Karadeniz bölgesinde topografik yapı nedeniyle heyelan başta olmak üzere, yağışlı iklim koşulları ve yükselti farklılıklarının çok olması nedeniyle ise sel, dolu gibi felaketler sıklıkla görülürken yangın felaketi Akdeniz bölgesine kıyasla daha az gerçekleşmektedir (Özşahin, 2013). Türkiye’de depremlerden sonra en sık meydana gelen ve en yüksek zarar verme riski olduğu bilinen (Özşahin, 2013; Akıncı ve ark., 2010) doğal afetlerden biri heyelanlardır (Özşahin, 2013; Akıncı ve ark., 2015). Heyelanlar, toprak ve üzerinde taşıdığı kütlelerin hareketleri, jeoloji, jeomorfoloji ve iklimsel yapı ile insan faaliyetlerine bağlı olarak yamaçlardaki dengenin kaybı sonucu meydana gelmektedir (Öztürk, 2002). Heyelan, özellikle eğimin yüksek olduğu yamaçlarda toprağın aşağı yönlü hareketi olarak tanımlanmaktadır (Cruden, 1991). Heyelanların tüm dünyada can kayıpları ve ekonomik zarara neden olduğu bilinmektedir. Schuster ve Fleming (1986), dünya genelinde heyelan nedeniyle çok sayıda can kaybı yaşandığını hatta 1971-1974 yılları arasında her yıl ortalama 600 kişinin hayatını kaybettiğini ifade eder (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).

Can kayıpları ile beraber heyelanlar nedeni ile yaşanan ekonomik kayıpların oldukça yüksek olduğu Aleotti ve Chowdhury (1999) tarafından belirtilmiştir. Can ve mal kayıplarının yanı sıra heyelanlar arazi kullanımları ve kentsel mekânlarda da olumsuz etkilere sahiptir. Heyelanlar nedeni ile orman arazileri ve tarım alanları ile akarsuların kalitesi ve verimliliği olumsuz etkilenmektedir (Schuster ve Fleming, 1986). Heyelanlar arazi kullanımları ve kentsel mekânlarda olumsuz etkiye sahip olduğu gibi arazi kullanımlarının yanlış planlanması ve arazideki uygun olmayan kentsel müdahaleler de heyelanlar üzerinde olumsuz etkiye sahiptir (Şahin ve ark., 2017). Hızlı nüfus artışı ile ortaya çıkan yoğun yapılaşma sonucunda, heyelanlar meydana gelmekte ve yerleşim alanlarında büyük zararlara neden olmaktadır. Bu konuda

doğru kararlar alınabilmesi için bölgenin iklim, hidrolojik yapı, topografik yapı, morfolojik yapı ve bitki örtüsü gibi özellikleri dikkate alınarak planlama kararları üretilmelidir. Afet planlamasında en önemli husus afet gerçekleşmeden önce afete duyarlı alanların uygun işlevlerle planlanması ve planlanmış alanlar için kurtarıcı önlemlerin alınmasıdır (Kadıoğlu, 2008). Ateş (2017) çalışmasında MTA’dan elde edilen jeoloji haritasındaki heyelan riskinin bulunduğu alanları doğal eşik olarak belirlemiştir. Şahin ve ark. (2014), heyelan riskini arazinin temel fonksiyonları arasında sıralamıştır. Bu noktadan hareketle heyelan riskinin azaltılması ve uygun arazi kullanımlarının planlanması için öncelikle söz konusu alanlara yönelik “heyelan duyarlılığı” belirlenmelidir (Reis ve Yomralıoğlu). Literatürde heyelan duyarlılığının belirlenmesine yönelik çalışmalar mevcuttur (Corominas ve ark., 2014; Feizizadeh ve ark., 2014, Wubalem, 2021). Bu çalışmalarda olasılıksal modeller yaygın olarak kullanılmaktadır (Lee ve Dan, 2005; Talaei ve ark., 2004; Çevik ve Tolap, 2003; Talei, 2014; Akgün ve Türk, 2010; Clerici ve ark., 2006; Lee ve Min, 2001). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır (Yılmaz, 1999; Çellek ve ark., 2015; Akgün ve Türk, 2010; Clerici ve ark., 2006; Lee ve Min, 2001). Bu noktadan hareketle, bu çalışmada heyelan duyarlılığının belirlenmesinde, AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle heyelan duyarlılığının belirlenmesinde, doğal ve insan kaynaklı faktörler ele alınarak çalışma alanı için en uygun parametreler kullanılmaktadır. Akıncı ve diğ. (2015), AHP yöntemi ile CBS kullanarak, Artvin İli Merkez İlçe revize imar planı sınırları için heyelan duyarlılık haritası ortaya koymuşlardır. Çalışmada AHP yöntemine göre litoloji, eğim, bakı, yükseklik ve akarsuya yakınlık katmanları ile ikili karşılaştırma matrisleri oluşturdukları çalışmalarında Artvin Merkez İlçe imar planı sınırları içinde yüksek ve çok yüksek derecede heyelan duyarlılığı sınıflarının yaygın olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmada güncel arazi örtüsü verisinin kullanılmamıştır. Akıncı ve ark. (2015), ileride yapılacak çalışmalarda güncel arazi örtüsü değişkeninin de heyelan duyarlılık analizlerine dâhil edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Heyelan duyarlılığının belirlenmesinde en çok kullanılan parametreler, eğim, litoloji ve alan kullanımı/arazi örtüsüdür (Çelek ve ark., 2015). Bu noktadan hareketle, bu çalışma kapsamında çalışma alanı Artvin Merkez İlçe ve yakın çevresinin, yükselti farkının oldukça fazla olduğu topografik yapısı, yağışlı iklim koşulları, zengin bitki örtüsü ve hidrolojik yapısı gibi özellikleri nedeni ile başta arazi örtüsü parametresi olmak üzere, yükseklik, bitki örtüsü kapallığı, drenaj hatlarına yakınlık, bakı, topografik pürüzlülük parametreleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, büyük enerji (madenler, barajlar, hidroelektrik santraller) yatırımları alan, çeşitli arazi kullanım tiplerinin (tarım alanları, yerleşim alanları, ormanlar vb.) bulunduğu Artvin Merkez İlçe ve yakın çevresi için, heyelan duyarlılığı yüksek alanların belirlenmesi ile arazi kullanım kararlarının alınmasında heyelan riskinin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada arazi kullanım kararlarında heyelan duyarlılığının dikkate alınması ile birlikte mevcut heyelan riski altında olan alanlar için çözüm önerilerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

## Malzeme ve Yöntem

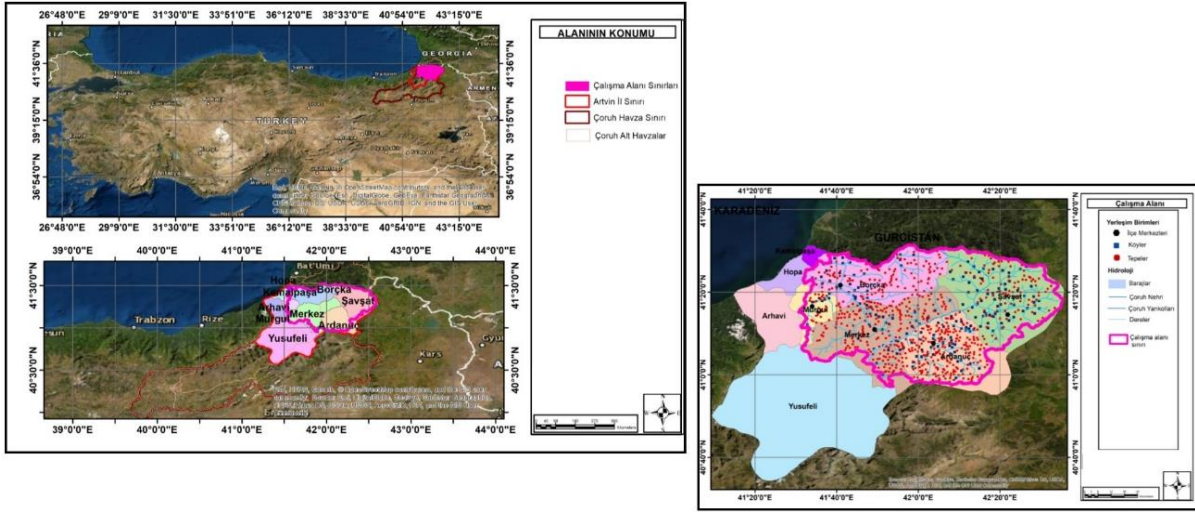
Bu çalışmanın malzemesini, oldukça hareketli bir topografyaya ve geniş yüzölçümünde korunan alanlar ile zengin bir flora ve fauna, elverişli doğal kaynakları nedeniyle birçok yatırım projesine ev sahipliği yapan, turizm potansiyeli oldukça yüksek, Türkiye'nin en hızlı akan ve hidroelektrik enerji potansiyeli en yüksek nehri olan Çoruh Nehrinin yaklaşık dörtte bir uzunluğunun sınırları içerisinde geçtiği Artvin Merkez İlçe ve yakın çevresi oluşturmaktadır. Çalışma alanı Türkiye'de Karadeniz Bölgesi'nde Çoruh Havzası sınırları içerisinde yer almaktadır. Artvin İli'nin 9 ilçesinden beşinin (Borçka, Ardanuç, Merkez, Şavşat, Murgul) sınırları içinde yer alan çalışma alanı 40° 57' 10" ve 41°31'25" kuzey enlemleri 40°57' 10" ve 41°31'25" doğu boylamları arasında konumlanmıştır ve doğusunda Ardahan, batısında Rize, güneyinde Erzurum, kuzeyinde de Gürcistan yer almaktadır (Şekil 1).

Türkiye'de alan kullanım planlaması çerçevesinde alınan kararlar ve fiziksel planlar mevcut idari sınırlar doğrultusunda geliştirilmektedir. Ancak idari sınırlar planlanan alanın doğal yapısını her zaman yeterince temsil etmemektedir. Bu noktadan hareketle çalışma alanının sınırları, havza ve alt havza sınırları, Çoruh Nehri ile yan kolları ve onların beslediği dereler, mikro havza sınırları, alandaki başlıca vadiler ve idari sınırlar dikkate alınarak

belirlenmiştir. Çalışma alanının yüzölçümü (397273.67 ha) sınırları içerisinde bulunduğu Artvin İli yüzölçümünün (747557.24 ha) %53.14'üdür ve alanda 185 köy ve yükselikleri 463 m ile 3415 m arasında değişen 776 tepe bulunmaktadır. Çalışma alanı sınırlarına giren ilçelerin toplam alanı 453732.88ha'dır ve ilçelerin yüzölçümünün %87.55'i çalışma alanını oluşturmaktadır (Çizelge 1.).

Çalışmanın yöntemi beş aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada farklı kurum ve kuruluşlardan elde edilen veriler koordinat sistemi dönüşümleri yapılarak kullanılmıştır. Söz konusu veriler;

- 1984 yılına ait 1/25.000 ölçekli 42 adet 1m eş yükselti eğrili standart topografik haritalar (Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Komutanlığı),
- 1/25.000 ölçekli çalışma alanına ilişkin jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi),
- 1/25.000 ölçekli çalışma alanına ilişkin toprak yapısı, erozyon durumu, arazi yetenek sınıflarını içeren toprak haritası (T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü),
- 2001-2010 yılları 1/25 000 ölçekli Artvin İli orman amenajman planı (Artvin Orman Bölge Müdürlüğü).



Şekil 1. Çalışma alanının Türkiye'deki ve Artvin'deki konumu (Özdemir Durak, 2022).

Figure 1. Location of the study area in Turkey and Artvin (Özdemir Durak, 2022).

Çizelge 1. Çalışma alanı içerisindeki ilçelerin konumu, yüzölçümü ve yükseltisi (Özdemir Durak, 2022).

Table 1. Location, area and elevation of the districts within the study area (Özdemir Durak, 2022).

İlçe	Kuzey Enlemleri				Doğu Boylamları				İlçe Alanı (ha)	İlçenin Çalışma Alanına Giren Alanı (ha)	İlçenin Çalışma Alanına Giren Yükselikleri		
	En	Batı	Doğu	En	En	Batı	Doğu	En Düşük (m)			En Yüksek (m)	Ortalama (m)	
Ardanuç	40° 55' 04"	41° 15' 28"	41° 55' 02"	42° 22' 47"	96270,8971	76758,42	280	3050	1615,33				
Borçka	41° 16' 04"	41° 31' 30"	41° 31' 27"	42° 07' 18"	90585,99	87136,25	50	3430	1478,44				
Merkez	40° 54' 57"	41° 21' 31"	41° 30' 51"	42° 10' 31"	114937,63	101593,15	130	3220	1398,05				
Murgul	41° 07' 16"	41° 22' 23"	41° 28' 18"	41° 40' 47"	24556,46	16728,44	190	2840	1267,98				
Şavşat	41° 30' 56"	41° 05' 11"	42° 04' 30"	42° 35' 47"	127381,91	115057,38	590	3160	1825,29				
Çalışma Alanı	40° 57' 10"	41°31'25"	41°30'43"	42°35'22"		397273,677	50	3430	1522,50				
İlçelerin Toplam Alanı									453732,88				

İkinci aşamada aşağıdaki veriler ArcMap 10.2.2 yazılımı ile büro çalışmaları sonucunda üretilmiştir. Bunlar;

- 1/25.000 ölçekli jeomorfoloji haritası,
- 10x10 m piksel boyutunda sayısal arazi modeli,
- Eğim, bakı, yükselti basamakları, drenaj hatları, barajlar, dere akış hızlarına ait harita katmanları,
- ArcHydro modülü yardımı ile oluşturulan çalışma alanına ait mikrohavzalar (10ha-100ha ve >100ha alansal büyüklükte).

Üçüncü aşamada, çalışma alanı için uygun bulunan eğim, litoloji ve alan kullanımı/arazi örtüsü, yükseklik, bitki örtüsü kapallılığı, drenaj hatlarına yakınlık, bakı, topografik pürüzlülük parametreleri için bir düzeydeki ölçütlerin hiyerarşide hemen bir üst düzeyde yer alan ölçütler açısından değerlendirmesinde Saaty (1980) tarafından kullanılan tercih ölçeğinden yararlanılarak bir puanlama yapılmış ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur (Çizelge 2) (Saaty, 1980; 2004; Akıncı ve ark., 2015).

Her bir parametre, oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak 8 kişilik uzman gurubu tarafından ağırlıklandırılmıştır. Uzman gurubu, 2 peyzaj mimarı, 2 orman mühendisi, 2 inşaat mühendisi, 1 jeoloji mühendisi ve 1 harita mühendisinden oluşturulmuştur. Her bir parametre için ArcGIS 10.2.2 yazılımı kullanılarak bir katman oluşturulmuştur. Vektör formattaki veriler (litoloji ve arazi örtüsü), raster veri haline getirilmiştir. Her bir veri katmanı için, uzman değerlendirmeleri sonucunda aldıkları ağırlık değerleri atanarak ArcGIS 10.2.2 yazılımında yer alan “reclassify” aracı kullanılarak yeniden sınıflandırılmıştır. Her bir katman için aynı işlem tekrar edilmiştir. Ağırlıklandırılan ve yeniden sınıflandırılan tüm katmanlar çakıştırılmış, ağırlıkların “weighted sum” aracı kullanılarak toplanması ile çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Söz konusu haritada

“natural breaks” (doğal kırılım) sınıflandırma yapılarak 4 basamaklı bir sınıflandırmaya gidilmiştir.

Dördüncü aşamada mikro havzalar ölçeğinde planlama kararlarının üretilebilmesi amacıyla öncelikle alandaki mikro havzalar belirlenmiştir. Çalışma alanı sınırları içindeki mikro havzalar, belirlenirken ilk aşamada 1/25 000 ölçekli 10m eş yükselti eğrili standart topografik haritalardan oluşan 42 pafta kullanılarak “Düzensiz Üçgen Ağı” (Triangulated Irregular Network, TIN) verileri elde edilmiştir. TIN verileri ile Topo to Raster aracı kullanılarak 10x10m piksel boyutunda raster veri niteliğindeki “Sayısal Yükseklik Modeli” (Digital Elevation Model, DEM) verisi üretilmiştir. ArcHydro modülü ile SYM verisi üzerindeki boşluklar doldurulmuştur. Veri ön işlemlerini takiben su akış yönleri hesaplanmış ve su toplama modeli oluşturulmuştur. Su akış yönü ve su toplama modeli ile çalışma alanının drenaj ağı ve mikro havza sınırları ortaya konulmuştur. ArcHydro modülü ile belirlenen mikrohavzalar için minimum eşik değer olarak 10ha-100ha ve >100 ha (Özhan 2004) girilmiştir. Çalışma alanına ait mikro havzalar haritaları küçük (10-100 ha) ve büyük (>100 ha) olarak iki ayrı mikro havza haritası şeklinde üretilmiştir (Yıldırım ve ark. 2016). Ancak analizler için anlamlı sonuçlar vermesi yönüyle uygun bulunan >100ha mikro havza haritaları kullanılmıştır. AHP yöntemiyle hazırlanmış olan heyelan duyarlılık haritası, konuyu ekolojik sınırlar çerçevesinde ele alabilmek amacıyla mikro havzalar haritası ile çakıştırılarak ağırlıklı aritmetik ortalaması alınmıştır. Mikro havzalar üzerindeki heyelanlı alanları belirlemek için heyelan duyarlılığı %1 ile %100 arasında çok düşükten çok yükseğe doğru 5’li bir sınıflandırmaya tabi tutulmuştur (Uzun ve ark., 2015).

Verilerin dizi içindeki her bir değerinin, belirlenen ağırlıkla ayrı ayrı çarpıldıktan sonra bulunan toplamın, ağırlık toplamına bölünmesi ile elde edilen ortalama, ağırlıklı aritmetik ortalamadır.

Çizelge 2. Analitik hiyerarşi sürecinde kullanılan ikili karşılaştırma tercih ölçeği (Saaty, 1980).

Table 2. Pairwise comparison preference scale used in the analytic hierarchy process (Saaty, 1980).

Önem Derecesi	Açıklama
1	Eşit öneme sahip kriterler
2	Kriter 1, kriter 2’den biraz daha önemlidir
3	Kriter 1, kriter 2’den daha önemlidir
4	Kriter 1, kriter 2’den çok daha önemlidir
5	Kriter 1, kriter 2’ye kıyasla en güçlü (son derece yüksek) öneme sahiptir

## Bulgular ve Tartışma

Heyelan duyarlılık haritaları arazi kullanım planlaması için önemli bir rehberdir. Şahin ve diğ. (2017), özellikle kentsel müdahalelerin heyelan riskini artırma potansiyeli gösterebileceğini, bu durumda peyzaj fonksiyonlarının sağlıklı işleyişini devam ettirecek önlemler gerekeceğini ifade etmişlerdir. Bu bağlamda heyelan duyarlılığının saptanması amacıyla eğim, alan kullanımı/arazi örtüsü, bitki örtüsü kapallılığı, litoloji, drenaj hatlarına yakınlık, yola yakınlık ve bakı parametreleri uzmanlar tarafından değerlendirilerek ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur (Çizelge 3). Buna göre heyelan duyarlılığı açısından en güçlü parametre eğim, hemen ardından gelen parametrelerse yükseklik basamakları ile topografik pürüzlülüktür.

Her bir parametre için belirlenen alt kriterlere göre ağırlıklar hesaplanmıştır. Eğim parametresi alt kriterlerinde en yüksek ağırlığa sahip aralık 40+, yükseklik için 2306m-3424m, bakı için K bakı, topografik pürüzlülük için 18-192, drenaj alanı mesafe için 0-338m, bitki örtüsü kapallılığı için 0, litoloji için Fliş, Alüvyon, Konglomera-kumtaşı, Yamaç birikimi, arazi örtüsü parametresi için ise maden çıkarım sahalari alt parametresi en yüksek ağırlığa sahip alt kriterler olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Eğim parametresi beş sınıftan oluşmaktadır. Çizelge 4 incelendiğinde, uzman görüşlerine göre araştırma alanında heyelana karşı en duyarlı olan eğim sınıflarının, sırasıyla %40+, %30-40, %20-30, %10-20, %0-10 sınıfları olduğu görülmektedir.

Alan kullanımı/arazi örtüsü parametresi içerisinde heyelana karşı en duyarlı olan sınıfların ise maden çıkarım sahaları, çıplak kayalıklar, sahiller, kumsallar, kumluklar ve inşaat sahaları, karayolları, demiryolları ve ilgili alanlar olduğu ortaya konulmuştur. Heyelana en az duyarlı sınıfların ise ormanlar ve doğal çayırliklar olduğu görülmüştür. Bakı grupları içerisinde heyelana en duyarlı olan sınıflar sırasıyla kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı bakılardır. En az duyarlı sınıflar, düz ve doğu bakılı sınıflardır. Drenaj hatlarına yakınlık sınıfları, yakında en fazla ve uzaklaştıkça azalan duyarlılığa sahip olarak değerlendirilmiştir. Litoloji sınıfları açısından heyelana en duyarlı olan sınıflar fliş, alüvyon, konglomera-kumtaşı, yamaç birikimi iken en az duyarlı sınıflar andezit, andezit-bazalt, bazalt, granit, magmatiklerdir. Topografik pürüzlülük parametresine göre heyelan duyarlılığı ise en pürüzsüz sınıftan en az pürüzlü sınıfa doğru azalan duyarlılıktadır. Belirlenen kriterlere ilişkin alt kriter ağırlıkları coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak her bir

parametre için ayrı ayrı haritalara aktarılmıştır. Her bir kriter için oluşturulan her bir harita üst üste çakıştırılarak çalışma alanına ilişkin heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur (Şekil 2).

Tüm parametrelerin çakıştırılması ile elde edilen heyelan duyarlılık haritasına göre çalışma alanının heyelan duyarlılığı yüksek ve çok yüksek alanların özellikle çalışma alanının kuzey doğu-güney batı doğrultusunda yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Şekil 2).

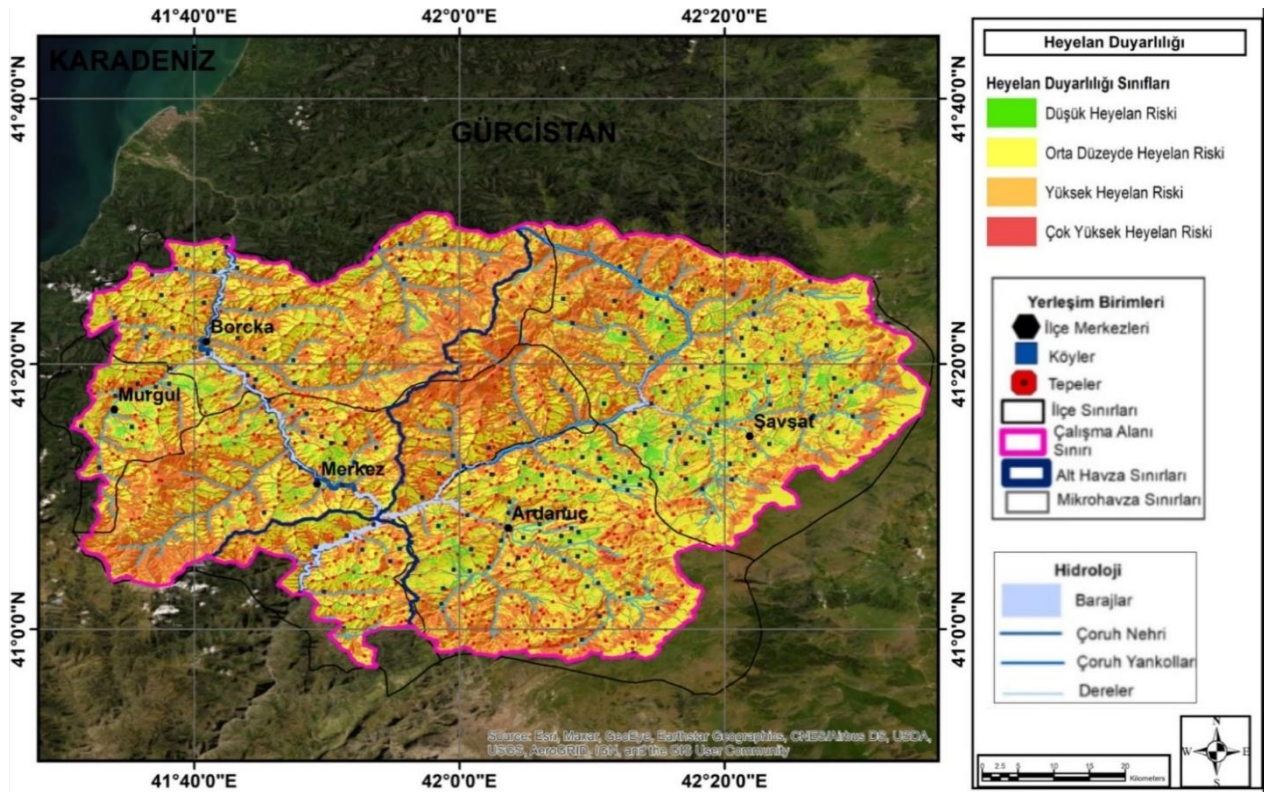
Çalışma alanının genelini orta (%48.55) ve yüksek (%46.21) düzeyde heyelan duyarlılığına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çalışma alanına ilişkin heyelan duyarlılık haritasında orta, yüksek ve çok yüksek düzeyde duyarlılığa sahip olduğu belirlenen alanlarda arazi incelemeleri sırasında, yol çalışmaları gibi insan eylemlerine bağlı oluşan küçük ölçekli heyelan olayları belirlenmiştir (Şekil 3). Arazi gözlemlerinde karşılaşılan heyelanlar, üretilmiş olan heyelan duyarlılık haritasını doğrular niteliktedir.

Çizelge 3. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Table 3. Pairwise comparison matrix of criteria (Özdemir Durak, 2022).

AHP	a	b	c	d	e	f	g	h
Eğim (A)	1	2	5	3	2	3	4	5
Yükseklik (B)	1/2	1	5	3	2	3	3	3
Bakı (C)	1/5	1/5	1	1/4	1/3	1/5	1/3	1/3
Topografik Pürüzlülük (D)	1/3	1/3	4	1	2	1/3	2	3
Arazi Örtüsü (E)	1/2	1/2	3	1/2	1	1/3	2	1/3
Drenaj Alanı Mesafesi (F)	1/3	1/3	5	3	3	1	2	1/3
Bitki Örtüsü Kapallığı (G)	1/4	2	3	1/2	1/2	1/2	1	1/4
Litoloji (H)	1/5	1/3	3	1/3	3	3	4	1



Şekil 2. Çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası (Özdemir Durak, 2022)  
Figure 2. Landslide susceptibility map of the study area (Özdemir Durak, 2022)

Çizelge 4. Alt kriterler ve alt kriterlerin ağırlıkları için ikili karşılaştırma matrisleri (Özdemir Durak, 2022)  
Table 4. Pairwise comparison matrices for sub-criteria and weights of sub-criteria (Özdemir Durak, 2022).

Katmanlar	(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i)	Ağırlıklar
<b>Eğim (%) (A)</b>		
(a) 0-10	1	0,06
(b) 10-20	2 1	0,10
(c) 20-30	3 2 1	0,16
(d) 30-40	4 3 2 1	0,23
(e) 40+	5 4 3 4 1	0,46
Tutarlılık Oranı (CR)		0,04
<b>Yükseklik (m) (B)</b>		
(a) 70-832	1	0,06
(b) 832-1345	2 1	0,10
(c) 1345-1819	3 2 1	0,14
(d) 1819-2306	4 3 3 1	0,27
(e) 2306-3424	5 4 4 2 1	0,43
Tutarlılık Oranı (CR)		0,03
<b>Bakı (C)</b>		
(a) Düz Alanlar	1	0,03
(b) Kuzey	7 1	0,35
(c) Kuzey Doğu	6 1/3 1	0,28
(d) Doğu	3 1/5 1/5 1	0,06
(e) Kuzey Batı	5 1/2 1/4 4 1	0,15
(f) Güney Batı	4 1/6 1/5 3 1/2 1	0,09
(g) Batı	4 1/7 1/7 1/2 1/3 1/2 1	0,05
Tutarlılık Oranı (CR)		0,08
<b>Topografik Pürüzlülük (D)</b>		
(a) -208 - -16	1	0,06
(b) -16 - -3	2 1	0,10
(c) -3 - 5	3 2 1	0,14
(d) 5 - 18	4 3 3 1	0,25
(e) 18 - 192	5 4 4 3 1	0,45
Tutarlılık Oranı (CR)		0,05
<b>Arazi Örtüsü (E)</b>		
a Orman	1	
b Doğal Çayırliklar	2	1
c Bitki Değişim Alanları	3	2
d Doğal Bitki Örtülü Tarım, Meyve Bahçeleri, Sulanmayan Tarım Alanları, Karma Tarım Alanları, Seyrek Bitki Alanları	4	3
e Endüstriyel ve Ticari Birimler	5	4
f Ayrık Kent Yapısı	5	4
g İnşaat Sahaları, Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	5	4
h Çıplak kayalar, plajlar, kumsallar, kumsallar	5	4
ı Maden Çıkarım Sahaları	5	4
Consistency Ratio (CR)		0,05
<b>Drenaj Alanı Mesafesi (m) (F)</b>		
(a) 0-338	1	0,45
(b) 338-722	1/3 1	0,26
(c) 722-1117	1/4 1/3 1	0,15
(d) 1117-1568	1/5 1/4 1/3 1	0,08
(e) 1568-2877	1/5 1/5 1/4 1/2 1	0,05
Tutarlılık Oranı (CR)		0,07
<b>Bitki Örtüsü Kapalılığı (G)</b>		
(a) 0	1	0,50
(b) 1	1/3 1	0,31
(c) 2	1/5 1/5 1	0,15
(d) 3	1/7 1/9 1/9 1	0,04
Tutarlılık Oranı (CR)		0,02
<b>Litoloji (H)</b>		
a Andezit, Andezit-Bazalt, Bazalt, Granit, Magmatik	1	0,06
b Ayrışmamış volkanitler, Volkanosedimanterler	2 1	0,11
c Jipsili, farklılaşmamış karasal çökeltiler	3 2 1	0,16
d Kireçtaşı	4 3 2 1	0,27
e Fliş, Alüvyon, Konglomera-kumtaşı, Yamaç birikimi	5 3 3 2 1	0,40
Tutarlılık Oranı (CR)		0,02

Çizelge 5 Çalışma alanındaki heyelan duyarlılık sınıflarının alansal ve oransal dağılımları (Özdemir Durak, 2022)

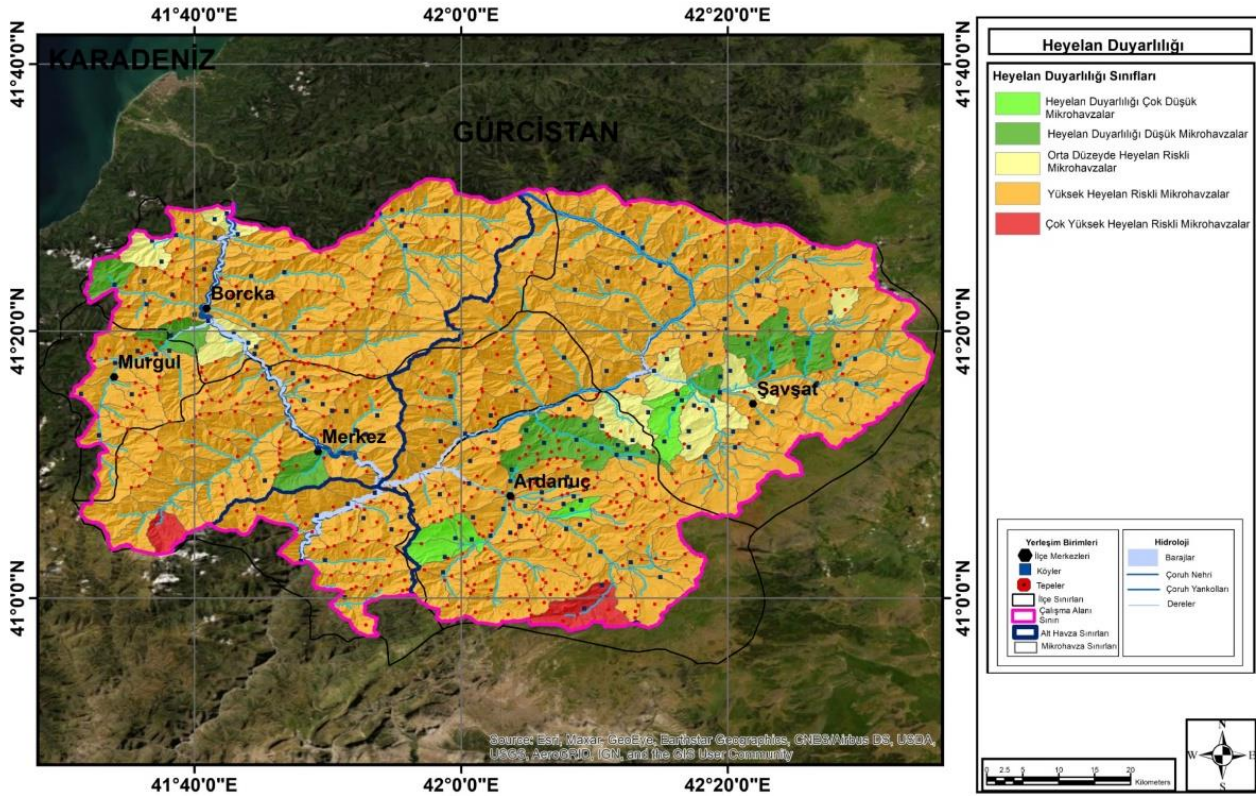
Table 5. Areal and proportional distributions of landslide susceptibility classes in the study area.

Heyelan Duyarlılık Sınıfı	Alan (Ha)	Oran (%)
Düşük Düzeyde Heyelan Duyarlılığı	18888,04	4,75
Orta Düzeyde Heyelan Duyarlılığı	192895,29	48,55
Yüksek Düzeyde Heyelan Duyarlılığı	183568,24	46,21
Çok Yüksek Düzeyde Heyelan Duyarlılığı	1922,10	0,48
Toplam	397273,67	100,00



Şekil 3. Heyelan alanlarından bazı görüntüler (Özdemir Durak, 2022)

Figure 3. Some views of landslide areas (Özdemir Durak, 2022).



Şekil 4. Çalışma alanının mikro havza ölçeğinde heyelan duyarlılık haritası (Özdemir Durak, 2022)

Figure 4. Landslide susceptibility map of the study area at the micro-basin scale (Özdemir Durak, 2022).

Heyelan duyarlılık haritası çalışma alanı sınırları içinde yer alan mikro havzalar düzeyinde değerlendirilmiştir. Söz konusu ölçekte ortaya konulan planlama yaklaşımları, son yıllarda havza ölçeğinde yapılan çalışmalarla (Çoruh Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi, Su Yönetimi Eylem Planları gibi) da ölçek açısından benzerlik göstermektedir. Bu noktadan hareketle AHP yöntemiyle hazırlanmış olan heyelan duyarlılık haritası, mikro havzalar haritası ile çakıştırılmış ve ağırlıklı aritmetik ortalama yöntemi ile çalışma alanının mikro havzalar düzeyinde heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir (Şekil 4). Bu haritaya göre

alanında çok düşük heyelan duyarlılığına sahip 4, düşük heyelan duyarlılığına sahip 9, orta düzeyde heyelan duyarlılığına sahip 10, yüksek düzeyde heyelan duyarlılığına sahip 230 ve çok yüksek düzeyde heyelan duyarlılığına sahip 2 mikro havza olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında, genellikle orman arazisinde açmalarla oluşturulan tarım arazilerinde özellikle eğimin yüksek olduğu alanlarda tarım bitkilerinin orman örtüsüne göre toprağı tutma gücü daha zayıf olduğundan toprak erozyonu ve heyelan riskini artırdığı bilinmektedir. Borçka, Şavşat ve Murgul İlçelerinde görülen heyelan

duyarlılığı orta, yüksek ve çok yüksek düzeyde olan mikro havzalarda yapılan tarım faaliyetleri heyelan riskini artırmaktadır. Söz konusu alanlardan bazılarında tarım faaliyetleri arazide teraslama yapılmak sureti ile gerçekleştirilir ki bu durum heyelan riski karşısında alınabilecek en iyi önlemler arasında sayılabilir. Bazı tarım arazilerinde ise tarım, yüksek eğimli yamaçlarda çeşitli tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi ile yamaç tipi tarım şeklinde gerçekleştirilir. Yamaçlarda hatta bazı daha geniş alanlarda orman arazisinden açılarak yapılan tarımsal üretim heyelan riski bakımından olumsuz etkilidir (Şekil 5).



Şekil 5. Eğimli yamaçlarda çay tarımı, Borçka İlçesi (Özdemir Durak, 2022)

Figure 5 Tea cultivation on sloping slopes, Borçka District (Özdemir Durak, 2022).

Şekil 5'te görülen fotoğraf, Borçka İlçesi Merkezinin kuzey doğusunda yer alan ve yüksek düzeyde heyelan duyarlılığına sahip mikro havzalardan bir görünümüdür. Benzer şekilde heyelan duyarlılığını artırıcı etkiye sahip, tarımsal faaliyetler ile birlikte HES'ler, maden faaliyetleri, taş ocakları, barajlar ve ilgili tesisleri için yapılan inşaatlar ve yol yapım çalışmaları gibi faaliyetler çalışma alanında çok sayıda alanda heyelan duyarlılığı orta, yüksek ve çok yüksek düzeyde olan mikro havzalarda gerçekleştirilmektedir. Söz konusu alanlarda, bahsi geçen faaliyetler heyelan riskini artırmaktadır. Bu tür faaliyetler, doğal kaynakların korunması, rehabilitasyonu, sürdürülebilirliğini göz önünde bulundurularak, mikro havzalar ölçeğinde mekânsal planlama kararları ile yeniden ele alınmalıdır.

## Sonuçlar

Artvin Merkez İlçe ve yakın çevresinin içerisinde bulunduğu Çoruh havzası, Türkiye'nin en fazla erozyon görülen havzasıdır ve yılda ortalama 5.8 milyon m<sup>3</sup> rusubat Çoruh Nehri'nde taşınmaktadır (Artvin Valiliği, 2016). Çalışma alanında yüksek düzeyde olduğu belirlenen heyelan riski üzerinde, yapılmakta olan ve yapımı tamamlanan barajlar ve bu barajlara bağlantılı olarak yapılan yollar, dere ıslahı amacı ile dere yataklarının değiştirilmesi ve dere kenarlarına yapılan yüksek duvarlar tetikleyici rol oynamaktadır.

Artvin Merkez İlçe ve yakın çevresi, yüksek eğim derecelerine sahip bir yapıdadır. Alanın yüksek eğime ve yükselti basamaklarına sahip olması nedeni ile inşaat için

yeterli alan yoktur. Bu nedenle eğimli araziler ile ormanlık alanlar, çayırlar, meralar gibi alanlarda yapılaşma söz konusudur. Çalışma alanında yapılaşma için yapılan kazı dolgu faaliyetleri heyelan riskini artırmaktadır. Arazi eğiminin yüksek olması sulama sistemlerinin kurulmasında zorluklara neden olmakta, iklimin yağışlı olması ise sulama gereksinimini azaltmaktadır. Bu nedenle çalışma alanında yapılan tarımsal faaliyetler, sulanmayan tarım alanlarında ve alanın geneli yüksek eğim derecesine sahip olduğundan eğimli arazilerde gerçekleştirilmektedir. Özellikle orman arazilerinde açma yapılarak kullanılan eğim derecesi yüksek tarım alanlarında heyelan riski oluşmakta, taraçalı tarım yapılan alanlarda bu risk en aza inmektedir. Alanda yüksek eğimde derin kök yapısına sahip bitki örtüsünün kaldırılarak yüzeysel kök yapan ve toprak tutması yönünden zayıf tarımsal bitkiler ekilmesi sonucu heyelanlar artmaktadır.

Çalışma alanı heyelana oldukça duyarlı olmasına rağmen alanda ekonomik fayda amacı doğa korumanın önüne geçmiş durumdadır. Bu nedenle yerel halkın bilinçlendirilmesinin yanı sıra yine yerel halkın ekonomik kalkınmasına katkı sağlayacak sektörel politikalar geliştirilmesi bu alanda heyelanlar gibi afetlerin neden olacağı zararların önüne geçmenin dolaylı ancak etkili yollarındandır. Bu noktadan hareketle heyelan duyarlılığının yüksek olduğu risk altındaki her bir mikro havza için tarımsal üretim gözden geçirilmelidir. Özellikle Borçka ve Şavşat ilçelerinde heyelan riski yüksek mikro havzalarda planlama ve yapım aşamasında çok sayıda HES'in varlığı heyelan riskini artırmaktadır. Uygun olmayan arazilerdeki risk artırıcı faaliyetler yeniden gözden geçirilmelidir. Bunların yerine halkın ekonomik kalkınmasına yönelik arıcılık, turizm, odun dışı orman ürünleri, doğal bitki örtüsünde ticari değeri bulunan türlere yönelik üretim hakkında halkın bilinçlendirilmesi ve üretimin teşvik edilmesi elzemdir. Borçka ve Şavşat gibi turizm potansiyeli yüksek ancak henüz istenilen tanınırlığa ulaşamamış ilçelerde turizm planlaması kalkınmayı bu yöne ağırlıklandırabilir. Borçka İlçesi'nde üretimi henüz yerel ölçeği aşmamış bal üretiminin teşvik edilmesi buradaki tarımsal üretim yerine farklı bir ekonomik kaynağın ağırlık kazanmasını sağlayacaktır. Heyelan duyarlılığını artırıcı etki yapan bir diğer faktör özellikle Merkez İlçe'de üst mahallelere doğru gerçekleşen yoğun yapılaşmadır. Bu durumun önüne geçmek için yüksek heyelan duyarlılığına sahip mikrohavzaların yoğun olduğu Merkez İlçe'de heyelan riskinin azaltılması için yapılaşma yönü, düşük yükselti basamaklarında Çoruh Nehri boyunca planlanmalıdır. Yine Merkez İlçe'deki Cerattepe Maden alanı ve faaliyetleri, heyelan riski çok yüksek olarak belirlenen mikro havza yakınında konumlanması nedeni ile kent merkezine doğru gerçekleşebilecek heyelanları tetikleyici etkiye sahiptir.

Sonuç olarak çevre sorunlarına bağlı ortaya çıkan heyelan gibi afetler havzaların kaynaklarının sürdürülebilirliğinde ve insan refahının devamlılığında önemli rol oynamaktadır. Heyelan duyarlılık analizleri, afet yönetim planlamalarında kullanılabilirler ve arazi kullanımlarının sürdürülebilir planlaması için kılavuz niteliğindedir. Bu çalışmalar, özellikle il/ilçe ve su havzaları ölçeğinde yapılmalıdır. Buna ek olarak bu tür çalışmalar her doğal afet için hazırlanmalıdır.



## Bilgi

Bu makale İ.Ü Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Doktora Programı'nda tamamlanmış olan "Artvin Merkez İlçe ve Yakın Çevresinde Peyzaj Karakter Değerlendirmesi ile Peyzaj Planlama Rehberlerinin Geliştirilmesi" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir."

## Kaynaklar

- Aghlmand M, Onur Mİ, Talaei R. 2020. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı . Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, EJOSAT Özel Sayı 2020 (ARACONF), DOI: 10.31590/ejosat.aracnf28.
- Akgün A, Türk N. 2010. Landslide Susceptibility Mapping For Ayvalık (Western Turkey) and Its Vicinity by Multicriteria Decision Analysis, Environmental Earth Sciences, DOI: 10.1007/s12665-009-0373-1.
- Akınıcı H, Doğan S, Kılıçoğlu C, Keçeci SB. 2010. Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2010, e-ISSN:1309-3983.
- Akınıcı H, Özalp AY, Kılıçer ST. 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve AHP Yöntemi Kullanılarak Planlı Alanlarda Heyelan Duyarlılığının Değerlendirilmesi: Artvin Örneği. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, DOI: 10.21324/dacd.20952.
- Aleotti P, Chowdhury RN. 1999. Landslide hazard assessments: summary review and new perspectives. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, DOI: 10.1007/s100640050066.
- Alptekin A, Yakar M. 2020. Heyelan Bölgesinin İHA Kullanarak Modellenmesi, Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi.
- Artvin Valiliği. 2016. Artvin İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Artvin Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. Erişim Adresi: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Artvin2015.pdf> [Erişim Tarihi: 08.09.2023].
- Ateş O. 2017. Peyzaj Planlama ve Mekânsal Planlama İlişkisi; Malatya Kenti Örneği, Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Aydınbaş G. 2023. Sosyoekonomik Boyutuyla Türkiye'de Depremler Üzerine Bir İnceleme: Kahramanmaraş Depremi Örneği, Sosyal Bilimlere Çok Yönlü Yaklaşımlar: Tarih, Turizm, Eğitim, Ekonomi, Siyaset ve İletişim, Editörlükler: Dr. Girayalp Karakuş, Dr. H. Fatih Yakut, Dr. Nil Didem Şimşek, Published by Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd, DOI: 10.58830/ozgur.pub98.
- Clerici A, Perego S, Tellini C, Vescovi P. 2006. A GIS-based automated procedure for landslide susceptibility mapping by the conditional analysis method: the Baganza valley case study (Italian Northern Apennines). Environmental Geology, DOI: 10.1007/s00254-006-0264-7.
- Cruden DM. 1991. A simple definition of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, DOI: 10.1007/BF02590167.
- Corominas J, van Westen C, Frattini P, Cascini L, Malet JP, Fotopoulou S, Catani F, Van Den Eeckhaut M, Mavrouli O, Agliardi F, Pitilakis K, Winter MG, Pastor M, Ferlisi S, Tofani V, Hervás J, Smith JT. 2014. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, DOI: 10.1007/s10064-013-0538-8.
- Çeltek S, Bulut F, Ersoy H. 2015. AHP yöntemi'nin heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde kullanımı ve uygulaması (Sinop ve Yakın Çevresi). Jeoloji Mühendisliği Dergisi, DOI: 10.24232/jeoloji-muhendisligi-dergisi.295366.
- Çevik E, Topal T. 2003. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for a Problematic Segment of the Natural Gas Pipeline, Hendek (Turkey). Environmental Geology, DOI: 10.1007/s00254-003-0838-6.
- Dölek İ. 2021. Afetler ve Afet Yönetimi, Pegem Akademi, 4. Baskı, Ankara. ISBN 978-605-241-730-0.
- Feizizadeh B, Roodposhti MS, Jankowski P, Blaschke T. 2014. A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping. Computers & Geosciences, DOI: 10.1016/j.cageo.2014.08.001.
- Gökçeoğlu C, Ercanoğlu M. 2001. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikler , Yerbilimleri Dergisi, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni.
- Görmüş S. 2012. Korunan Alanlarda Peyzaj Karakter Analizi: Kastamonu-Bartın Küre Dağları Milli Parkı Örneği, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kadıoğlu M. 2008. Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Samsun Şubesi Sel – Heyelan – Çığ Sempozyumu, Samsun-Türkiye, 28-29 Mayıs 2007.
- Kolukırık S, Arslan DA, Yılmaz Gökçalp G. 2022. Orman Yangınlarının Toplumsal Etkileri ve Görünümü: Medya Paylaşımlarında 2021 Büyük Antalya-Manavgat Yangını. Afet ve Risk Dergisi, DOI 10.35341/afet.1086418.
- Lee S, Min K. 2001. Statistical Analysis of Landslide Susceptibility at Yongin, Korea. Environmental Geology, DOI: 10.1007/s002540100310.
- Lee S, Dan NT. 2005. Probabilistic Landslide Susceptibility Mapping In The Lai Chau Province of Vietnam: Focus on The Relationship Between Tectonic Fractures and Landslides. Environmental Geology 48(6), 778-787.
- Malczewski J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley and Sons, New York.
- Özdemir Durak M. 2022. Artvin Merkez İlçe ve Yakın Çevresinde Peyzaj Karakter Değerlendirmesi ile Planlama Rehberlerinin Geliştirilmesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye
- Özdemir N. 2005. Sinop İlinde Etkili Bir Doğal Afet Türü: Heyelan, D.Ü.Ziya Gökçalp Eğitim Fakültesi Dergisi.
- Özşahin E. 2013. Türkiye'de Yaşanmış (1970-2012) Doğal Afetler Üzerine Bir Değerlendirme. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, MKÜ Hatay, Türkiye, 25-27 Eylül 2013.
- Öztürk K. 2002. Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi.
- Reis S, Yomraloğlu T. 2005. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle İl Ölçeğinde Afet Yönetim Amaçlı Planlama, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Türkiye, 28 Mart - 1 Nisan 2005.
- Saaty TL. 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill International, NewYork, NY, U.S.A.
- Schuster RL, Fleming RW. 1986. Economic Losses and Fatalities Due to Landslides. Bulletin of Association of Engineering Geologists, DOI: 10.2113/gseegeosci.xxiii.1.11.
- Şahin Ş, Perçin H, Kurum E, Uzun O, Bilgili BC. 2014. Bölge - Alt Bölge (İl) Ölçeğinde Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirmesi Ulusal Teknik Kılavuzu, Müşteri Kurumların T.C. İçişleri Bakanlığı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı olduğu, T.C. Ankara Üniversitesinin Yürütücü Kuruluş olduğu ve TÜBİTAK KAMAG 1007 Programı 109G074 No'lu PEYZAJ-44 Projesi Çıktısı, Ankara.
- Şahin Ş, Memlük M, Perçin H, Şahin ES. 2017. Sivas-Merkez Kızılırmak Koridoru Ekolojik Hassasiyet ve Taşkın Kontrolü ile Bütünleşik Rekreasyonel Gelişim Projesi Ön Raporu. Erişim Adresi: [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/83472/mod\\_resource/content/1/%C3%96RNEK%201\\_SIVAS\\_KIZILIRMAK%20PROJES%20C4%B0.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/83472/mod_resource/content/1/%C3%96RNEK%201_SIVAS_KIZILIRMAK%20PROJES%20C4%B0.pdf), [Erişim Tarihi: 08.09.2023].

- Talaei R, Ghayoumian J, Akbarzadeh EA, Shariat Jafari M. 2004. Study on Effective Factor Causing Landslide in South West of Khalkhal Region. DOI: 10.31590/ejosat.araconf28.
- Torpuş K, Bostan S. 2022. Sel Afetlerinde Acil Sağlık Hizmetlerinin Organizasyonu ve Yaşanan Sorunlar: Hopa Örneği, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, DOI: 10.21324/dacd.977594.
- Uzun O, Müderrisoğlu H, Demir Z, Kaya LG, Gültekin P, Gündüz S. 2015. Yeşilirmak Havzası Peyzaj Atlası, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü adına AKS Planlama Mühendislik Limited Şirketi, Ankara.
- Wubalem A. 2021. Landslide Susceptibility Mapping Using Statistical Methods İn Uatzau Catchment Area. Northwestern Ethiopia. Geoenviron Disasters, DOI: 10.1186/s40677-020-00170-y.
- Yılmaz E. 1999. Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü DOA Dergisi. Erişim Adresi: <https://doa.ogm.gov.tr/Documents/dergiler/doa11/d113.pdf> [Erişim Tarihi: 03.09.2023].