

DOI: 10.26650/JGEOG2022-978387

COĞRAFYA DERGİSİ
JOURNAL OF GEOGRAPHY
 2022, (44)

<https://iupress.istanbul.edu.tr/en/journal/jgeography/home>


Ağrı İlinde Meydana Gelen Doğal Afetlerin Mekânsal ve Zamansal Analizi

Spatial and Temporal Analysis of Natural Disasters Occurring in Ağrı Province

Ahmet TOPRAK¹ , Murat SUNKAR² 

¹Arş. Gör. Dr. Fırat Üniversitesi, İnsani ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Elazığ, Türkiye

²Prof. Dr., Fırat Üniversitesi, İnsani ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Elazığ, Türkiye

ORCID: A.T. 0000-0001-6790-1856; M.S. 0000-0002-4479-5023

ÖZ

Bu çalışmada, Türkiye'nin doğusunda yer alan Ağrı ilinde meydana gelen doğal afetlerin mekânsal ve zamansal analizi yapılmıştır. İlin jeofizik, jeomorfolojik, iklim ve hidrografik özellikleri nedeniyle sıklıkla doğal afetler görülmektedir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) verilerine göre Ağrı ili doğal afetler açısından ilk sıralarda yer almaktadır. İlin bu riskli durumunu ortaya koymak amacıyla 1955-2017 yılları arasındaki afet verileri analiz edilmiştir. Afet verilerine göre Ağrı ilinde toplam 955 doğal afet yaşanmıştır. Bu afetlerden sel ve taşkınlar ilk sırada yer almakta olup bunu heyelan, deprem, kaya düşmesi ve çığ afetleri izlemektedir. Ağrı ilindeki doğal afetlerin geleceğe yönelik eğilimlerinin belirlenmesi amacıyla Mann-Kendall (MK) testi, Sen's slope, Spearman'ın Rho ve Kernel yoğunluk analizi yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ilin afet sayılarında ciddi artışların olduğu görülmektedir. Trend analizi sonuçlarında ise 2010-2017 yılları arasında doğal afetlerin artışı dikkat çekmektedir. Afetlerin tematik haritaları, ortalama yıllık afet sıklığı, toplam etkilenen insan sayısı ve afetlerin mekânsal dağılımını ortaya koymak amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemi programları kullanılmıştır. Dağılım haritalarına göre akarsuların ovaya açıldığı alanlarda, eğimli yamaçlarda ve fay zonlarında doğal afetlerin yoğunluğunun arttığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ağrı, Afet, Mekânsal Analizi, Kernel Yoğunluk Analizi

ABSTRACT

In this study, a spatial and temporal analysis was conducted for natural disasters that occurred in Ağrı province, located in eastern Turkey. Natural disasters often occur in the province due to geological, geomorphological, climatic, and hydrographic characteristics. According to data from the Disaster and Emergency Management Presidency, the province of Ağrı is one of the most vulnerable in our country in terms of natural disasters. Consequently, the disaster statistics from 1955 to 2017 were analyzed in this study to reveal the unsafe condition of this province. A total of 955 natural disasters have occurred in the province of Ağrı according to the disaster data report. Among these disasters, torrents and floods take the first place, followed by earthquakes, landslides, rockfalls, and avalanches. The Mann-Kendall test, Sen's slope, Spearman's Rho, and Kernel density estimation methods were used to determine the future trends of natural disasters in the province. According to the findings of the study, there has been a significant increase in the number of disasters in the province. In the trend analysis findings, the increase in natural disasters between 2010 and 2017 has drawn attention. Geographic Information System programs were used to create thematic maps of disasters and to reveal the average annual disaster frequency, total number of people affected, and spatial distribution of disasters. The distribution maps show that the intensity of natural disasters increases in the areas where the rivers open to the plain, on the slopes, and in fault zones.

Keywords: Ağrı, Disaster, Spatial Analysis, Kernel Density Estimation

Başvuru/Submitted: 03.08.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 13.10.2021 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 08.11.2021 •

Kabul/Accepted: 06.04.2022



Sorumlu yazar/Corresponding author: Ahmet TOPRAK / atoprak@firat.edu.tr

Atıf/Citation: Toprak, A., & Sunkar, M. (2022). Ağrı ilinde meydana gelen doğal afetlerin mekânsal ve zamansal analizi. *Coğrafya Dergisi*, 44, 97-113. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2022-978387>



EXTENDED ABSTRACT

In this study, a spatial and temporal analysis was conducted for natural disasters that occurred in Ağrı province, located in eastern Turkey. The findings of such disaster analyses are used as an important data source for urban planning studies and residential area determination. Determining the frequency of natural disasters and their concentration areas is vital in disaster prevention works. However, since disaster data are recorded according to administrative borders, the borders of Ağrı province were considered in this study. Ağrı province is located in the Upper Murat Van Section of the Eastern Anatolia Region, and it is one of the most vulnerable cities in terms of natural disasters. The province has a high average elevation, with mountainous and plateau areas covering a large region throughout the province. The province is surrounded by the Karasu Aras Mountains in the north and the young volcanic mountains in the north of Lake Van in the south. The Ağrı Eleşkirt Plain, Doğubayazıt Plain, and wide plateaus constitute the main geomorphological structure among these mountainous masses.

Due to the geological, geomorphological, climatic, and hydrographic characteristics of the province, natural disasters frequently occur in Ağrı province. All eight districts of the province have at least one disaster risk due to their residential characteristics. According to the Disaster and Emergency Management Presidency data, the province is the most vulnerable in terms of natural disasters. In this study, the disaster data between 1955 and 2017 were analyzed to reveal this risky situation in the province. According to the disaster data obtained from the Turkish Disaster Data Bank, the international disasters database (EM-DAT), and the General Directorate of Meteorology, 955 natural disasters have occurred in the province of Ağrı so far. Among these disasters, floods and deluges take the first place, followed by earthquakes, landslides, rockfalls, and avalanches. The Mann–Kendall test, Sen’s slope, Spearman’s Rho, and Kernel density estimation methods were used to determine the future trends of natural disasters in Ağrı province. These methods are generally used to evaluate the trends of extreme climatic elements (temperature and precipitation) and to determine the trends of meteorological droughts. Thus, these methods were used to determine monthly and annual trends of natural disasters and climate data in this study.

In trend analysis, periodic classifications were made by considering the number of people affected and losses, apart from the number of general disasters. After the disaster trends were determined, Kernel density estimation was applied to determine the spatial distribution and intensity of the disasters. According to the findings of the analysis, it was determined that there had been a serious increase in the number of natural disasters in the province of Ağrı in the last decade. Hence, due to the recent introduction of the disaster registration system, the reliability of the analysis findings of the disaster data before 2000 was determined to be low.

When spatial distribution maps of disasters were evaluated, it was seen that the intensity of natural disasters rose in areas where rivers open to the plain, on dip slopes, and in fault zones. Floods, earthquakes, and landslides, which affect the province of Ağrı, are caused by the geological-geomorphological features and climatic characteristics of the masses. Nearly 50% of the natural disasters seen throughout the province occurred in Ağrı and Diyadin districts. Apart from these centers, the frequency of disasters is increasing in Eleşkirt and Doğubayazıt settlements.

Consequently, with the increase in population in rural settlements around the province of Ağrı, there has been an increase in the trend of disasters in recent years. In addition to geological-geomorphological, hydrographic, and climatological factors, human activities contribute to the increase. Considering the increasing trend of disasters throughout the province, it is predicted that the disaster risk will continue to increase in the future. According to the findings of the disaster analysis, the realization of disaster prevention activities in Ağrı province will minimize the risk of possible disasters. Additionally, it is considered that such disaster analysis will contribute to the formation of disaster awareness in societies.

1. GİRİŞ

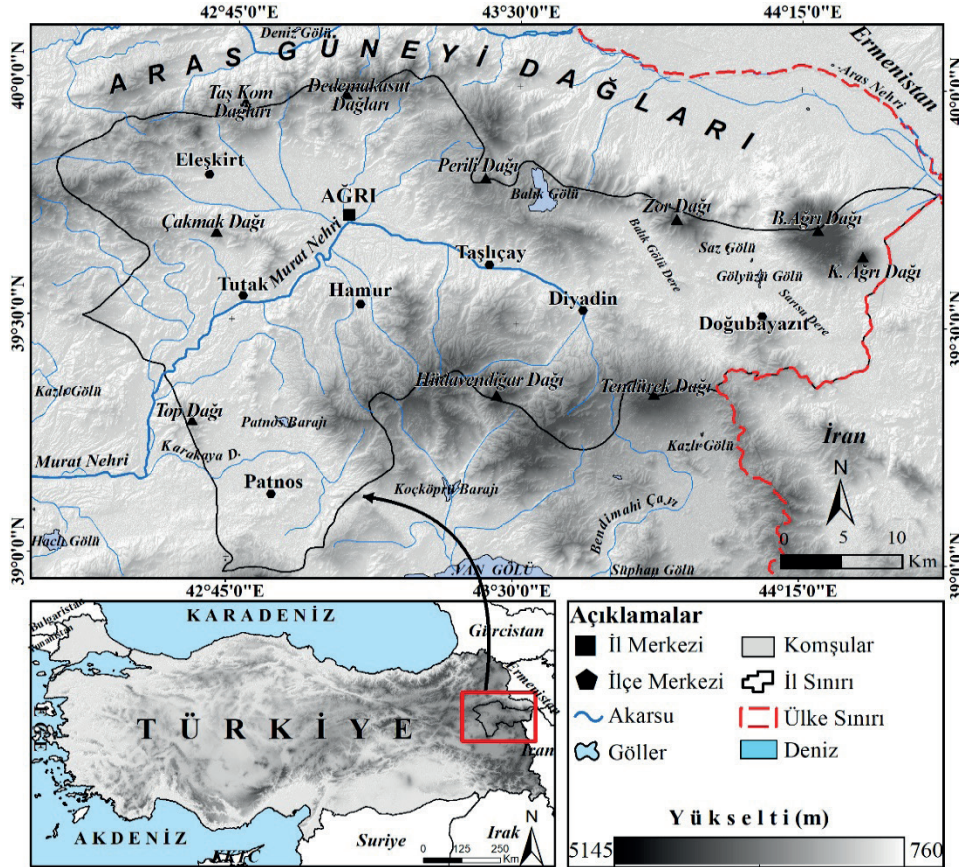
Bu çalışmada, Türkiye'nin doğusunda yer alan Ağrı ilinde 1955-2017 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin mekânsal ve zamansal dağılımları analiz edilmiştir. Ayrıca il genelinde farklı tarihlerde yapılan arazi gözlemlerinde afete neden olan faktörler belirlenmiştir. Ağrı ilinin ortalama yükseltisi fazla olup dağlık ve plato alanları geniş yer kaplamaktadır. Ağrı-Eleşkirt ve Doğubayazıt ovaları ise önemli düzlük alanlarını oluşturmaktadır. İlin kuzey ve güneyi dağlık alanlarla sınırlandırılmış olmasına rağmen bu dağlık alanlar arasında geniş ova ve platolar yer almaktadır (**Şekil 1**).

Depremler, seller, taşkınlar, heyelanlar, kaya düşmeleri, çığ ve benzeri doğal olaylar yerleşim yerlerini etkilediğinde doğal afet olarak tanımlanmaktadır. Bir afetin meydana gelmesi için yaşanan olayın gıda arzını kesintiye uğratması veya ölümlere neden olarak insanları etkilemesi gereklidir (Kelman, 2008). Doğal afetler tüm canlıları olumsuz etkilemekle birlikte, antropojenik faaliyetler ve topografik faktörler bu tip afetlerin etkilerini artırmaktadır. Doğal afetler kökenine göre; biyolojik, klimatolojik, jeofizik, hidrolojik ve meteorolojik ve dünya dışı

(meteor düşmesi) afetler olarak sınıflandırılmaktadır (Below vd., 2009; Hristidis vd., 2010). Bu afetlerin tetikleyici unsurları; sel ve taşkınlar için yoğun ve ekstrem yağış (Bin, vd., 2009), deprem için volkanik aktivite, veya bir fay hattı boyunca ani tektonik stres salınımı (Wickramaratne, 2010), heyelan ve kaya düşmeleri için hidrolojik veya jeofizik özellikler, çığ afeti için fazla kar, yüksek eğim, ani sıcaklık değişimlerinin görülmesi etkili olmaktadır (Löw ve Wirtz 2010).

19. ve 20. Yüzyıllarda antropojenik faaliyetler sonucunda yaşanan küresel ısınmaya bağlı olarak doğal afetlerin, kapsamı, etkilediği alan, sıklığı, yoğunluğu ve süresinin değiştiği bilinmektedir. Bu tip afetler özellikle gelişmekte olan ve sanayileşmiş ülkelerde, giderek artan bir bedel ödemeye devam etmektedir (McGuire ve Kilburn, 2001). Türkiye'de ise bu kayıplar 1980'den sonra kentsel alanların plansız ve hızlı gelişmesi sonucunda artmaya başlamıştır. Bu nedenle Türkiye'de yaşanan afetlerin önemli ölçüde beşeri faaliyetler sonucunda ortaya çıktığı söylenebilir.

Ağrı ilinin büyük bölümü Murat Nehri Havzası'nda, ilin doğu bölümünü oluşturan Doğubayazıt Havzası ise Aras Nehri Havzası



Şekil 1: Ağrı ilinin lokasyon haritası.

Figure 1: Location map of Ağrı province.

içerisinde yer almaktadır. Ağrı ilinin jeofizik, jeomorfolojik, meteorolojik-klimatolojik ve hidrografik özellikleri nedeniyle çok sık doğal afetler yaşanmaktadır. İlin 8 ilçesinin hepsinde kuruluş yeri özellikleri nedeniyle en az 1 adet afet tipi etkili olmaktadır. Ağrı ilinin adı ile afet kavramı özdeşleşmiş durumdadır. Çünkü dünya genelinde Nuh Tufanı olarak adlandırılan afetin bu bölgede yaşandığına inanılmaktadır. İl genelinde sık görülen sel ve taşkınlar bu inancın devam etmesine neden olmaktadır. Ağrı ilinde 1955-2017 yılları arasında toplam 955 afet yaşanmış olup bu sayının 169'u Ağrı Merkez'de, 15'i Patnos, 56'sı Tutak, 67'si Hamur, 70'i Taşlıçay, 153'ü Eleşkirt, 176'sı Diyadin ve 249'u Doğubayazıt ilçesinde görülmüştür.

Ağrı ilindeki en büyük yerleşme merkezini Ağrı şehri oluşturmaktadır. Kuruluş tarihi yeni olan şehir, son 20 yıllık süre içerisinde hızlı gelişme göstermiştir. Bu süre içerisinde başta Murat Nehri vadi tabanı olmak üzere şehir merkezindeki diğer dere yatakları yerleşmeler tarafından işgal edilmiştir. Ağrı ile birlikte Eleşkirt, Diyadin ve Doğubayazıt gibi büyük yerleşmelerde de dere yatakları, yerleşmeler tarafından işgal edildiği için sel ve taşkınların frekansı artmıştır (**Foto 1**). Doğubayazıt, topografik yapı, güvenlik, ekonomik ve ulaşım faktörlerinin etkisiyle yer değiştirmiştir (Kaya, 2011). Bu değişimle yerleşme Sarıova mevkinde istasyon olarak

adlandırılan alana taşınmıştır. Yer değiştirmede doğal afetler dikkate alınmadığı için Doğubayazıt, sel ve taşkın riski yüksek olan birikinti yelpazeleri üzerine kurulmuştur. Kırsal yerleşmelerin bir bölümü dere yataklarına kurulmuştur. Ağrı ilinde olduğu gibi Türkiye genelinde de kırsal yerleşmelerin büyük bölümü plansız gelişmiş olduğundan bu yerleşmelerde her an doğal afetlerin can ve mal kayıplarına neden olması kaçınılmaz görülmektedir (Kızıloğlu vd. 2006).

Ağrı ili genelinde farklı alanlarda çok sayıda araştırma yapılmış olup bu araştırmaların büyük bölümü Ağrı Dağı ve Nuh tufanı ile ilgilidir. Fakat Fiziki ve Beşeri Coğrafya alanlarında da önemli çalışmalar yapılmıştır (Girgin, 1991; Kaya, 2001; Toprak, 2021). Coğrafi çalışmalar dışında 2004 yılında Doğubayazıt'ta meydana gelen deprem sonrasında afetzedelerin yeniden yerleştirilmesi konusunda hazırlanan tez çalışması doğrudan afeti konu alan önemli bir çalışmadır (Tercan, 2008). Tez çalışmaları dışında Ağrı ilinde havza bazlı afet risk değerlendirmelerinde Ağrı ve Doğubayazıt havzaları analiz edilmiştir (Toprak ve Sunkar, 2019 a, b). Bu çalışma ile Ağrı ve Doğubayazıt havzalarının afet analizlerinde afetlerin mekânsal dağılımları yapılmıştır¹. Ancak afet verileri il ve ilçelere göre kaydedildiği için havza bazlı analizlerde bazı sorunlar yaşanabilmektedir. Bu çalışmada afet verilerinin bu özelliği ve



Foto 1: Ağrı (a), Eleşkirt (b), Diyadin (c) ve Doğubayazıt (d, e) yerleşmelerinde dere yatakları yerleşmeler tarafından işgal edilerek daraltıldığı için şiddetli yağışlar sonucunda afet boyutunda sel ve taşkın olayları yaşanmaktadır.

Photo 1: The stream beds in Ağrı (a), Eleşkirt (b), Diyadin (c) and Doğubayazıt (d, e) settlements were occupied and narrowed by the settlements, as a result of heavy rains, floods and overflows are experienced in the size of disasters.

¹ Bu makale "Ağrı ve Doğubayazıt Havzalarında Coğrafi Faktörlerin Sel ve Taşkın Oluşumundaki Etkisi ve Risk Analizleri" başlıklı Doktora Tezine dayalı olarak hazırlanmıştır.

ilin idari sınırları dikkate alınarak yoğunluk analizleri yapılmıştır. Bu şekilde hem mekânsal dağılışı hem de yoğunluk haritalarının karşılaştırılması mümkün olmaktadır.

Afet verileri, afet riski olan alanlarda ortaya çıkabilecek tehlike ve tehditleri belirleme konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Bu nedenle afetlerin mekânsal dağılımı ve değişimini belirlemek afetleri önleme, afet tehlike ve risk analizleri, planlama ve afet yönetimi açısından önemlidir. Afete neden olan doğal olayları önlemek mümkün olmasa da geçmişte meydana gelen afetlerin mekânsal ve zamansal dağılışı kullanılarak geleceğe yönelik risk analizi ve planlamalar yapmak mümkündür. Çünkü afetle mücadelede afet öncesi yapılan çalışmaların katkısı büyüktür. Farklı veri setlerinin kullanıldığı analizlerde en güvenli verilerin AFAD (2008) ve Meteoroloji'nin verileri olduğu görülmüştür. Ayrıca 1980 yılı öncesinde yaşanan afet kayıtları ile ilgili ciddi sorunlar rapor edilmiştir. Muhtemel afetlerde yaşanan büyük kayıpları azaltabilmek için afet bilinci ve afet önleme çalışmalarının her dönem canlı tutulması gereklidir. Doğal afetler ister ulusal, ister uluslararası olsun bütün veri tabanları ortak bir sınıflandırma ile standart hale getirilmelidir (Koç ve Thieken, 2016; Toprak ve Sunkar, 2019 a).

2. AĞRI İLİNDE MEYDANA GELEN DOĞAL AFETLER VE SINIFLANDIRILMASI

Ağrı adı Hz Nuh Tufanı ve Ağrı Dağı'nı hatırlattığı için bu ad ile tufan birlikte hatırlanmaktadır. Ağrı için tufan geçmişe ait bir

efsane olsa da günümüzde başta Ağrı şehri olmak üzere benzer olaylar yaşanmaktadır. Ağrı dışında il genelinde de doğal afetlerin frekansı çok yüksektir. Bu durumu analiz edebilmek için geçmişten günümüze kadar yaşanan doğal afet tipleri, mekânsal dağılışı, afetzede sayısına göre afet büyüklüklerinin sınıflandırılması yapılmıştır. Afet envanterleri afetleri anlamak, izlemek ve analiz etmek için temel veri kaynağını oluşturmaktadır. Bu veriler kullanılarak afet tehlikesi, afet yönetimi ve risk değerlendirmesi konularında analizler yapılabilmektedir. Envanter verilerine göre Ağrı ili genelinde 1955-2017 yılları arasında toplam 955 afet yaşanmıştır (**Tablo 1**).

İl genelindeki afetlerin büyük bölümünün kırsal alanlarda yaşanması, can ve mal kayıplarının daha düşük kalmasını sağlamaktadır. Bir afetin “büyük ölçekli” olması, afetten etkilenen insan sayısı ve/veya afetten hasar gören alanın boyutuyla ilgilidir. Genel olarak “afet kapsamı” hem doğal hem de insan kaynaklı afetler için geçerli olan kantitatif bir ölçek olarak hazırlanmış ve afetzedelerin sayısına ve/veya afetlerin alanına göre sınıflandırılmıştır (Gad-el-Hak, 2009). Bu sınıflandırmaya göre Ağrı ilinde meydana gelen çığ dışındaki doğal afetler orta ve büyük afet kapsamında kalmaktadır (**Tablo 2**).

3. METOT VE MALZEME

Ağrı ilinde afetlerin mekânsal ve zamansal analizini yapmak amacıyla, Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB), Uluslararası veri tabanı (EM-DAT, Url 1), Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Ağrı

Tablo 1: Ağrı ilinde Meydana Gelen Jeofizik ve Hidrolojik, Afetlerin Sayısı ve Yer Değiştirmeye Neden Olduğu Mesken Sayıları.
Table 1: Number of Geophysical and Hydrological Disasters in Ağrı Province and the number of dwellings they caused to relocate.

Afet Tipi	Afet Sayısı	Etkili Nakil Mesken Sayısı
Heyelan	151	566
Kaya Düşmesi	40	121
Deprem	53	1590
Sel ve Taşkın	547	3671
Çığ	23	11
Diğer Afetler (Yangın, mağara çökmesi ve jeomedikal afet)	141	645
Toplam	955	6604

Kaynak (Toprak, 2021).

Tablo 2: Ağrı ilinde Yaşanan Afetlerin, Büyüklük Ölçeklerine Göre Dağılımı.
Table 2: Distribution of disasters in Ağrı province by magnitude scale.

Kapsam No	1	2	3	4	5	
Afet Büyüklüğünün Adı	Çok Küçük Afet	Küçük Afet	Orta Büyüklükteki Afet	Büyük Afet	Çok Büyük Afet	
*Afet Sayısı Ölçeği (Kişi)	< 10	10-100	100-1000	1000-10.000	>10000	
*Afet Alanı Ölçeği (km ²)	< 1	1-10	10-100	100-1000	>1000	
Afet Tipi	-	Çığ	Heyelan	Kaya Düşmesi	Sel-Taşkın	Deprem
Afetten Etkilenen Kişi Sayısı	-	11	566	121	3671	1590
Afetten etkilenen Alan (km ²)	-	8,4	25,8	23,2	292,5	206,7

*Gad-el-Hak'ın (2009) ölçeklendirmesi kullanılmıştır.

İl Afet Müdürlüğü verileri kullanılmıştır. Afet Bilgi Bankasının veri setindeki her bir afet olayının; kimlik, tarih, konum, afet tipi, açıklama, zemin özelliği, morfolojik durum, etkili nakil, etkisiz nakil ve afetin nedeni dâhil olmak üzere 10 (on) farklı veri bulunmaktadır. Bu veri setinin afet olayı bölümündeki afet sayılarında birbirini takip eden günlerin her biri afet yaşanmış gibi gösterilmiştir. Bu durum aslında afetin ne kadar devam ettiğini göstermektedir. Bu tip afetler farklı veri setleri ile karşılaştırılarak günlerce arka arkaya devam eden afetler tek olarak kabul edilmiştir. Yine bu veri setinde can kayıpları için ayrıntı verilmeden etkili ve etkisiz nakil (yer değiştirmeye uygun görülmüş yerleşim yerindeki afetlerde sayısı) olarak sadece zarar gören insan sayısı verilmiştir. Bu durum nedeniyle afetlerde sayısı sadece büyüklük analizinde kullanılmıştır.

Afet sayıları Coğrafi Bilgi Sistemleri ile hazırlanan sayısal altlıklardaki yerleşme merkezleri ile çakıştırılarak mekânsal yoğunluk haritaları üretilmiştir. Ağrı ilinde meydana gelen afetlerin tematik haritaları, ortalama yıllık afet sıklığı, toplam etkilenen insan sayısı ve afetlerin mekânsal dağılım modellerini ortaya koymak için Arc-GIS 10.2.1 yazılımında mekansal analiz modülü ve Xlstat (excel'de istatistiksel fonksiyon) kullanılmıştır. Ayrıca afetlerin dönemsel olarak frekansını ve eğilimini belirlemek amacıyla a) Mann-Kendall, b) Sen's slope, c) Spearman'ın Rho testi uygulanarak trend analizleri ve d) Kernel yoğunluk analizi yapılmıştır.

Mann -Kendall (MK) testi ve Sen's slope yöntemi genellikle aşırı iklim elemanlarının (sıcaklık ve yağış) eğilimlerini değerlendirmek, meteorolojik kuraklıkların eğilimlerini belirlemek ve heyelanların sınıflandırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır (Alexander vd., 2006; Peterson vd., 2008; Donat vd., 2013; He vd., 2016; Lin ve Wang, 2018; Yükseler vd., 2021). Bu çalışmada ilk olarak doğal afetlerin eğilimlerini belirlemede bu yöntem kullanılmıştır.

3.1. Mann-Kendall (MK) Testi; aykırı değerlere duyarlı olmaması avantajı nedeniyle zaman serilerindeki eğilimlerin önemini test etmek için yaygın olarak uygulanmaktadır (Mann 1945; Kendall 1948; Kendall, 1975). Bu yöntem 1955 yılından beri kayıtları tutulan Ağrı ili afet verilerinin zaman serisinde artış veya azalış olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

$$S = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{Sign}(X_j - X_i) \quad (1)$$

$$\text{Sign}(X_j - X_i) = \begin{pmatrix} 1 & X_j - X_i > 0 \\ 0 & X_j - X_i = 0 \\ -1 & X_j - X_i < 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Bu yöntemde; S, MK test istatistiği, x_j ve x_i sırasıyla, zaman serileri ve N zaman serisinin uzunluğudur. Daha sonraki bir döneme ait bir değeri, daha önceki bir döneme ait bir değerden daha yüksekse, S istatistiği 1 artırılır. Öte yandan, daha sonraki bir döneme ait değer, örneklenen bir veri değerinden daha düşükse S, 1 azaltılır. Tüm bu artışların ve azalmaların net sonucu, S'nin nihai değerini vermektedir (Shahid, 2011). Daha sonra, istatistiksel olarak anlamlı bir eğilimin varlığını değerlendirmek için standart test istatistiği (Z) hesaplanabilir.

$$Z = ((s-1)/\sqrt{n(n-1)(2n+5)/18}) \quad (S > 0) \quad (3)$$

$$Z = ((s-1)/\sqrt{n(n-1)(2n+5)/18}) \quad (S < 0) \quad (4)$$

Z değerinin 0'dan büyük olduğu durumlarda, zaman serisinin artış eğiliminde olduğunu, 0'dan küçük olduğu durumlarda ise azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir (Lin ve Wang, 2018: 2360). Hesaplanan Z değeri normal dağılımda istenilen α önem derecesinden küçük ise sıfır (0) hipotezi ve eğilimin olduğu kabul edilir. Ancak bulunan sonuç önem derecesinde, büyük bir değere karşılık gelirse eğilimin olduğu kabul edilir. Ayrıca S değeri negatif ise azalış yönünde bir eğilim olduğu, pozitif ise de artış yönünde bir eğilim olduğu kabul edilmektedir (Yu vd., 1993; Tongal, 2012; Saplıoğlu ve Çoban, 2013).

3.2. Sen's Slope Yöntemi; Sen's slope bir zaman serisindeki eğilimleri tahmin ve analiz etmek amacıyla kullanılan parametrik olmayan bir metottur (Sen, 1968; Lin ve Wang; 2018). Bu yöntem ilk olarak zaman serisindeki herhangi iki nokta arasındaki eğilimi ($X = x_1, \dots, x_j, \dots, x_i, \dots, x_n$) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{X_j - X_i}{j - i} \right) \quad (5)$$

Burada β Sen'in zaman serisinin eğilimi, x_j ve x_i sırasıyla analiz edilecek zaman serisi öğeleridir. β 'nin sonucu 0'dan büyük olduğunda, zaman serisi artan bir eğilim, β sonucunun 0'dan küçük olması, zaman serilerinin azalan bir eğilimde olduğunu göstermektedir (Theil, 1950; Sen, 1968; Lin ve Wang, 2018).

3.3. Sperman'ın Rho Analizi; Gözlemlenen iki veri arasında bir korelasyon olup olmadığını belirlemek için kullanılan hızlı ve basit bir testtir. Sperman'ın sıra korelasyonları testi zaman aralıkları ve sırası arasındaki korelasyonun varlığı aradaki eğilimin önemini göstermektedir. Sıra istatistiği R(x_i) verilerinin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir (Kahya ve Kalaycı, 2004:133; Gümüş, 2006:24). Gözlem serisi $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ vektörü olmak üzere; iki yönlü test ile tanımlanan H_0 hipotezine göre x_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri eş olasılıklı dağılımlı olarak kabul edilir. H_1 hipotezine göre ise x_i

($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri zamanla artar veya azalır. Sperman'ın Rho testi istatistiği r_s bağıntısı ile hesaplanmaktadır (Kahya ve Kalaycı, 2004:133; Gümüş, 2006:24).

$$r_s = 1 - 6 \frac{[\sum_{i=1}^n (R(x_i - i)^2)]}{(n^3 - n)} \quad (6)$$

$n > 30$ için r_s dağılımı normale yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılır (İçağa, 1994; (Yue ve Wang, 2002). Bunun için r_s 'nin test istatistiği (Z), denklemi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Z = r_s \sqrt{n-1} \quad (7)$$

“eğer z değeri, α önem seviyesinde standart normal dağılım tablolarından tespit edilen $Z_{\alpha/2}$ değerinden büyük ise, H_0 hipotezi reddedilerek belirli bir gidişin olduğu, r_s değeri negatif ise azalan yönde eğilim olduğu, pozitif ise artan yönde eğilim olduğu sonucu elde edilir” (Kahya ve Kalaycı, 2004:133; Gümüş, 2006:24).

3.4. Kernel Yoğunluk Tahmini

Bu yoğunluk analizi nokta desenli analiz yöntemlerinden olup bir nokta verisinin yoğunluğunun bulunmasında kullanılmaktadır. Ayrıca birinci ve ikinci derecede etkilenen alanların yoğunluğunun belirlenmesini de içermektedir. Genellikle heyelan yoğunluk analizlerinde ve depremlerin konumsal istatistik analizinde kullanılmaktadır (Bakak, 2016; Akyürek ve Arslan, 2018; Huseynova, 2019). Bu çalışmada ise Ağrı il genelinde görülen doğal afet verilerinin mekânsal yoğunluğunu hesaplamak için kullanılmıştır. Ağrı ili 250 m x 250 m'lik hücrelere bölünerek afet verilerinin mekân üzerindeki yayılışı tematik yoğunluk haritaları şeklinde verilmiştir.

Kernel yoğunluğu ayırık histogramın bir tür sürekli ikamesi olarak verilerin “şeklini” görselleştirmek için önemli olup noktasal ve çizgisel veriler hesaplanabilmektedir. Yüzey değeri noktanın bulunduğu yerde en yüksek olup noktadan uzaklaştıkça azalır, noktadan arama yarıçapı mesafesinde sıfıra ulaşır (Silverman, 1986).

$$\text{Yoğunluk} = \frac{1}{(\text{yarı çap})^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{3}{r} \cdot \text{pop}_i \left(1 - \frac{\text{Mesafe}_i}{\text{yarı çap}} \right)^2 \right] \quad (8)$$

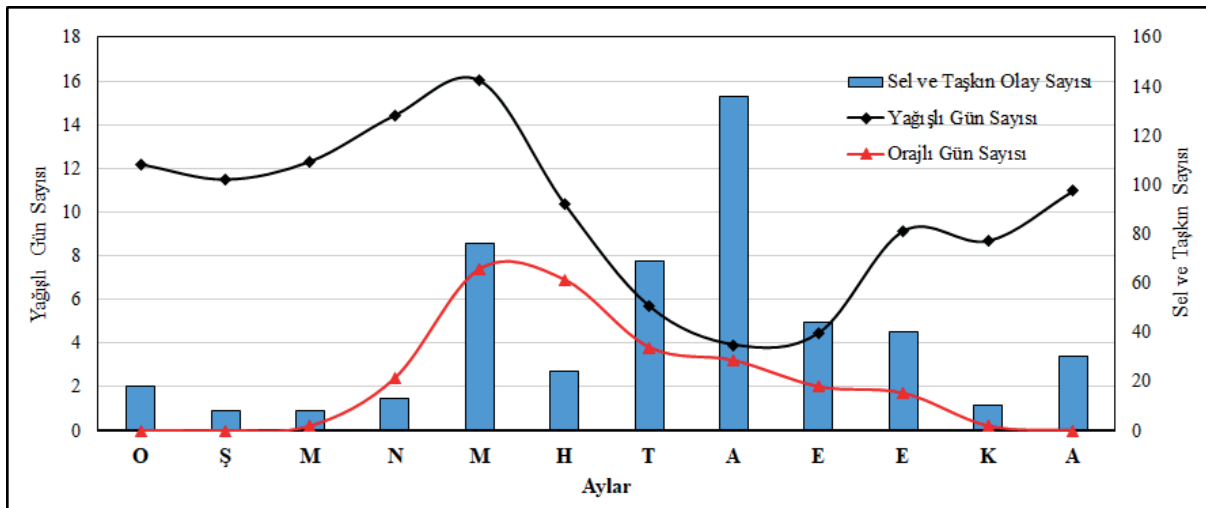
$\text{Mesafe için}_i < \text{Yarı Çap}$

4. BULGULAR

Bu bölümde Ağrı ilinde meydana gelen doğal afetlerin zamansal eğilimi ve mekânsal analizi yapılmıştır. Deprem afeti ise diğer afetlerden farklı olarak uzun yıllara göre değişim analizi uygulanmıştır. Sonuçta zamansal eğilimlerin artış yönünde, mekânsal dağılımların arazi gözlemlerindeki sorunlu alanlarla örtüştüğü görülmüştür.

4.1. Ağrı İlinde Meydana Gelen Doğal Afetlerin Zamansal Analiz Sonuçları

Ağrı iline ait afet verilerinin uzun yıllar ortalama aylık dağılımları analiz edilerek değişim durumları belirlenmiştir. Afet kayıtları ve afet oluşumunun düzensizliği nedeniyle veriler farklı dönemler halinde kullanılmıştır. Ağrı ilinde 1963-2017 yılları arasındaki dönemde en fazla sel ve taşkın olayı mayıs ve ağustos aylarında meydana gelmiştir. Toplam 547 sel ve taşkın olayının 300'den fazlası mayıs-ekim ayları arasında 6 aylık bir dönemde görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2: Ağrı ilinde meydana gelen sel ve taşkınların aylara göre dağılışı, yağışlı ve orajlı gün sayısı.
Figure 2: Distribution of torrent and floods in Ağrı province by month, number of rainy and thunderstorm days.

Mayıs ayında kar erimeleri ve ilkbahar yağışları ile sel ve taşkınlarda artış görülmektedir. Ağrı ilinde mayıs ayı sel ve taşkın sayıları ile yağışlı ve orajlı günler arasındaki ilişki yaz mevsiminde bozulmaktadır. Temmuz ve ağustos aylarında yağışlı gün ve orajlı gün sayısı az olmasına rağmen sel ve taşkın sayısı maksimuma ulaşmaktadır. Bu durum üzerinde zeminin kuruluşu nedeniyle sızma kapasitesinin düşmesi ve yağış şiddetinin artışı etkili olmaktadır. Ayrıca bu durum orajlı bir günde birden fazla afetin yaşanmış olduğunu göstermektedir (**Şekil 2**).

Ağrı ilinde 1963-2013 yılları arasındaki dönemde heyelan olayları en fazla temmuz ve ağustos aylarında gerçekleşmiştir. Toplam 151 heyelan olayının 25'i ilkbahar, 66'sı yaz mevsiminde yaşanmıştır (**Şekil 3**). Heyelan olaylarının ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yoğunlaşması doğrudan sıcaklık ve yağış rejimi ile ilişkilidir. Sel ve taşkınlarda olduğu gibi bahar mevsimindeki kar erimeleri ve ilkbahar-yaz yağışları heyelanları tetiklemektedir. Özellikle mayıs ayından başlamak üzere artan kar erimeleri zeminin suya doygun hale gelmesini sağlamaktadır. İklim ile birlikte litoloji ve tektonik yapı heyelan oluşumunda etkili olmaktadır. Şaroğlu ve Güner (1981) Ağrı çevresinde Kağızman, Tutak ve Balıkgözü fayları gibi doğrultu atımlı fayların denetiminde farklı alanlarda heyelanların olduğu belirtilmiştir.

Ağrı ilinde kaya düşmesi olayları genelde eğimli yamaçlar ve yüksek dağlık alanlarda meydana gelmektedir. İl genelinde 1972-2009 yılları arasında kaya düşmesi olaylarının şubat, haziran, eylül ve kasım aylarında yoğunlaştığı görülmektedir. Şubat ayında aşırı kar yağışına bağlı yük artışı kaya düşmelerini tetiklemektedir. Şubat ayı dışındaki diğer aylarda günlük sıcaklık farkı yüksek olup fiziksel ayrışmanın kaya düşmelerini

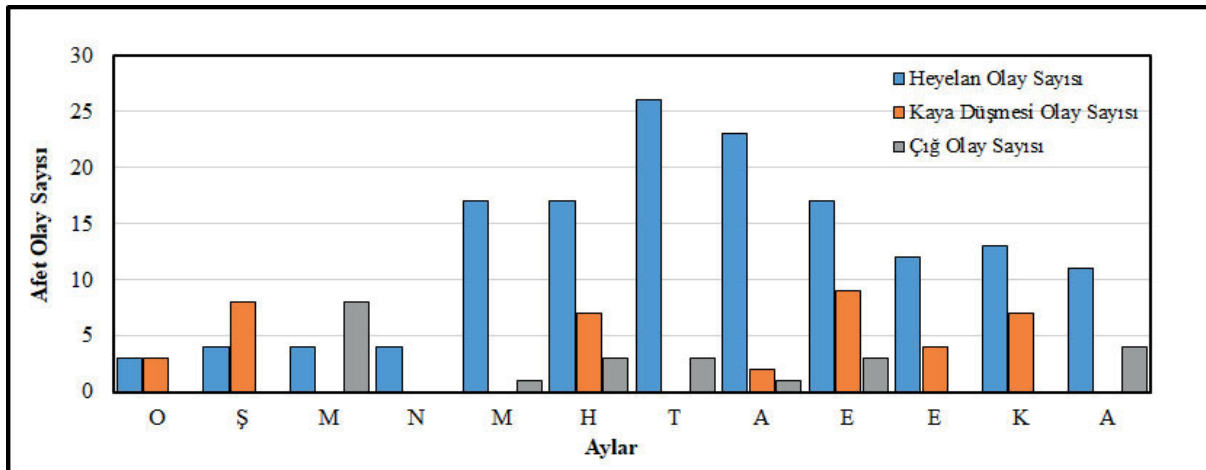
hızlandığı düşünülmektedir. Ancak bu afet verileri sisteme düzenli işlenmediği için belirgin bir düzensizlik de görülmektedir (**Şekil 3**).

Ağrı ili iklim özellikleri nedeniyle çığ olaylarının fazla görüldüğü illerden biridir. İl genelinde her yıl yerleşmelerden uzak alanlarda can ve mal kaybına neden olmayan çok sayıda çığ olayı yaşanmakta ve bunlar kayıtlara geçmemektedir. Ağrı ilinde 1989-2006 yılları arasındaki dönemde en fazla çığ olayı mart ve aralık aylarında meydana gelmiştir. Toplam 23 çığ olayının 8'i mart ayında gerçekleşmiştir. Mart ayında yaşanan çığların oluşumunda aşırı kar birikimi ile bu ayda sıcaklık artışının etkisi görülmektedir. Kış mevsimi boyunca düşen kar mart ayında maksimum seviye çıkmaktadır. Bu şekilde aşırı kar birikimi eğimli yamaçlarda çığa neden olabilmektedir. Yine mart ayında sıcaklık artışına bağlı olarak gündüz eriyen karın donması ve sonrasında düşen kar yağışlarının hızlı harekete geçmesi çığlara neden olmaktadır.

4.2. Ağrı İlinde Meydana Gelen Doğal Afetlerin Mann-Kendall ve Sen's Slope Testi Analiz Sonuçları

Afet kayıtları veri tabanlarına düzenli işlenmediği ve her yıl düzenli afet yaşanmadığından zaman serileri arasında uyumsuzluklar görülmektedir. Bu durum nedeniyle her afet kendi içerisinde eşit yıllara ayrılarak analiz edilmiştir.

Ağrı ilinde 1955-2017 yılları arasında meydana gelen sel ve taşkın, heyelan, çığ ve kaya düşmeleri afetlerinin zamansal eğilimi Mann-Kendall testi ve Sen's slope yöntemleriyle analiz edilmiştir. Mann-Kendall testi ve Sen's slope analiz sonuçlarına göre, sel ve taşkın sayılarında 1981-1998 yılları arası hariç artış



Şekil 3: Ağrı ilinde meydana gelen heyelan (1963-2013), kaya düşmeleri (1972-2009) ve çığ olaylarının (1989-2006) aylara göre dağılışı.
Figure 3: Distribution of landslides (1963-2013), rockfalls (1972-2009) and avalanches in Ağrı province by months (1989-2006).

(pozitif bir durum) görülmektedir. 1999-2016 yılları arasında sel ve taşkın sayılarında önceki yıllara göre önemli bir artış gözlenmiştir. 1963-2016 yılları arasında sel-taşkın olaylarının sıklık ortalaması ise 8,43'dür. Son 20 yıldaki sel ve taşkın olaylarının sıklığı, önceki 40 yıldan daha yüksek çıkmıştır. Sel ve taşkın olaylarının ortalama sıklık değeri 1963–1980, 1981–1998 ve 1999–2016 dönemleri için sırasıyla 1,46, 5,71 ve 33,39'dur. Ortalama yıllık taşkın sıklık değeri en yüksek 1999-2016 yılları arasında çıkmıştır (**Tablo 3**). Ağrı ilinde meydana gelen heyelan olaylarını 1963-2013 arasındaki ortalama yıllık sıklığı 2,86 hesaplanmıştır (**Tablo 3**). 1963-1996 yılları arasında heyelan afeti sayılarında azalış (negatif) görülmeyle birlikte 1997-2013 yılları arasında önceki yıllara göre büyük bir artış görülmektedir.

Son 10 yıldaki heyelan olaylarının sıklığı, önceki 30 yıldan daha yüksek çıkmıştır. İlde 1997'den günümüze heyelan afetlerinde artış eğilimi 2000 yılından sonra kuvvetlenmiştir. Bu durum uzun zaman süresi içerisinde heyelan olaylarının düzensiz kaydedilmesinden kaynaklanmaktadır (**Tablo 3**).

Mann-Kendall testi ve Sen's slope sonuçlarına göre kaya düşmesi afeti sayılarında bütün yıllarda artış görülmektedir. Testin S değerleri bütün yıl aralıklarında pozitif olup artış eğilimde olduğunu göstermektedir.

1991-2009 yılları arasında kayıtlara geçen kaya düşmesi olaylarının sıklığı, önceki yıllardan daha yüksek olup ortalama sıklık 1 hesaplanmıştır (**Tablo 3**). Afet veri tabanına girilen çığ olay sayısı az olmasına rağmen Mann-Kendall testi ve Sen's slope analiz sonuçlarına göre çığ afeti sayılarında artış olduğu görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre çığ olaylarının ortalama yıllık sıklığı 1,29'dur (**Tablo 3**).

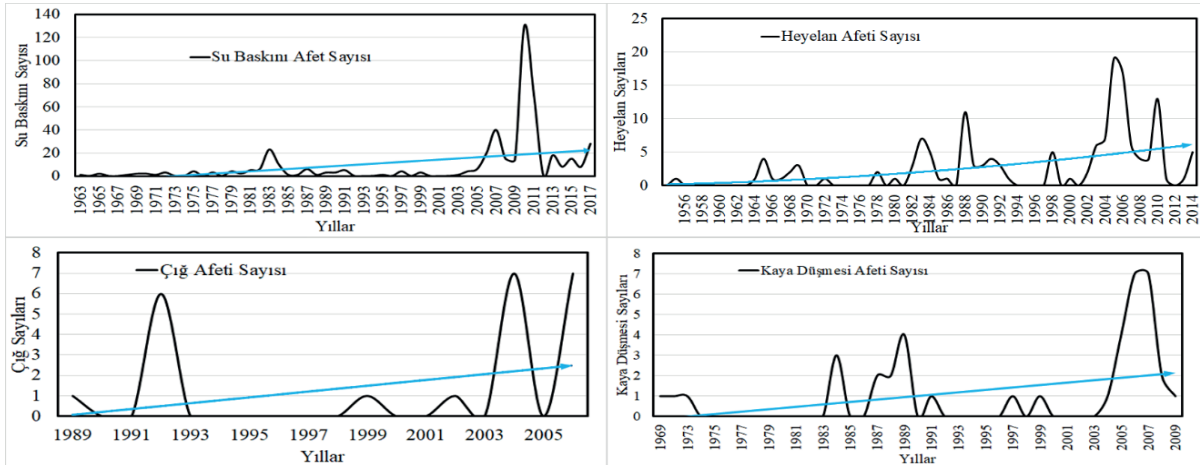
Ağrı ilinde 1955-2017 yılları arasında yaşanan afetlerin anlamsız bir artış eğilimine sahip olduğu görülmektedir (**Şekil 4**).

Bu durum üzerinde afet kayıtlarının düzenli tutulmaması ve afetlerin belli yıllarda yaşanmasından kaynaklanmaktadır. İstatistikî verilere göre en fazla sel ve taşkın afeti 2010 yılında,

Tablo 3: Ağrı ilinden Meydana Gelen Sel ve Taşkınlar, Heyelan, Kaya Düşmesi ve Çığ Olaylarının Trend Analizi Sonuçları.

Table 3: Trend analysis results of torrent and floods, landslides, rockfall and avalanche events in Ağrı province.

Afet Adı	Zaman Aralığı	Gözlem Sayısı	Kendall's tau	S	P-value	Alpha α	Sen'Slope (β)	Ort.	Std. Sapma	Eğilim (Trend)
Sel ve Taşkın	1963-1980	18	0,25	30	0,20	0,05	0,04	1,41	1,46	Artan
	1981-1998	18	-0,48	-62	0,01	0,05	-0,33	3,76	5,71	Azalan
	1999-2016	18	0,40	54	0,02	0,05	1	20,64	33,39	Artan
	1963-2016	54	0,32	421	0,001	0,05	0,12	8,43	20,65	Artan
Heyelan	1963-1979	17	-0,42	-43	0,04	0,05	0,08	0,93	1,23	Azalan
	1980-1996	17	-0,28	-31	0,16	0,05	-0,13	2,68	3,15	Azalan
	1997-2013	17	0,26	3	0,92	0,05	0,03	5,25	5,50	Artan
	1963-2013	51	0,23	259	0,02	0,05	0,03	2,86	4,01	Artan
Kaya Düşmesi	1972-1990	19	0,30	32	0,34	0,05	0,00	0,66	1,23	Artan
	1991-2009	19	0,55	69	0,00	0,05	0,09	1,33	2,30	Artan
	1969-2009	38	0,25	1400	0,04	0,05	0,00	1,00	1,80	Artan
Çığ	1989-2006	18	0,312	30	0,13	0,05	0,00	1,29	2,92	Artan



Şekil 4: Ağrı ilinde meydana gelen afetlerin zamansal değişimi.
Figure 4: Temporal change and trends of disasters in Ağrı province.

kaya düşmesi ve heyelan olayları 2006 yılında, çığ afeti ise 2004 yılında yaşanmıştır. Sel ve taşkınların 2010 yılında zirve yapmasının nedenleri kar erimeleri ve ekstrem yağışların artmasıdır., 2010 yılında düşen toplam yağışın (594 mm) yaklaşık % 25'i 2010 yılı mayıs ayında (145,6 mm) düşmüştür.

4.3. Ağrı İlinde Meydana Gelen Doğal Afetlerin Sperman Rho Analiz Sonuçları

Mann-Kendall tau ile Sperman Rho benzer korelasyon analizi olmasına rağmen sonuçların karşılaştırılması amacıyla iki yöntem de kullanılmıştır. Sonuçta her iki yöntemde de benzer sonuçlara ulaşıldığı için yapılan analizlerin doğruluğu test edilmiştir.

Sperman Rho analiz sonuçlarına göre Ağrı ilindeki sel-taşkın, heyelan, kaya düşmesi ve çığ olaylarının eğilimi genelde artış yönündedir. 2000 yılından sonra kayıtların düzenli tutulması nedeniyle bu tarihten sonraki verilerin analiz sonuçları daha doğru hesaplanmıştır. Ağrı ili uzun yıllar (1963-2013) heyelan afeti sayılarının analiz sonuçlarında genelde artış eğilimi görülmektedir. Fakat 1963-1979, 1980-1996 ve 1997-2013 yılları arasında anlamlı bir eğilim olmadığı belirlenmiştir (**Tablo 4**).

Ağrı ili genelinde 1972-2009 yılları arasında yaşanan kaya düşmesi olaylarının analiz sonuçlarına göre artan eğilim tespit edilmiştir (**Tablo 4**). Kaya düşmesi olaylarının korelasyon katsayısı ve Z değerinin yüksek olması yüksek bağımlı ilişkinin olduğunu göstermektedir. Ağrı ili genelinde 1989-2006 yılları arasında meydana gelen çığ olaylarının analiz sonuçlarına göre afet sayılarında artan eğilim görülmektedir (**Tablo 4**). Çığ olaylarının korelasyon katsayısının yüksek çıkması da veriler arasında yüksek bağımlı ilişkinin olduğunu göstermektedir.

4.4. Ağrı İlinde Meydana Gelen Doğal Afetlerin Kernel Yoğunluk Analizine Göre Mekânsal Dağılışı

Doğal afetlerin Ağrı ili genelindeki dağılışını belirlemek amacıyla afetlere ait veriler noktasal veriye dönüştürülerek yoğunluk analizi ve mekânsal dağılışları yapılmıştır. İlkbahar mevsimindeki kar erimeleri ve şiddetli yağışlara bağlı olarak il genelinde sel ve taşkın afeti ilk sırada gelmektedir. İklim dışında jeofizik ve jeomorfolojik özellikler ile beşeri faktörlere bağlı olarak bu olaylar afete dönüşmektedir. Analiz sonuçlarına göre yoğunluğun, akarsuların dağlık alandan ovaya geçiş alanlarında ve bazı vadilerde arttığı görülmektedir (**Şekil 5**). Bu mekânsal yoğunluk nedeniyle Ağrı ilindeki sellerin büyük bölümü dağlık alan sellerinden oluşmaktadır. Ayrıca, Ağrı Eleşkirt Ovası ve Doğubayazıt Ovası ile Ağrı ve Doğubayazıt yerleşmelerinde sel ve taşkın yoğunluğu artmaktadır (**Şekil 5**).

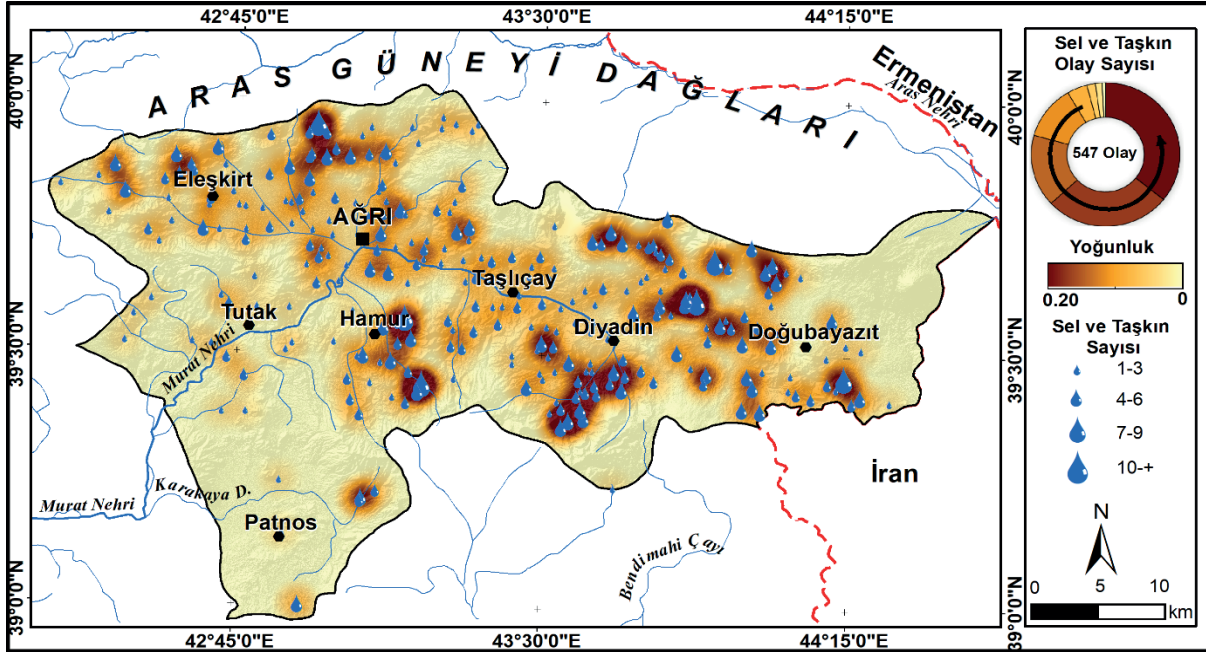
Yerleşme alanlarında dere yataklarına yapılan müdahaleler sel ve taşkınların frekansının artışına neden olmaktadır. Ağrı ve Doğubayazıt yerleşmelerinde yaşanan şehir taşkınlarından korunmak için alınan tedbirler kısmen fayda sağlamaktadır. Ancak çok şiddetli sağanaklardan sonra yaşanacak sel ve taşkınlarda alınan önlemlerin yetersiz kalacağı düşünülmektedir. Özellikle şehir içinde yapılan setlerin aşılması durumunda can ve mal kayıpları kaçınılmaz bir sonuç olarak görülmektedir. Çünkü 1980'den sonraki yapılaşmanın büyük bölümü vadi tabanlarında kalmaktadır (**Foto 2**).

Ağrı ili genelinde litolojinin etkisiyle heyelanlar Eleşkirt ve Ağrı kuzeyinde yoğunluk kazanmaktadır (**Şekil 6**). Ağrı'nın kuzeyinde Goncalı, Toprakkale, Akyumak ve Dedemmaksut köyleri çevresinde çok geniş alanlı heyelanlar yerleşme ve tarım alanları ile yolları etkilemektedir (**Foto 3**). Bu alanlar dışında

Tablo 4: Ağrı İlinde Meydana Gelen Sel-Taşkın, Heyelan, Kaya düşmesi ve Çığ olaylarının Sperman'ın Rho Analiz Sonuçları.

Table 4: Sperman Rho analysis results of torrent and flooding, landslides, rockfall and avalanche events in Ağrı province.

Afet Adı	Zaman Aralığı	Gözlem Sayısı	Rs	Z	Z Değeri $\alpha=5\%$	% 95
Sel ve Taşkın	1963-1980	18	0,50	2,06	±1,96	Artış Eğilimi
	1981-1998	18	-0,57	-2,37	±1,96	Azalan Eğilim
	1999-2016	18	0,45	0,11	±1,96	Artış Eğilimi
	1963-2016	54	0,54	3,97	±1,96	Artış Eğilimi
Heyelan	1963-1979	17	-0,20	-0,82	±1,96	Azalan Eğilim
	1980-1996	17	-0,61	-2,47	±1,96	Azalan Eğilim
	1997-2013	17	-2,93	-11,72	±1,96	Azalan Eğilim
	1963-2013	51	0,50	3,59	±1,96	Artış Eğilimi
Kaya Düşmesi	1972-1990	19	0,59	2,53	±1,96	Artış Eğilimi
	1991-2009	19	0,80	3,43	±1,96	Artış Eğilimi
	1972-2009	38	0,70	4,28	±1,96	Artış Eğilim
Çığ	1989-2006	18	0,60	2,48	±1,96	Artış Eğilim



Şekil 5: Ağrı ilinde meydana gelen sel ve taşkınların mekânsal yoğunluk haritası.

Figure 5: Spatial density map of torrent and floods occurring in Ağrı province.

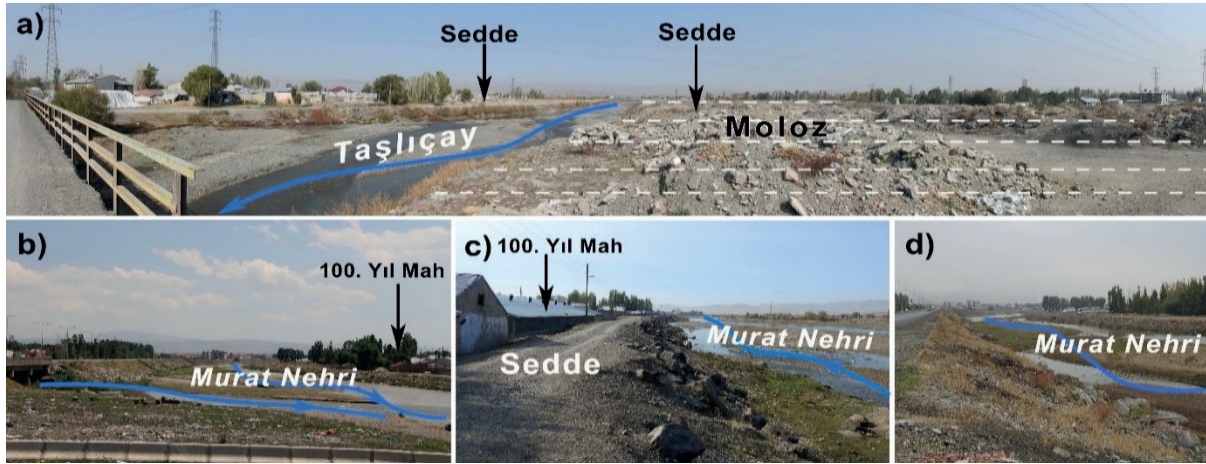


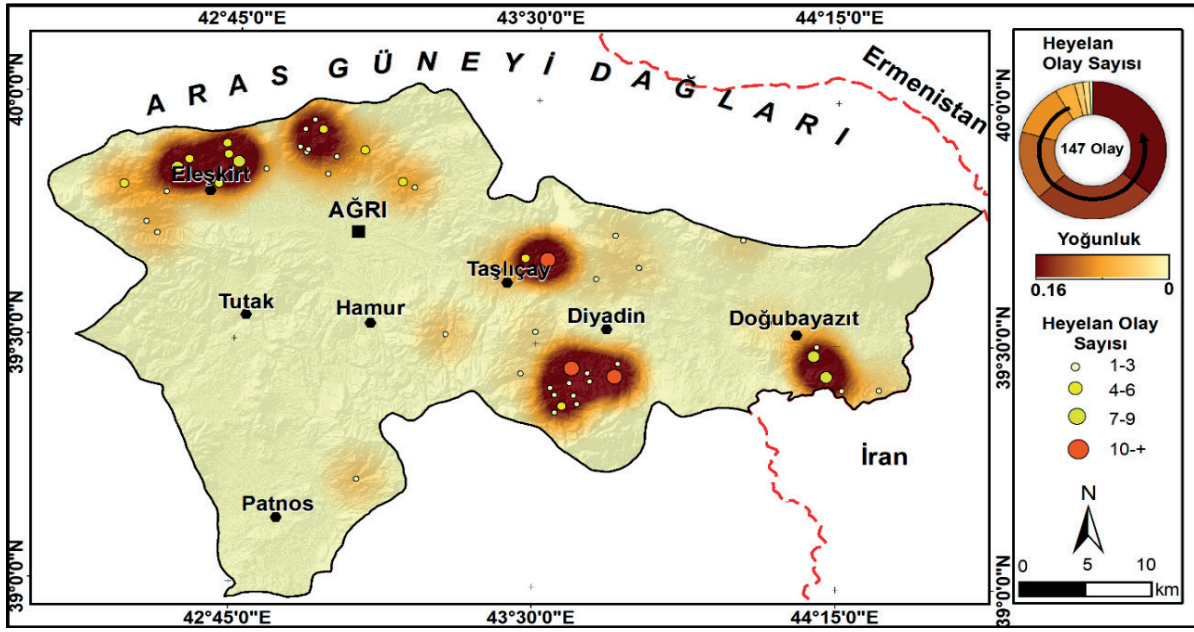
Foto 2: Ağrı şehri etrafındaki taşkın durumları. a) Taşlıçay nehrinin seddeleri aşılması durumunda şehrin büyük bölümü etkilenecektir. b) Murat Nehri çevresindeki setlerin büyük taşkınlarda aşılacağı düşünülmektedir. c) 100. Yıl Mah. Sedde. d) Murat Nehri.

Photo 2: In the event that the sets built around Taşlıçay, which affects the city of Ağrı, are exceeded in a possible floods, a large part of the city will be affected. It is thought that the sets built around the Murat River in the south of the city of Ağrı will also be overcome in large floods (a, b, c). Because these sets were built after 2000 to protect the housing in the stream beds.

Taşlıçay'ın kuzeyi, Diyadin ve Doğubayazıt'ın güney-güneydoğusunda Yığınçal, Dostali, Üzengili, Gürbulak, Göller ve Seslitaş köyleri heyelan yoğunluğunun arttığı diğer önemli alanlardır (Şekil 6).

Ağrı il genelinde yaşanan ve kütle hareketleri kapsamında kalan kaya düşmeleri, Diyadin ve Hamur ilçelerinin güneyi ve Eleşkirt çevresinde yoğunluk kazanmaktadır (Şekil 7).

İl genelinde kayıtlara geçmiş toplam 40 kaya düşmesi afeti bulunmaktadır. Sayı düşük gibi görüle de sık yaşanmayan bir afet için rakam yine de yüksektir. Özellikle Eleşkirt'in Güneykaya, Dalkılıç, Ramazan ve Kayayolu köyleri, Diyadin'de ise Çetinsu, Sarıköy, Somkaya ve Gedik köylerinde kaya düşmeleri sık yaşanmaktadır. Ayrıca kaya düşmeleri Doğubayazıt'ın yer değiştirmesinde etkili olmuştur (Foto 3c). Ağrı ili coğrafi konumu ve ortalama yükseltisinin fazla olması



Şekil 6: Ağrı ilinde meydana gelen heyelanların mekânsal yoğunluk haritası.

Figure 6: Spatial density map of landslides occurring in Ağrı province.

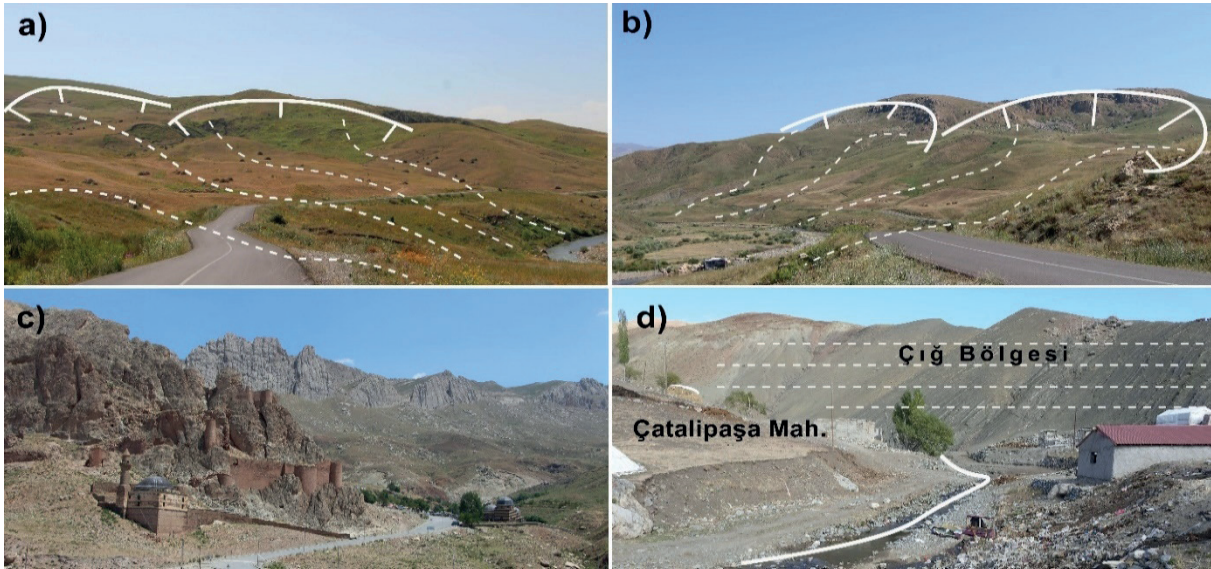
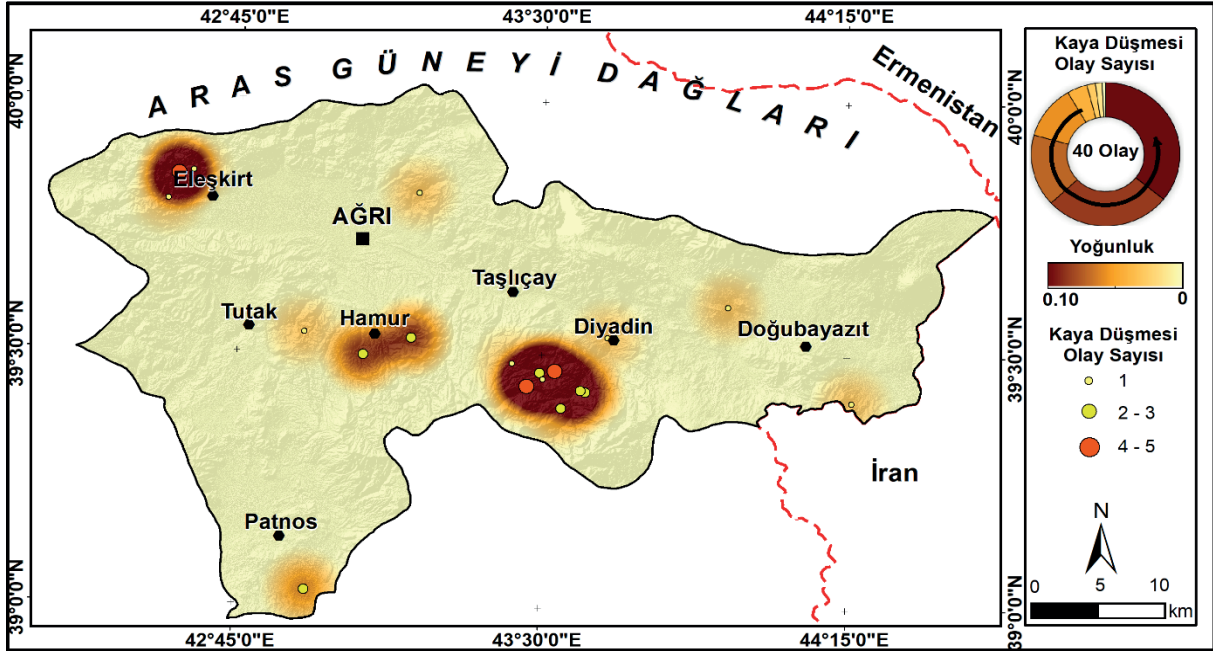


Foto 3: Ağrı şehri kuzeyinde Goncalı, Söğütlü ve Sarıca çevresinde görülen ve ulaşım yollarını etkileyen heyelanlar (a, b). Doğubayazıt güneyinde eski yerleşme güneyindeki yamaçlarda yaşanan kaya düşmeleri (c), Ağrı güneyinde Çatalipaşa Mahallesi güneyindeki çığ bölgesi.

Photo 3: Landslides in the north of Ağrı city environment Goncalı, Söğütlü and Sarıca and affecting the roads (a, b). Rock falls on the slopes of the old settlement south of Doğubayazıt (c). Avalanche zone in the south of Çatalipaşa District, south of Ağrı.

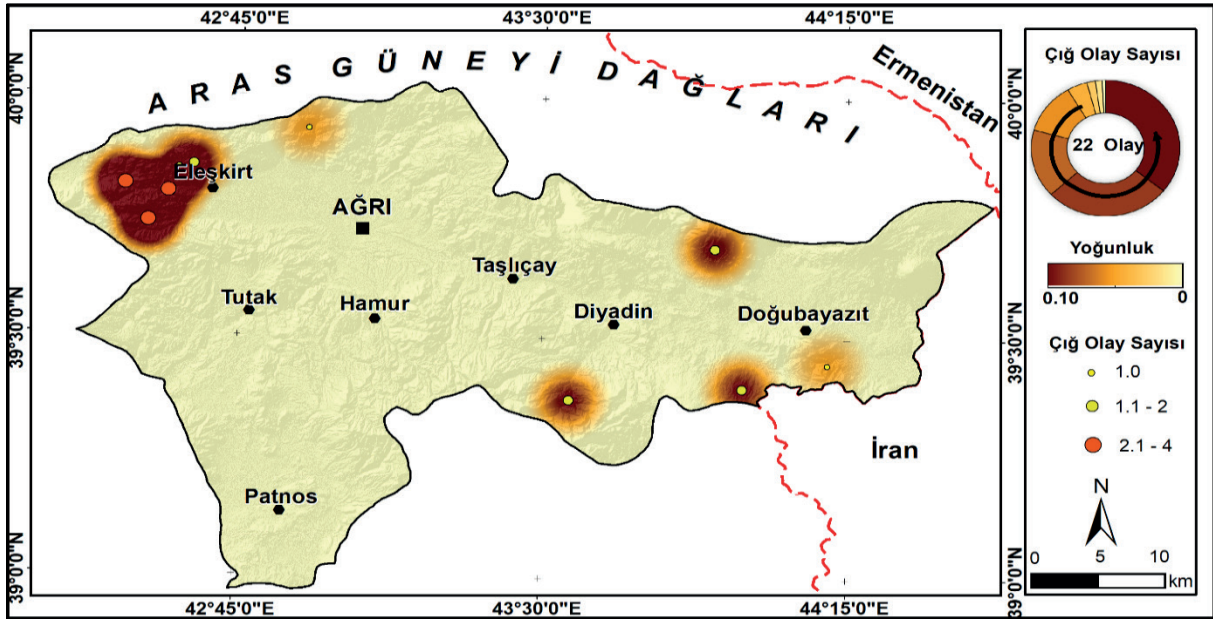
nedeniyle Türkiye’de en fazla kar yağışı alan ildir. Kar kalınlığı uzun yıllar ortalama 59 cm olup yüksek alanlarda bu değer artmaktadır. Kar yağışının arttığı yüksek eğimli yamaçlarda çığ olayları yaşanmaktadır (**Foto 3d**). Ağrı ilinde çığ oluşumunda kar yağışı ve eğim ile birlikte bitki örtüsünün tahribi ve diğer coğrafi faktörler etkili olmaktadır. Yoğunluk analizine göre Eleşkirt, Hamur ve Diyadin çevresinde çığ yoğunluğunun arttığı görülmektedir (**Şekil 8**).

Aşırı kar yağışının görüldüğü her yıl Ağrı ilinde etkili çığ afeti yaşanmaktadır. 6 Mart 2004’de Doğubayazıt Somkaya köyünde meydana gelen çığda 7 kişi hayatını kaybetmiştir. Son olarak Şubat 2020’de Hamur-Tutak ilçeleri arasında meydana gelen çığ, yolun trafiğe kapanmasına neden olarak çok sayıda aracın mahsur kalmasına neden olmuştur.



Şekil 7: Ağrı ilinde meydana gelen kaya düşmelerinin mekânsal yoğunluk haritası.

Figure 7: Spatial density map of rock falls occurring in Ağrı province.

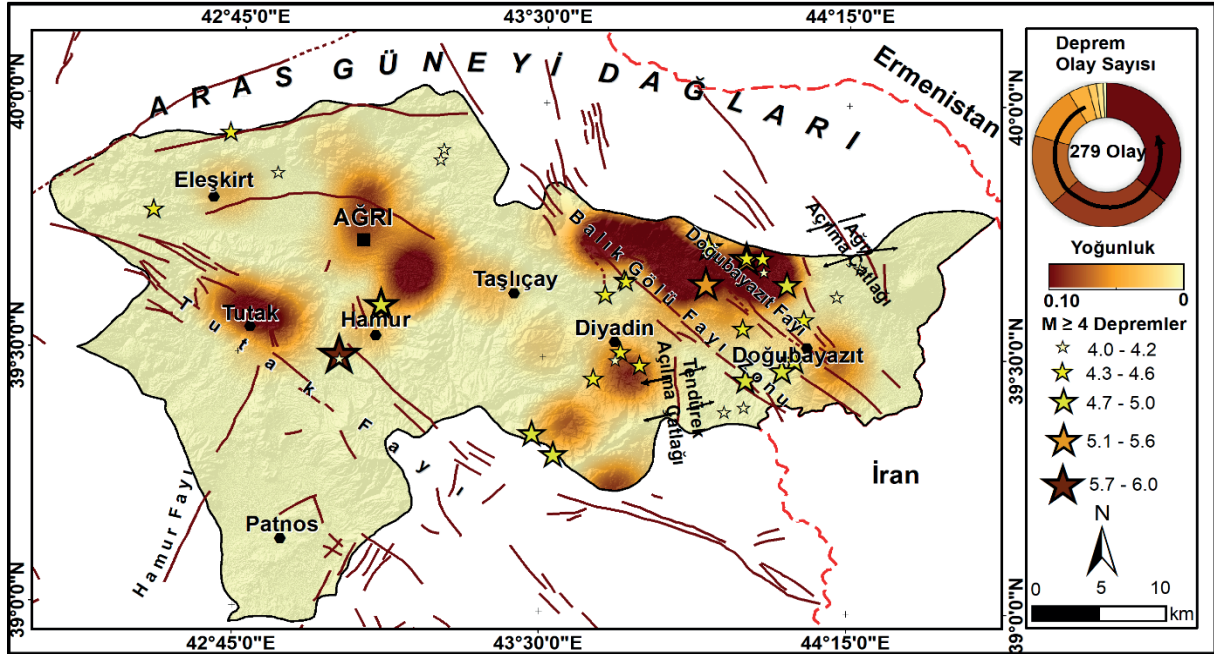


Şekil 8: Ağrı ilinde meydana gelen çığların mekânsal yoğunluk haritası.

Figure 8: Spatial density map of avalanches occurring in Ağrı province.

Ağrı ili genelinde Tutak, Balıkgölü ve Doğubayazıt fay zonları boyunca depremler yaşanmaktadır (Şekil 9). Bu faylar birkaç yüz metre ile 8 km genişliğinde, birden fazla paralel ve yarı paralel fay segmentlerinden oluşan makaslama zonları şeklinde gelişmiş faylardır (Tapan vd., 2005). Ağrı ilinde tarihsel döneme ait MÖ 869'daki Digor (Kars) depremi, 1647 yılında Doğubayazıt-Van depremi ve 30 Mayıs 1664 tarihindeki Eleşkirt depremi olmak üzere kayıtlara geçen 3 büyük deprem

yaşanmıştır. Bölge genelini etkileyen bu depremlerde kayıtlara geçen can ve kayıpları bulunmamaktadır. Bu durum üzerinde zemin özelliklerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Ağrı Eleşkirt Ovası çevresinde andezit ve aglomeralar yüzeylemekte olup bu litoloji deprem için sağlam zemin özelliği göstermektedir. Koçyiğit'e (1983) göre bu tip kayaların olduğu zeminlerde depremin zarar verme olasılığı azalmaktadır. Buna örnek olarak da 1983 yılındaki 7,1 büyüklüğünde Horasan-Narman



Şekil 9: Ağrı ilinde meydana gelen depremlerin mekânsal yoğunluk haritası (Emre vd., 2012 a, b).

Figure 9: Spatial intensity map of earthquakes occurring in Ağrı province.

depreminde can ve mal kaybının olmayışı gösterilmiştir. Aletsel dönemde (1900-2018 yılları arasında) Ağrı ili ve çevresinde 5-5,9 arasında 4 adet, 6-6,9 arasındaki 4 adet şiddetli deprem, 7-7,9 arasında 2 adet çok şiddetli deprem meydana gelmiştir. Bunlardan en fazla can ve mal kaybının yaşandığı deprem 1976 yılındaki 7,5 büyüklüğündeki Van depremidir. Bu depremde 9,232 bina hasar görmüş ve 3,840 can kaybı yaşanmıştır (Eyidoğan vd., 1991; **Tablo 5**).

Analiz sonuçlarına göre Ağrı ili sınırlarında yaşanan 4'den büyük depremlerin mekânsal dağılımları ile fay zonları arasında bire bir ilişki görülmektedir (**Şekil 9**). Depremlerin şiddeti düşük olsa da kırsal alanlarda taş malzemenin kullanıldığı yapılarda deprem hasarı yüksek çıkmıştır. Ancak son yıllarda kırsal alanlarda dâhil olmak üzere sağlam yapıların yapılması bu riski azaltmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada üç farklı veri tabanının afet verileri analiz edilerek, afet tiplerinin eğilimi, zamansal ve mekânsal analizleri yapılmıştır. Parametrik olmayan korelasyon analiz sonuçlarına göre Ağrı ilinde 1955-2017 yılları arasındaki doğal afetlerde artış eğilimi belirlenmiştir. Afetlerde sayısı ve afetin etkilediği alana göre Ağrı ilinde meydana gelen doğal afetlerden a) sel ve taşkınlar ve depremler büyük afet, b) heyelan ve kaya düşmesi orta büyüklükteki afet ve c) Çığ afeti küçük afet sınıfında kalmaktadır.

Ağrı ili afet verilerine göre 1963-2016 yılları arasında sel-taşkın olaylarının sıklık ortalaması ise 8.43 olup son 20 yıldaki sel ve taşkın olaylarının sıklığı, önceki 40 yıldan daha yüksek çıkmıştır. İlde en fazla sel ve taşkın Mayıs ve Ağustos aylarında

Tablo 5: Ağrı İli ve Çevresindeki Aletsel Dönemde Yaşanan Önemli Depremleri.
Table 5: Major earthquakes in the instrumental period in Ağrı province and its surroundings.

Merkez üssü	Tarih	Aletsel Büyüklüğü	Can ve Mal Kaybı
Eleşkirt ve Çevresi	13.09.1924	6,3	Kayıt yok
Doğubayazıt	1935	6,2	200 can kaybı
Eleşkirt ve Çevresi	10.09.1941	6	Kayıt yok
Eleşkirt ve Çevresi	29.10.1959	6,2	Kayıt yok
Eleşkirt ve Çevresi	07.03.1966	5,5	Kayıt yok
Eleşkirt ve Çevresi	19.08.1966	5,8	Kayıt yok
Eleşkirt ve Çevresi	07.03.1966	5,5	Kayıt yok
Van (Muradiye)	24.11.1976	7,5	9232 Ağır hasarlı bina 3840 Can kaybı
Horosan-Narman	30.10.1983	7,1	Kayıt yok
Doğubayazıt	02.07.2004	5,0	531 Bina ağır hasarlı

Kaynak: Url 2

meydana gelmiştir. Mayıs ayındaki artış kar erimeleri ve yağış artışı, ağustos ayındaki artış ise yaz mevsimindeki şiddetli sağanak yağışlara bağlıdır. İl genelinde 1955-2017 arasındaki 955 doğal afetin 547'sinin sel ve taşkından oluşması yerleşme alanlarının yüksek riskli alanlara kurulduğunu göstermektedir. Ağrı ve Doğubayazıt şehirleri bu olumsuz durumun en çarpıcı örneğidir.

Ağrı ili genelinde yaşanan heyelanlar kırsal yerleşmeler üzerinde etkili olarak yerleşmelerin yer değiştirmesine neden olmuştur. Jeofizik, jeomorfolojik ve iklim özelliklerinin etkili olduğu heyelanlar ilkbahar mevsimindeki kar erimeleri ve yağışlarla tetiklenmektedir. Heyelan analiz sonuçlarına göre il genelinde 1996 yılına kadar azalan, bu tarihten sonra artan eğilim belirlenmiştir. Kaya düşmesi genellikle volkanikler özellikle de bazaltların geniş alan kapladığı alanlarda görülmekte olup kırsal yerleşmeler üzerinde etkili olmaktadır. İl genelinde yaşanan kaya düşmeleri üzerinde jeofizik ve jeomorfolojik özellikler ile birlikte karasal iklimin etkileri belirgindir.

Ağrı ilinin jeofizik, jeomorfolojik, meteorolojik-klimatolojik, hidrografik ve bitki özellikleri, doğal afetlerin mekânsal dağılımı üzerinde etkili olmaktadır. Bu Fiziki Coğrafya faktörleri dışında son yıllarda kırsal yerleşmelerin plansız olarak büyümesi, nüfus yoğunluğunun artışı ve küresel iklim değişikliği afetlerin mekânsal dağılışı üzerinde etkili olmaya başlamıştır. Afetlerin dağlık alanlardan ovaya geçişlerde, dar vadilerde ve fay zonlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Bunlarla birlikte il genelinde son 20 yılda bütün afet tiplerinde artan eğilim belirlenmiştir.

Türkiye genelinde son yıllarda doğal afetlerin yaşanma sıklığındaki artış ile birlikte can ve mal kayıpları da artmıştır. Doğal afetlerin fazla can ve mal kaybına neden olması bu olayın öncelikli çözülmesi gereken sorunlar arasında olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda Türkiye genelinde yeni gündeme gelen İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP) idari sınırlara esas alınarak afet eğilim analizlerine göre şekillendirilmelidir. Bu çalışmada kullanılan yöntemlerin İRAP'ların hazırlanmasında, planlamada ve afet risklerinin azaltılmasında önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür: Bu makale Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) Koordinasyon Birimi tarafından İSBF.19.01. nolu proje kapsamında hazırlanmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- M.S, A.T.; Veri Toplama- M.S, A.T.; Veri Analizi/Yorumlama- M.S, A.T.; Yazı Taslağı- M.S, A.T.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- M.S, A.T.; Son Onay ve Sorumluluk- M.S, A.T.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi (FÜBAP) tarafından desteklenmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception/Design of Study- M.S, A.T.; Data Acquisition- M.S, A.T.; Data Analysis/Interpretation- M.S, A.T.; Drafting Manuscript- M.S, A.T.; Critical Revision of Manuscript- M.S, A.T.; Final Approval and Accountability- M.S, A.T.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Grant Support: This study was supported by Fırat University Scientific Research Unit (FÜBAP).

KAYNAKÇA/REFERENCES

- Afet İşleri Genel Müdürlüğü (AFAD). (2008). *Çığ El Kitabı* Türkiye Ulusal Afet Arşiv Sistemi-TUAAS. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- Akyürek, Ö. ve Arslan, O. (2018). Kocaeli İli ve Çevresinde (1900-2016) Yılları Arasında Gerçekleşen Tarihsel Depremlerin Konumsal İstatistik Analizi. *Geomatik Dergisi Journal of Geomatics* ISSN: 2564-6761
- Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., ... ve Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111(D5): D05109.
- Bakak, Ö. (2016). 2005 Sığacık Körfezi (İzmir) Depremlerinin Mekânsal Değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 37(1), 51–63.
- Below, R., Wirtz, A., & Guha-Sapir, D. (2009). *Disaster category classification and peril terminology for operational purposes* (No. UCL-Université Catholique de Louvain) Brussels Common accord Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) and Munich Reinsurance Company (Munich RE).
- Bin, P., Haiyan, Z., & Peng, H. vd. (2009). *Natural Disaster Mitigation: A Scientific and Practical Approach*. Science Press, Beijing.
- Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., & Caesar, J. (2013). Global land-based datasets for monitoring climatic extremes. *Bull Am Meteorol Soc*, 94, 997–1006. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00109.1>
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H. ve Olgun, Ş. (2012a) 1/250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi Ağrı (NJ 38-1) Paftası. Seri No: 51, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Özalp, S. (2012b) 1/250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi Ağrı (NJ 38-2) Paftası. Seri No: 54, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku Z., ve Değirmenci E. (1991). *Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900-1988)*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul
- Gad-el-Hak, M. (2008). Introduction. In M. Gad-el-Hak (Ed.), *Large-Scale Disasters: Prediction, Control, and Mitigation* (pp. 1-4). Cambridge: Cambridge University Press.

- Gad-el-Hak, M. (2009). The art and science of large-scale disasters. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, 3–34.
- Girgin, M. (1991). *Eleşkirt Ovası ve Çevresinin Fiziki Coğrafyası*. (Doktora Tezi) Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Gümüş, V. (2006). *Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi İle Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- He, J., Yang, X., Li, Z., Zhang, X., & Tang, Q. (2016). Spatiotemporal Variations of Meteorological Droughts in China During 1961–2014 *An Investigation Based on Multi-Threshold Identification*. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7(1), 63–76. <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0083-8>
- Hristidis, V., Chen, S. C., Li, T., Luis, S., & Deng, Y. (2010). Survey of data management and analysis in disaster situations. *Journal of Systems and Software*, 83(10), 1701–1714. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2010.04.065>
- Huseynova T. (2019). *Azerbaycan'da Meydana Gelen Depremlerin Mekânsal İstatiksel Analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- İçağa, Y. (1994). *Analysis of Trends in Water Quality Using Nonparametric Methods* (Yüksek Lisans Tezi) Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kahya, E., & Kalaycı, S. (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289(1-4), 128–144.
- Kaya, F. (2011). Türkiye'de Yeri Değiştirilen Şehirlere Bir Örnek: Doğubayazıt. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 7(7), 69–88.
- Kaya, F. (2001). *Ağrı Ovası ve Çevresinin Coğrafi Etüdü* (Doktora Tezi) Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Kendall, M. G. (1948). Rank correlation methods. Griffin, London
- Kendall, M. G. (1975). Rank correlation methods. Griffin, London
- Kelman, I. (2008). Addressing the root causes of large-scale disasters. In M. Gad-el-Hak (Ed.), *Large-Scale Disasters: Prediction, Control, and Mitigation* (pp. 94-119). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511535963.006
- Kızıloğlu, F. M., Okuroğlu, M. ve Örüng, İ. (2006). Kırsal Yerleşmeler ve Doğal Afetler, Gazi Osman Paşa Üniversitesi, *Ziraat Dergisi*, 23(2), 53–58.
- Koç, G., & Thieken, A. H. (2016). *Societal and economic impacts of flood hazards in Turkey-an overview*. In E3S Web of Conferences (Vol. 7). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160705012>
- Koçyiğit, A. (1983). Doğu Anadolu Bölgesi'nin Depremselliği ve Gerekli Çalışmalar. *Yeryuvarı ve İnsan*. 8/3. s.23-30. Ankara.
- Lin, Q., & Wang, Y. (2018). Spatial and temporal analysis of a fatal landslide inventory in China from 1950 to 2016. *Landslides*, 15(12), 2357–2372. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-1037-6>
- Löw, P., & Wirtz, A. (2010). Structure and needs of global loss databases of natural disasters. *International Disaster and Risk Conference IDRC*, Davos, Switzerland, 1–4.
- Mann, H., B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259.
- McGuire, B. ve Kilburn, C. (2001). *Natural Hazards and Environmental Change* (Key Issues in Environmental Change) 1st Edition, Co-published in the United States of America by Oxford University Press Inc., New York, <http://www.arnoldpublishers.com>
- Peterson, T. C., Zhang, X., Brunet-India, M., & Vázquez-Aguirre, J. L. (2008). Changes in North American extremes derived from daily weather data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D7), D07113 Quality Data of Rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*. 37.
- Saplıoğlu, K. ve Çoban, E. (2013) *Karadeniz Bölgesi Yağış Serilerinin Trend Analizi*. VII. Ulusal Hidroloji Kongresi 26 - 27 Eylül 2013, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta Bildiri Kitabı <https://www.researchgate.net/publication/271510337>
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J Am Stat Assoc*, 63, 1379–1389.
- Shahid, S. (2011). Trends in extreme rainfall events of Bangladesh. *Theor Appl Climatol*, 104(3-4), 489–499. <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0363-y>
- Silverman, B. W. (1986). Density Estimation for Statistics and Data Analysis. *New York: Chapman and Hall*, 1986.
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y. (1981). Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Ögeler, Jeomorfoloji, Tetonik, Volkanizma İlişkileri. *TJK Bülteni*. 24/2, Sayfa: 39-50 Ankara.
- Tapan, T., Özvan, A. ve Şengül, A. (2005). *Temmuz 2004 Doğubayazıt Depremi Yer – Yapı İlişkisi ve Yaşanan Kayıplar*. Deprem Sempozyumu Kocaeli 23-25 Mart 2005.
- Tercan, B. (2008). *Afet Bölgelerinde Yeniden Yerleştirme ve İskân Politikaları: Doğubayazıt Afetinde Yerleşim Alanları Uygulama Örneği*, (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Theil, H. (1950). A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. *Indagationes Mathematicae*, 12(85), 173.
- Tongal, H. (2012). The examination of nonlinearity, stochasticity and uncertainty properties of streamflows with the mathematical based methods. *Natural and Applied Sciences*, Süleyman Demirel Üniversitesi. Isparta, Turkey.
- Toprak, A. ve Sunkar, M. (2019 a). *Ağrı-Eleşkirt Ovası'nda Görülen Sel ve Taşkınların Mekânsal Dağılışı ve Yoğunluk Analizi*. 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Kongre Bildiriler Kitabı DOI: 10.26650/PB/PS12.2019.002.005.
- Toprak, A. ve Sunkar, M. (2019 b). Ağrı ve Doğubayazıt Havzalarında Meydana Gelen Doğal Afetlerin Mekânsal Dağılımı ve Analizi. *V. Uluslararası Ağrı Dağı Ve Nuh'un Gemisi Sempozyumu Kitapçığı* 16-18 Ekim 2019, Ağrı
- Toprak, A. (2021). *Ağrı ve Doğubayazıt Havzalarında Coğrafi Faktörlerin Sel ve Taşkın Oluşumundaki Etkisi ve Taşkın Risk Analizleri* (Doktora Tezi) Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Yu, Y. S., Zou, S., & Whittemore, D. (1993). Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150(1), 61–80.

Yue, S., & Wang, C. Y. (2002). The influence of serial correlation on the Mann–Whitney test for detecting a shift in median. *Advances in water resources*, 25(3), 325–333.

Yükseler, U., Dursun, Ö. ve Alashan, S. (2021). Yağışların Mevsimsel Değişimlerinin Eğilim Analiz Yöntemleri İle Araştırılması: Bingöl İli Örneği. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 8(1), 45–59 . DOI: 10.31202/ecjse.769918

Wickramaratne, S. (2010). *Design and Analysis of Tsunami Warning and Evacuation Systems*.(PhD Thesis) University of Calgary, <http://dx.doi.org/10.11575/PRISM/13968>

İnternet Kaynakları

Url 1. <https://www.emdat.be/>

Url 2. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/sayisal-veriler/>

