



Kars kentinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların CBS tabanlı AHP analizlerine dayalı olarak belirlenmesi

Mucip Demir ^{*1}, Namık Tanfer Altaş ²

¹ Kafkas Üniversitesi, Dede Korkut Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilgiler Eğitimi Bölümü, Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı, Türkiye, mucipdemir@hotmail.com

² Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilgiler Eğitimi Bölümü, Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı, Türkiye, ntanfer@atauni.edu.tr

Kaynak Göster: Demir, M., & Altaş, N. T. (2024). Kars kentinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların CBS tabanlı AHP analizlerine dayalı olarak belirlenmesi. *Geomatik*, 9 (1), 123-140

<https://doi.org/10.29128/geomatik.1375650>

Anahtar Kelimeler

Deprem
Deprem Hasar Riski
GIS
AHP
Kars

Araştırma Makalesi

Geliş: 13.10.2023
Revize: 27.10.2023
Kabul: 09.11.2023
Yayınlanma: 05.02.2024



Öz

Dünya ve Türkiye'nin birçok yerinde meydana gelebilecek depremlerdeki olası kayıpların önlenmesine yönelik tedbirler alınması için deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların ve bu alanlara ait özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak son yıllarda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak Kars kenti belediyesi idari sınırları dâhilindeki deprem hasar risk potansiyeli taşıyan sahaların ve bu sahalarla ait özelliklerin mekânsal olarak tespit edilmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın veri analiz aşamasında, araştırma kriterlerinin ağırlık değerlerinin belirlenmesi amacıyla AHP ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Elde edilen ağırlık değerlerinin kullanılmasıyla CBS yazılımı üzerinde Weighted Overlay analizi yapılarak araştırma sahasında deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlar haritalandırılarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, 7152 km² alana sahip Kars kentindeki toplam arazi varlığının %'51,5'ini oluşturan kısmının deprem hasar risk potansiyeli taşıdığı belirlenmiş olup bu özellikteki arazilerin başta Gölyeri ve Paşaçayırı mahallerinde yoğunlaştığı anlaşılmıştır.

Determination of areas with earthquake damage risk potential in Kars city based on GIS-based AHP analysis

Keywords

Earthquake
Earthquake Damage Risk
GIS
AHP
Kars

Research Article

Received: 13.10.2023
Revised: 27.10.2023
Accepted: 09.11.2023
Published: 05.02.2024

Abstract

In order to take measures to prevent possible losses in earthquakes that may occur in many parts of the world and Türkiye, it is necessary to determine the areas with earthquake damage risk potential and their characteristics. For this purpose, the use of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods has become increasingly important in recent years. In this study, it is aimed to spatially determine the areas with earthquake damage risk potential within the administrative borders of Kars city municipality and their features by using the Analytical Hierarchy Process (AHP), one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods based on Geographic Information Systems (GIS). In the data analysis phase of the study, AHP pairwise comparisons were made in order to determine the weight values of the research criteria. By using the weight values obtained, Weighted Overlay analysis was performed on the GIS software and the areas with earthquake damage potential in the research area were mapped and determined. As a result of the study, it was determined that 51.5% of Kars city, which has an area of 7152 km², has earthquake damage risk potential, and it has been understood that the lands with this feature are mainly concentrated in Gölyeri and Paşaçayırı.

1. Giriş

Deprem, Dünya'nın kayalardan oluşan kabuğunun hızlı hareketinden kaynaklanan yüzey sarsıntısı olarak tanımlanmaktadır (Hoşgören, 1993). Depremler insanlığı varoluşundan bu yana etkileyen en önemli doğal olaylardan biri olup çok büyük miktarlarda telafi edilemeyecek can kaybına neden olmaktadır.

Dünya genelinde depremlere büyük oranda genç oluşumlu alanlar maruz kalmaktadır (Hoşgören, 1993). Bu alanlar;

1. Pasifik Sismik Kuşağı: Büyük okyanus ve çevresinde bulunan Asya kıtasında Japonya, Kore, Filipinler Çin kıyıları, Amerika kıtasında ABD batı kıyıları, Meksika, güney Şili ve Peru gibi ülkeleri kapsamaktadır. Dünya üzerinde bir yıl içinde meydana gelen tüm sarsıntıların % 81'inin bu alanda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

2. Alp-Himalaya Sismik Kuşağı: İspanya'dan başlayarak doğu yönünde kuzey Akdeniz kıyılarındaki Fransa, İtalya Yunanistan Türkiye İran Pakistan, kuzey Hindistan gibi ülkeleri kapsayarak büyük okyanusa uzanmaktadır. Dünya üzerinde bir yıl içindeki tüm sarsıntıların % 17'sinin bu kuşakta gerçekleştiği tespit edilmiştir.

3. Atlantik Ortası Sismik Kuşağı: Atlantik okyanusu ortasında kuzey güney yönünde uzanan bu kuşakta İzlanda yer almaktadır (Aydm ve Sağdıç, 2020).

Dünya genelinde bahsi geçen sahalarda 1900 yılından itibaren meydana gelen 1350 depremde 857.246 insan ölüp milyonlarca insan yaralanırken çok büyük ekonomik kayıp oluşmuştur (USGS, 2023).

Dünyanın genç oluşumlu alanlarında Anadolu yarımadası üzerinde bulunan Türkiye'de ise Avrasya, Afrika ve Arabistan levhalarının arasında Alp-Himalaya sismik kuşağının yakınsama-sıkışma sahasında bulunması nedeniyle önemli miktarda fay oluşmuş olup bu fayların büyük kısmının aktif olması nedeniyle en eski dönemlerden günümüze kadar sürekli olarak depremler meydana gelmektedir. Bu nedenle Türkiye dünyanın en büyük deprem tehlikesi altında bulunan ülkeleri arasında yer almaktadır (Hoşgören, 1993).

Türkiye'de depremlere en çok Batı Anadolu, Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fay zonlarında bulunan alanlar maruz kalmaktadır. Türkiye Deprem Tehlike Haritası 2023 yılı verilerine göre 781.953 km yüzölçümüne sahip ülkemizin %92'si ve 85.279.553 olan nüfusumuzun % 95'i doğrudan deprem tehlikesi altında bulunmaktadır (AFAD, 2023).

Türkiye'de çoğu bahsi geçen alanlarda olmak üzere 1900 yılından bugüne kadar geçen sürede 143 büyük deprem meydana gelmiş bu depremlerde 142.528 vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Bu depremlerden sonuncusu ve en büyük etkiye sahip olanları 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş, Pazarcık merkezli olarak 7,8 M_w ($\pm 0,1$) ve Kahramanmaraş Elbistan merkezli olarak 7,5 M_w büyüklüklerinde meydana gelmiştir. Bu iki ana deprem ve sonrasında meydana gelen artçı depremlerden Kahramanmaraş ve çevresindeki 10 il ve 13,500.000 kişi etkilenmiştir. Depremler sonucunda toplam 59.259 kişi hayatını kaybederken 107,204 kişi yaralanmıştır Depremlerde 507,000 bağımsız bölümden oluşan 227,000 binanın

yıkık, acil yıkılacak ve ağır hasarlı duruma gelirken 2,7 milyona yakın kişi evsiz kalmıştır (AFAD, 2023).

Dünya ve Türkiye'nin birçok yerinde meydana gelen depremlerde telafi edilemeyecek düzeyde can ve mal kayıpları meydana gelmektedir. Bu nedenle yerleşim yeri seçimi ve planlanmasında olası depremlerde meydana gelebilecek kayıpların önlenmesine yönelik tedbirler alınması için deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların ve özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir (Kuşçu ve ark., 2019). Buna rağmen yerleşim alanlarının deprem risk potansiyelinin belirlenmesine, etki eden çok fazla, farklı tercih unsuru ve kriteri bulunması nedeniyle bu alanların belirlenmesi, oldukça karmaşık ve analizi güç bir mekânsal karar alma problemi dizisi oluşturmaktadır. Bu problem dizisinin çözülmesi ve deprem hasar risk potansiyelinin düşük olabileceği optimum koşullara sahip yerleşim alanlarının belirlenmesi için son yıllarda CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri tercih edilmektedir (Al-Garni ve Awasthi, 2017).

Türkiye'nin depremsellik bakımından oldukça aktif alanlarından Kuzeydoğu Anadolu'da yer alan Kars kentinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların mekânsal dağılımı ve risk düzeyinin tespitine yönelik olarak literatürde CBS tabanlı ÇKKV yöntemlerine dayalı olarak henüz bir çalışma mevcut değildir. Bu çalışmayla farklı bilim disiplinleri ilgi alanında bulunan deprem hasar risk potansiyeli kriterlerinin CBS tabanlı ÇKKV yöntemleri, kullanılarak bütüncül şekilde analiz edilmesiyle Kars kentinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarının gerek Kars kentinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesi, gerek olası depremler için afet yönetim planları hazırlanması gerekse daha sonra yapılacak bilimsel çalışmalar için öncül bilgi seti oluşturarak faydalılık sağlayacağı değerlendirilmektedir.

ÇKKV yöntemlerinde, belirlenmiş bir hedefe yönelik, birbirine bağımlı fakat birbirinden farklı kriterler arasındaki ilişkilere dayalı olarak analizler yapılmaktadır. Bu şekilde teknik, bir dizi alternatifini derecelendirmek, sıralamak veya bir dizi alternatif içinde en iyi veya en uygun çözümlenmeyi yaparak optimum sonuçlar elde edilebilmektedir (Köksalan, ve ark., 2011).

ÇKKV, birçok alanda ortaya çıkan karmaşık problemlerin çözüm sürecinde oldukça fazla kriteri dikkate alarak en iyi alternatifini belirlemeyi amaçlayan temel karar verme yöntemleri dizisidir. ÇKKV yöntemleri optimum bir çözüme ulaşmak için, karar verenlerin tercihlerine dayalı olarak yapılandırma, karar verme ve planlama adımları için kullanılır (Taherdoost, & Madanchian, 2023; Coşkun, & Toprak, 2023; Sarı, & Sen, 2017; Yemenicioglu, ve ark., 2016; Yılmaz, ve ark., 2023).

Deprem hasar risk potansiyel araştırmalarında ÇKKV yöntemlerinden Coğrafi Bilgi Sistemleriyle bütünlükte birlikte kullanılabilen; Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP) Çok Boyutlu Tercih Analizi için Linear programlama (LINMAP), Çok Nitelikli Fayda Teorisi yöntemi (MAUT), İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği (TOPSIS) ve Eleme Seçim Çeviri Gerçekliği (ELECTRE) gibi yöntemler tercih edilmektedir (Al-Garni ve Awasthi, 2017).

Kars kentinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada, araştırma yönteminin belirlenmesine yönelik yapılan literatür incelemeleri sonucunda; adı geçen diğer ÇKKV yöntemlerine göre; aşağıdaki nedenlerle Analytic Hierarchy Prosesi (AHP), yöntemi kullanılmasına karar verilmiştir.

- Daha yüksek esneklik ve önemli bir tanımlama kapasitesi göstermesi,
- Karar problemlerini hiyerarşik kriter kategorileri halinde yeniden yapılandırıp sorunu oluşturan her bir ögeye göreceli önem vermesi,
- Objektif ve subjektif değerlendirmeleri analize dahil ederken bunların tutarlılığını doğrulaması ve karar verme sürecindeki potansiyel önyargıları azaltması,
- Bireysel ikili karşılaştırmaların geometrik ortalaması yoluyla grup karar verme problemlerini analiz edebilmesi,
- Ölçek üretme kapasitesi nedeniyle riskli ve belirsiz durumları kolaylıkla açıklayabilmesi, (Tavana ve ark, 2023).

AHP, (Saaty, 1980) tarafından geliştirilmiş olup halen çok girdili ve kriterli karmaşık karar alama problemlerinin karar önceliğinin belirlenmesi ve efektif olarak çözülmesinde kullanılan en yaygın çok kriterli karar verme yöntemidir.

AHP, karar vericinin yargısına dayalı olarak, belirli bir dizi alternatif için göreceli öncelikleri bir oran ölçeğinde ölçmeyi amaçlar ve bir karar vericinin sezgisel yargılarının yanı sıra alternatiflerin karşılaştırmasının tutarlılığının önemini vurgular. Karar verme sürecinde, bir karar verici, yargılarını bilgi ve deneyime dayandırıp buna göre karar verdiğinden, AHP yaklaşımı karar vericinin davranışıyla iyi uyum sağlar (Al Harbi, 2001).

2. Amaç, veri ve yöntem

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) analizlerine dayalı olarak Kars kentindeki deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların mekânsal dağılımının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada hiyerarşik sırasıyla;

- Ön literatür araştırmalarından elde edilen sonuçlar doğrultusunda çalışma yöntemi olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi seçilmiştir.
- Çalışmanın ana amacı doğrultusunda yapılacak CBS analizleri için Kars Belediyesi, Kars AFAD İl Müdürlüğü ve Kars Kadastro İl Müdürlüğü gibi devlet kuruluşlarından sayısal veri setleri elde edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Araştırma verileri ve kaynakları.

Kriter	Veri Seti	Dosya Tipi	Veri Yapısı
Litoloji	MTA	Shape file	Vektör
Hidrojeoloji	DSİ	Shape file	Vektör
Arazi Eğimi	HGM	Shape file	Vektör
Fay Mesafe	MTA	Shape file	Vektör
Yer İvmesi	AFAD	GeoTiff	Raster
Yapı Kat Sayısı	İmar Planı	Shape file	Vektör

- Çalışmada kullanılacak sayısal özellikteki veri setlerinin coğrafi projeksiyon sistemleri ve mekânsal çözünürlükleri standardize edilmiştir (Şekil 2).
- Çalışma için standardize edilmiş verilerden, araştırma alanına ait Litoloji, Hidroloji, Arazi Eğimi, Fay Hatlarına Olan Mesafe, Maximum Yer İvmesi, Yapı Kat Sayısı kriter haritaları üretilmiştir (Şekil 1).
- Araştırma tematik kriter haritaları için yeni sınıflandırma işlemi yapılmıştır (Şekil 1).
- Araştırma tematik kriterleri arasında Goepel (2018), tarafından geliştirilen web tabanlı çevrimiçi (AHP-OS) sistemi kullanılarak AHP ikili karşılaştırmaları yapılmış ve ikili karşılaştırma tutarlılık CR değerleri oranı hesaplanmıştır.
- Araştırma kriterlerinin AHP analizleri sonucu belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak ArcGIS 10.8. CBS yazılımı Spatial Analyst (Mekânsal Analiz) araçları Weighted Overlay (Ağırlıklı Bindirme) bölümünde bindirme işlemi yapılmış böylece araştırma sahasında deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlar haritalandırılarak tespit edilmiştir (Şekil 1).
- “Kars deprem hasar risk potansiyel haritası” üzerinde ArcGIS 10.8. CBS yazılımı Zonal Statistic (Alan İstatistikleri) aracı kullanılarak yapılan hesaplamalarla sahaya ait istatistiksel sonuçlar belirlenerek aynı haritanın gösterim kısmına işlenmiştir.
- Kars deprem hasar risk potansiyel haritası” ile çalışma alanında yerinde yapılan gözlemlerle elde edilen veriler, mekânsal bakımdan karşılaştırılarak araştırmanın fiziki güvenilirliği kontrol edilmiş elde edilen sonuçlar karar haritası gösterim bölümüne işlenmiştir.

3. Çalışma sahasının konumu ve depremselliği

Çalışma sahasını oluşturan Kars kenti, Kuzeydoğu Anadolu’da kuzeyden Ardahan, batıdan Erzurum, güneyden Ağrı, güneydoğudan Iğdır illeri doğudan ise Ermenistan’la sınırlı olan Kars ilinin idari merkezi durumundadır. Kars kentinin yer aldığı merkez ilçe ise; kuzeyden, Susuz, Arpaçay, Akyaka, doğudan Digor, güneyden Kağızman, batıdan Selim ilçeleri idari alanları ile komşudur (Demir, 2014; Şekil 2).

Kars kentsel idari alanı kuzeyden; Çakmak, Bozkale doğudan; Mezra, güneyden; Derecik, Karacaören, Cumhuriyet batıdan; Kümbetli köyleri arasında 7.152 hektarlık alana yayılmaktadır (Demir, 2013).

Kars Kenti; kuzeyde, ortalama 1900 metre irtifaya sahip, Leylek, Diktepe, Çakmak, Karatabya, Körkuyu ve Domalak tepeleri ile güneyde ortalama 1800 metre irtifaya sahip Mollaömer, Toy, Totoşkaya, tepeleri arasındaki, Kars platosunun kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan düşük eğimli bölümünde yer almaktadır (Demir, 2013).

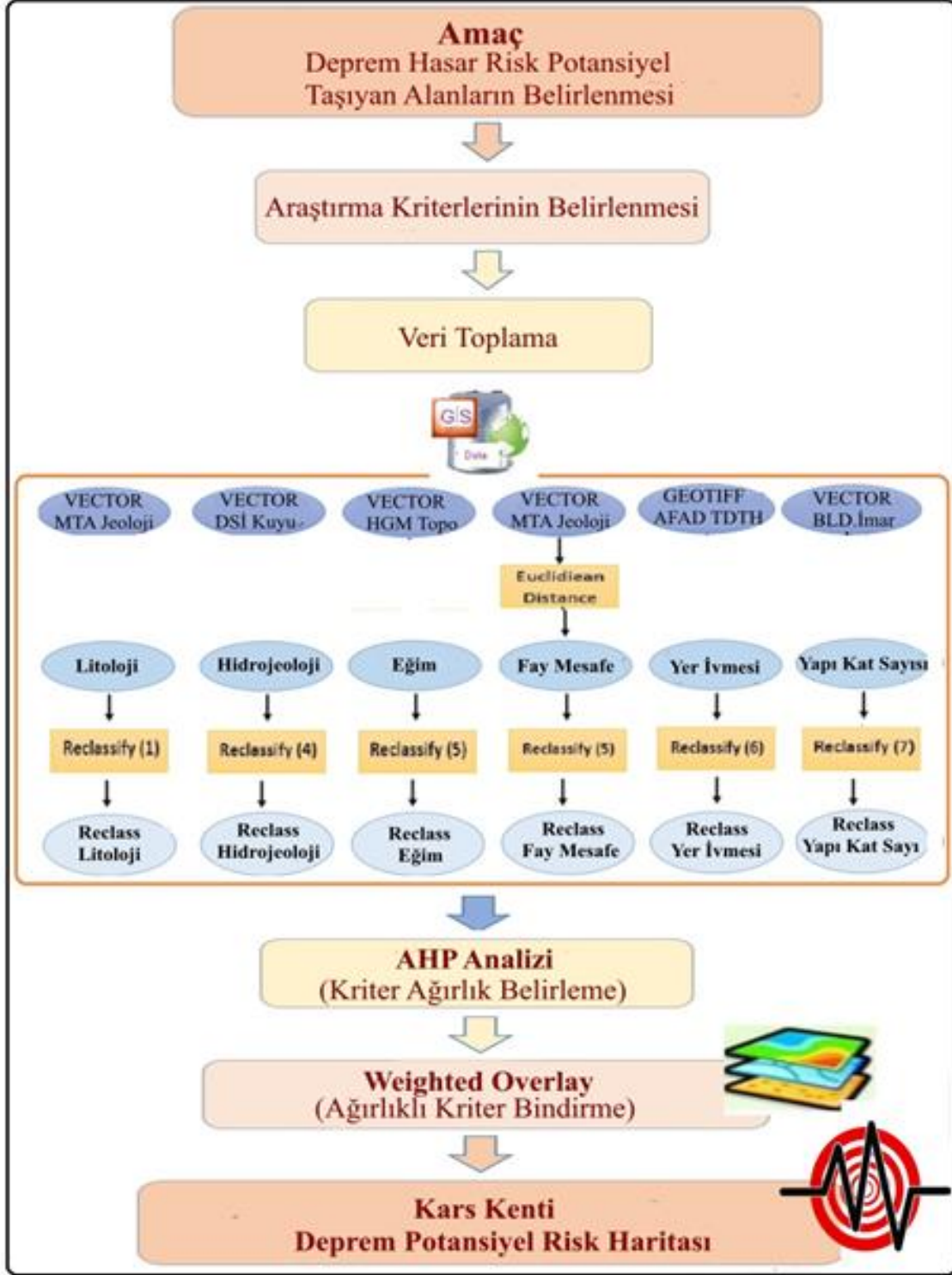
Kars kenti ve çevresinde sert karasal iklim koşullarının hâkim olması nedeniyle beşerî faaliyetler fazla gelişmemiş olup yaşam büyük oranda kamu istihdamına ve hayvancılık ürünleri ticaretine dayanmaktadır (Demir ve Alım 2017). Kars kenti, 2022 yılsonu itibarıyla 91,450 nüfusa sahip olup bütün il nüfusunun % 30’nu oluşturmaktadır. Kentte nüfus büyük

oranda merkezi mahallelerde ikamet etmekte olup nüfus yoğunluğu 1270 kişi/km²'dir (Demir, 2015).

Türkiye'nin depremsellik bakımından oldukça aktif alanlarından Kuzeydoğu Anadolu'da yer alan Kars ilinde tarihi süreçte can ve mal kaybına neden olan birçok deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin büyük kısmı Kars kentine ortalama 50 km mesafedeki ilin sınır

alanlarında yer alan faylardan kaynaklanmıştır (Demir, 2013; Şekil 2).

Kars kentinde can ve mal kaybına neden olan en önemli deprem 1664 yılı mayıs ayında 60 km uzaklıktaki Gümrü Kenti civarında meydana gelmiştir. Depremde Kars kentindeki birçok yapı ciddi şekilde tahrip olmuştur (Gündüz, 2008).



Şekil 1. Araştırma hiyerarşik modeli.

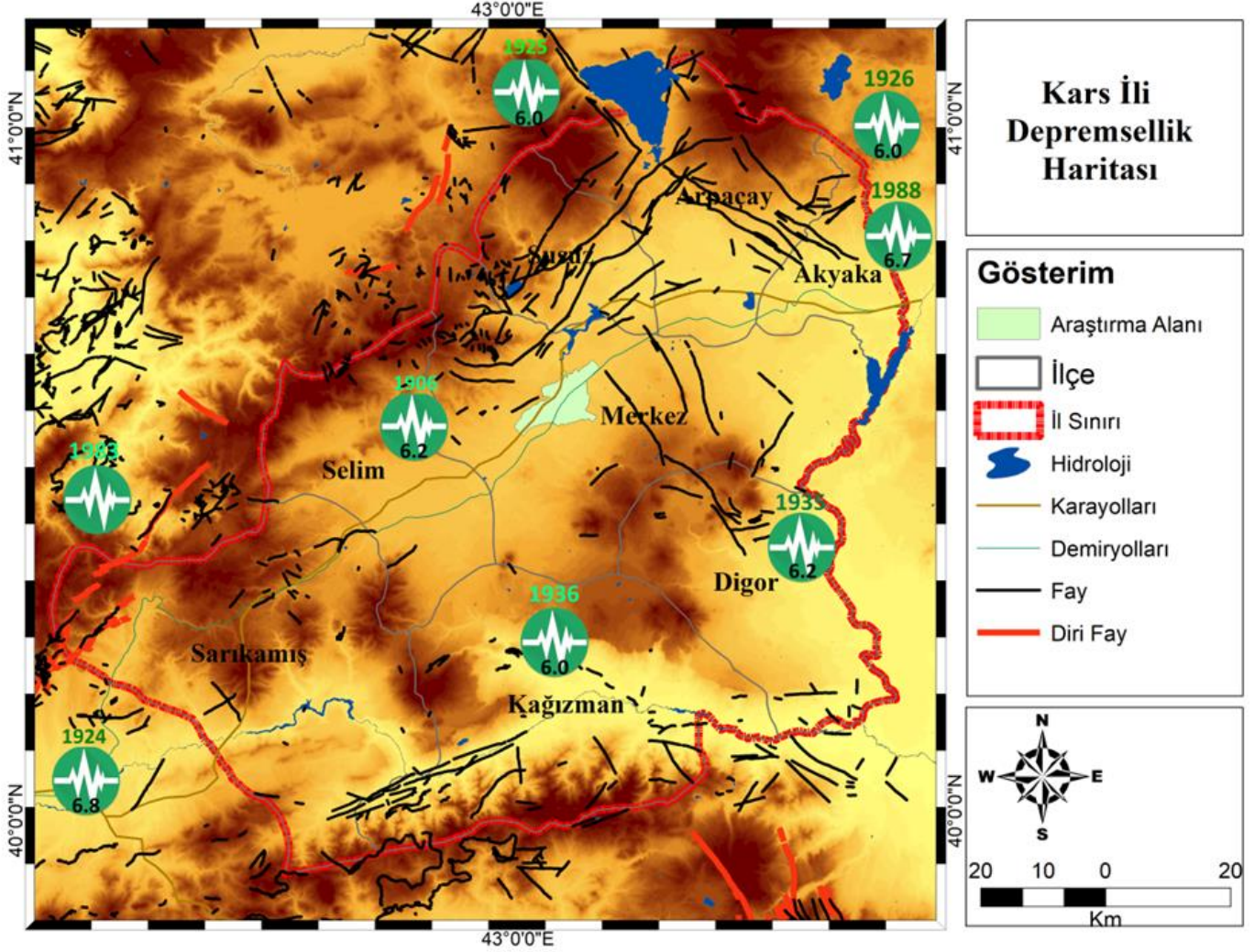
Kars ilini aletsel dönemde etkileyen ilk önemli deprem 1926 yılında Arpaçay ilçesinde meydana gelmiştir. Merkez üssü Kars kentine kuş uçuşu 50 km uzaklıktaki 6.0 M_w (magnitüd) büyüklüğündeki depremde Arpaçay çevresinde 1100 konut ağır hasar alıp

355 can kaybı meydana gelirken Kars kentinde önemli bir hasar ve can kaybı olmamıştır (Bağcı ve ark., 1991; Şekil 2).

Kars ilini yakın dönemde etkileyen en önemli deprem ise 1988 yılında Ermenistan Spitak'ta meydana

gelmiştir. Merkez üssü Kars kentine kuş uçuşu 100 km uzaklıktaki 6.7 M_w büyüklüğündeki depremde Ermenistan'da 25000 can kaybı meydana gelmiş ve 530 bin kişi evsiz kalmıştır. Depremin hissedildiği Kars

kentinde önemli bir hasar ve can kaybı olmazken Akyaka ve Arpaçay ilçelerindeki yapılarda kısmi hasar meydana gelmiştir (USGS, 2023).



Şekil 2. Kars ili ve yakın çevresinin lokasyonu ve depremselliği.

4. Araştırma kriterlerinin seçimi ve özellikleri

Çalışmada kullanılacak kriterlerin belirlenmesi amacıyla yapılan literatür araştırmalarından elde edilen sonuçlar doğrultusunda; Litoloji, Hidrojeoloji, Arazi Eğimi, Fay Hatlarına Mesafe, Maksimum Yer İvmesi ve Bina Kat Sayısı olmak üzere altı kriter belirlenmiştir (Tablo 2).

Araştırmada, aşağıdaki kriterler ana kriterler arasına alın(a)mamıştır.

- Depremler hasar risk potansiyeli üzerinden en önemli yersel kriterler arasında bulunan ancak Kars kentsel alanına özgü çalışmalarla henüz üzerinde konun uzmanları tarafından bilimsel ve teknik çalışma yapılmadığı için elde edilemeyen ve diğer yersel kriterlerle örtüşen
 - Zemin kayması durumu ve dağılımı
 - Zemin büyütmesi durumu ve dağılımı
 - Zemin sıvılaşması durumu ve dağılımı
- Deprem hasar risk potansiyeli taşıyan sahaların tespit edilmesi için çok önemli yerel özelliklerden olduğu

literatür araştırmalarıyla belirlenen ancak ilgili kamu kuruluşları tarafından sayısal olarak kayıt altına alınmamış,

-Bina/yapı ruhsat tarihleri ve dağılımı,

- Deprem hasar riski üzerinde doğrudan anlamlı etkisi bulunmadığı değerlendirilen ve hidrojeoloji kriteriyle belli bir oranda örtüşen,
 - Akarsu ağı,
- Deprem yönetmeliği gereğince belediye ve ilgili kamu kuruluşları tarafından yerinde yapılacak çalışmalarla oluşturulması gereken ancak sosyal ve ekonomik sebepler nedeniyle henüz sayısal olarak kayıt altına alınmamış;
 - Bina/yapı mukavemeti dağılımı,
 - Bina yapı malzemesi durumu ve dağılımı,
 - Bina yaşı, durumu ve dağılımı,
- Deprem hasar riski üzerinde doğrudan anlamlı etkisinden ziyade etkilenen durumunda bulunduğu değerlendirilen,
 - Karayolu ulaşım ağı ve altyapısı,
 - Nüfus ve dağılımı

Tablo 2. Literatürde mevcut araştırma kriterleri.

Kriter	Aghataher ve ark., (2008)	Sarvar ve ark., (2011)	Erden ve Karaman (2012)	Panahi ve ark., (2014)	Özşahin (2014)	Yavaşoğlu ve Özden (2017)	Güven ve Gerçek (2017)	Ceylan ve Yılmaz (2020)	Özşahin ve Eroğlu (2019)	Jena ve ark., (2020)	Özkazanç ve ark. (2020)	Karimi ve Najafi (2015)	Shawon ve ark. (2021)	Ocak ve Bahadır (2022)
Litoloji	*	*	*		*		*	*	*	*	*			*
Hidrojeoloji					*		*		*					*
Faylara Uzak	*	*	*		*		*		*	*	*	*		*
Fay Yoğ.												*		
Yer İvmesi	*			*	*		*							*
Zemin Kay.									*					
Büyütme.									*					
Sıvılaşma			*	*										
Akarsu					*			*						
Deprem Böl.					*									
Deprem Yoğ.												*		
Deprem Mgt	*													
Deprem Der.	*													
Yerçekimleri			*		*									*
Eğim		*		*	*		*			*	*	*		*
Yükselti								*			*	*		
Arazi Kul.								*						
Yapı Kal.		*		*		*				*			*	
Yapı Mlz.										*			*	
Yapı Kat. S		*		*		*							*	
Bina Yaşı		*		*									*	
Ulaşım Ağı						*							*	
Nüfus		*				*				*			*	

Tablo 3. Çalışmada kullanılan kriter ağırlıkları.

Kriter	Kriter faktörleri	Ağırlık	Ağırlık sınıfı
Litoloji	ZF Alüvyon (QAL)	1	Çok Riskli
	ZC- Çamur Taşı, Kıltaşı Marn (Tkk)	2	Riskli
	ZB-Aglomera, Tuf Andezit pomza perlit (Tk). (Tpld).	3	Az Riskli
	ZA- Bazalt (Ta) (Qm).	4	Risksiz
Hidrojeoloji	-1m, -15m	1	Çok Riskli
	-15m -25m	2	Riskli
	-25m -50m	3	Az Riskli
	-50m+	4	Risksiz
Arazi eğimi	30 °+	1	Çok Riskli
	15 - 30°	2	Riskli
	5 - 15°	3	Az Riskli
	0 - 5°	4	Risksiz
Fay hatları ve mesafeleri	0-1,000 m	1	Çok Riskli
	1,001-2,000 m	2	Riskli
	2,001-5,000 m	3	Az Riskli
	10,001 m+	4	Risksiz
Maksimum yer ivmesi (PGA 475)	0,200g-0,205g	1	Çok Riskli
	0,195g-0,200g	2	Riskli
	0,190g-0,190g	3	Az Riskli
	0,187g-0,200g	4	Risksiz
Bina kat sayısı	6+	1	Çok Riskli
	4-5 kat	2	Riskli
	2-3 kat	3	Az Riskli
	1 kat	4	Risksiz

4.1. Litoloji

Deprem hasar riski ve dağılışı üzerinde etkili olabilecek en önemli parametrelerin başında zeminin

litolojik özellikleri gelmektedir. Genel olarak bazaltik lav, andezit, kalker, serpantin, mermer gibi sert kaya veya pekişmiş rijit zeminler üzerinde inşa edilen yapılarda, deprem deformasyonu ve hasarı düşüktür. Görece

yumuşak/gevşek/pekleşmemiş özellikteki; Blok çakıl, çakıl taşı kum, kumtaşı, kil, kıltaşı silt, killi kalker veya marn gibi malzemelerden oluşan zeminlerde ise deprem deformasyonu ve hasarı yüksektir (Siyahi ve ark, 2013).

Kars kenti zemininin büyük kısmı deprem direnci yüksek volkanik kökenli sert kaya veya pekişmiş rijit malzemelerle, küçük bir kısmı ise deprem direnci düşük görece yumuşak, gevşek, pekleşmemiş özellikteki alüvyal malzemelerle örtülmüştür (Sümengen, 2009). Genel olarak formasyonlar şeklinde incelenen araştırma alanında;

Kars kentinin kuzeydoğusundaki yamaçlar üzerinde bulunan ve % 18,5'ini oluşturan bölümü, ZA zemin sınıfında deprem direnci yüksek genellikle koyu siyah renkli, düzgün sütunsal eklemlili, ortalama 1000 metre kalınlık gösteren olarak adlandırılmış Kuaterner yaşlı Akyağa bazaltı (Ta) tarafından örtülmüştür (Sümengen, 2009).

Kars kentinin güneydoğudaki hafif eğimli düzlükler üzerinde bulunan ve % 41'ini oluşturan bölümü ortalama 350-400 metre arasında kalınlığa sahip, aglomera, tuf ve andezit gibi ZB zemin sınıfındaki orta düzeyde deprem direncine sahip malzemelerden oluşan, Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kura volkanitleri (Tk) formasyonu üyelerince örtülmüştür (Sümengen, 2009).

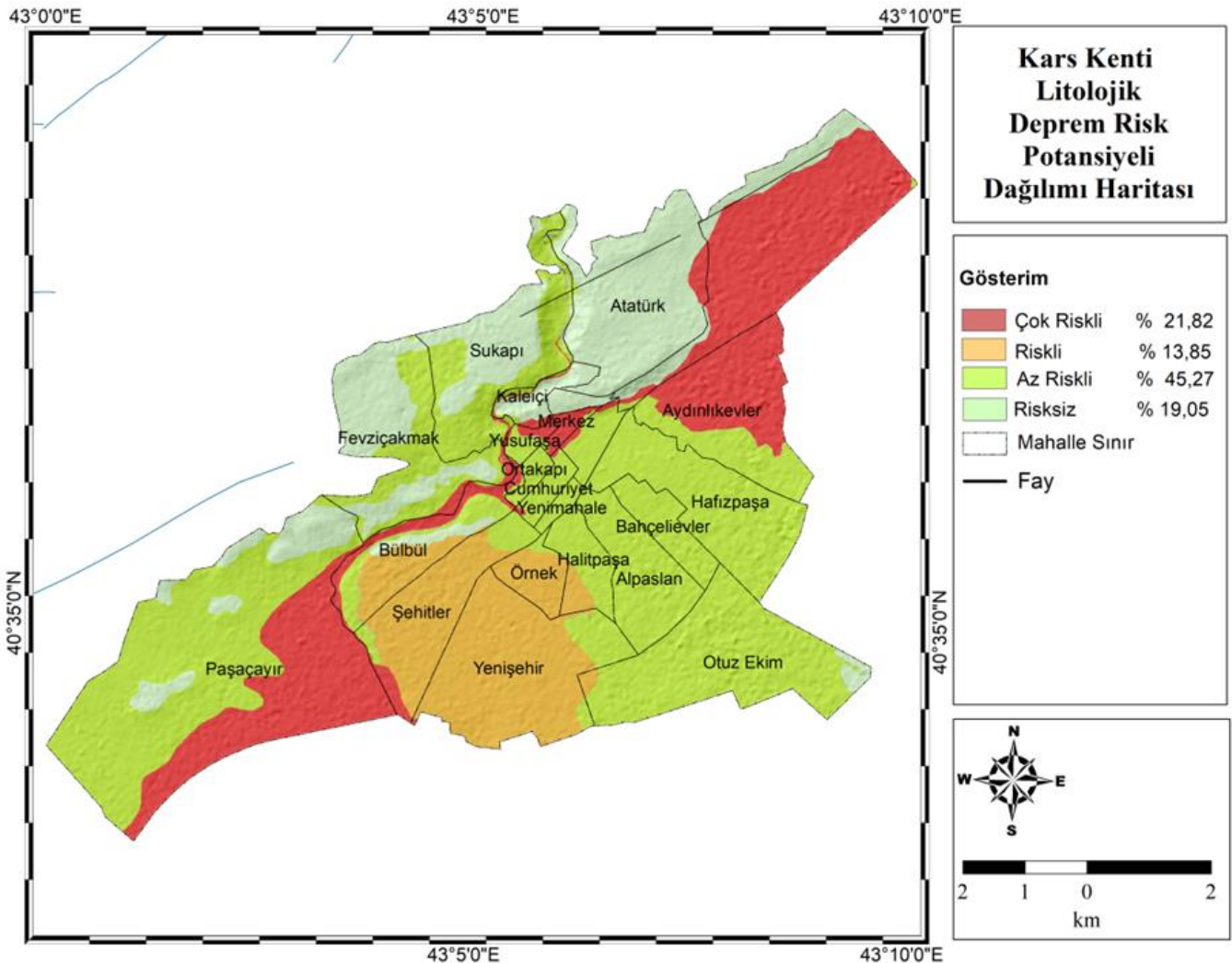
Kars kentsel alanının %4,5'ini oluşturan güneydoğusunda bulunan eğimli yamaçlar tuf, andezit,

pomza perlit gibi orta düzeyde deprem direncine sahip ortalama 50 metre üstünde kalınlığa sahip Dumanlıdağ proklastikleri tarafından örtülmüştür (Şekil 3).

Kars kentsel alanının %14'ünü oluşturan güney ve güneybatısında hafif eğimli düzlükler üzerinde bulunan bölümü, ZC zemin sınıfı deprem direnci nispeten düşük Karasal ortamlarda çökelmiş kumtaşı, çamur taşı, kıltaşı ve marn gibi malzemelerden oluşan 10-540 metre arasında kalınlığa sahip Pliyosen yaşlı Kalkankale formasyonu (Tkk) üyelerince örtülmüştür (Sümengen, 2009).

Kars Kenti arazisinin %21,5'ini oluşturan güneybatısındaki Paşaçayırı ve kuzeydoğudaki Gölyeri düzlükleri üzerinde bulunan bölümü, ZF zemin sınıfında, sıvılaşma olasılığı yüksek, duraylılığı ve deprem direnci oldukça düşük ortalama 1000 metre kalınlığa sahip çakıl, kum, silt ve kil gibi Kuaterner alüvyon (Qa) malzemeler tarafından örtülmüştür (Sümengen, 2009).

Çalışmada, deprem hasar risk potansiyeline etkisi bakımından litoloji faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar (Özşahin, 2014; Güven ve Gerçek, 2017; Jena ve ark., 2020; Karimi ve Najafi (2015); Shawon vd., 2021; Ocak ve Bahadır, 2022) baz alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 36'sının litoloji faktörü bakımından olası depremlerde önemli hasar riski taşıyan 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 3; Tablo 3).



Şekil 3. Kars kenti litolojik risk haritası.

4.2. Hidrojeoloji

Deprem hasar riski üzerinde etkili olabilecek faktörlerin başında zeminin hidrojeolojik özellikleri gelmektedir. Genellikle akarsu ve göl tortul dolgu malzemelerinden oluşan gevşek ve pekişmemiş zeminlerde, yeraltı su seviyelerinin yüzeeye yakın ve doygun olması, olası depremlerde, deprem dalgalarının genliklerini artırarak zeminde sıvılaşma, taşıma gücü kaybı ve zemin büyütmesine yol açabilmekte böylece yapılarda devrilme, batma ve eğilme şeklinde hasarlar meydana gelmektedir (Civelekler ve Afacan, 2023).

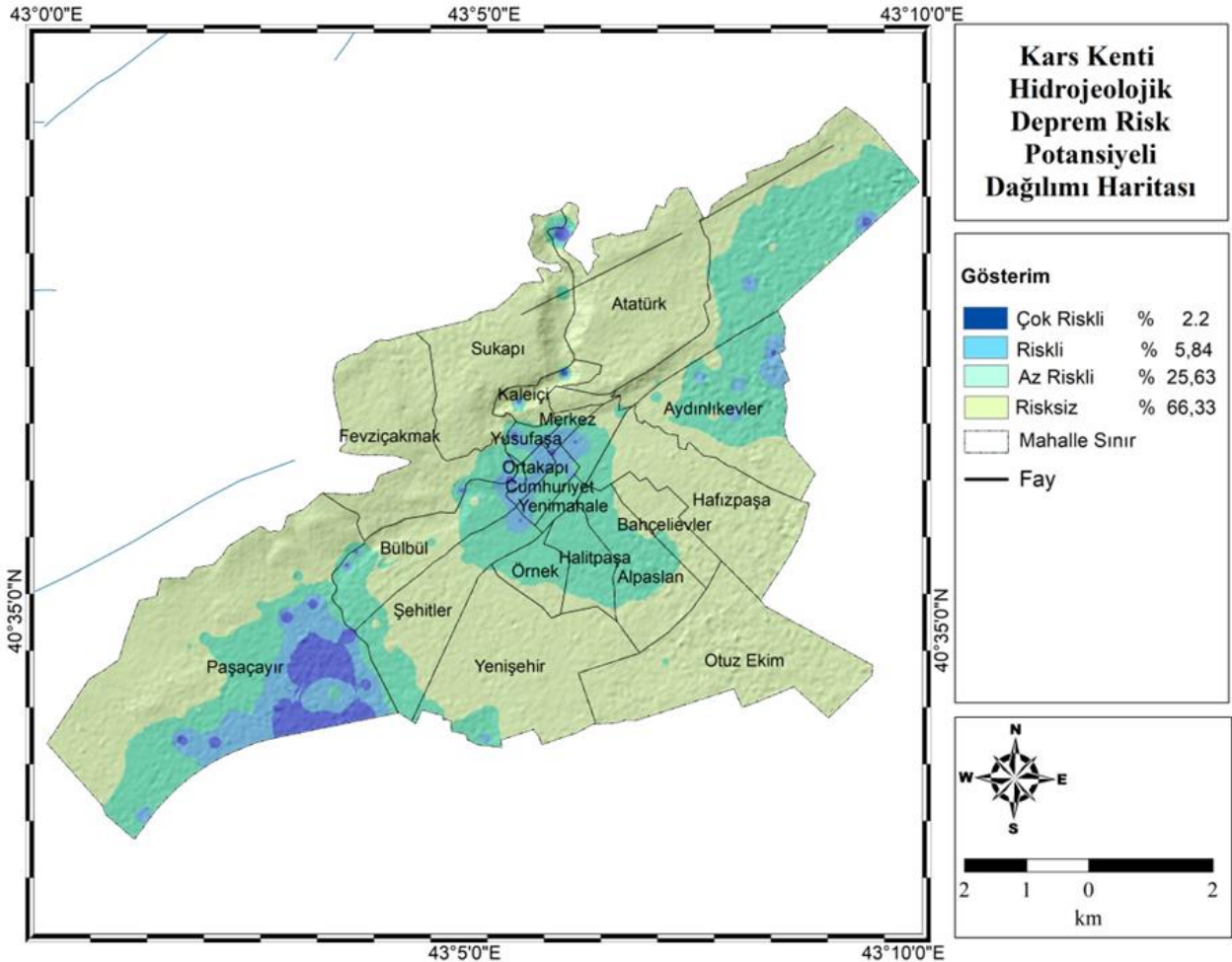
Kars kentinin büyük kısmı çevresine göre alçakta kalan 1750-1850 metre aralığında irtifaya sahip kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu çukur bir alanda yer almakta olup bu nedenle çevre yüksek alanlardan kaynaklanan yer altı ve yerüstü sularının biriktiği bir göllenme alanı özelliği taşımaktadır. Kars kentsel alanında yerel jeomorfolojik ve litolojik özelliklere bağlı olarak yeraltı suyu hetorejen bir dağılım göstermektedir (Demir, 2013).

Kent yerleşim alanı geçirimli litolojik özellikteki kuarterner yaşlı karasal kırıntı ve alüvyonla örtülü zemine sahip kuzeydoğudaki Gölyeri mevki ve Şahnaçayırı ile güneybatıdaki Paşaçayırı düzlüklerinde, yeraltı suyu seviyesi derinliği -10 metre civarında olup yüzeeye oldukça yakındır. Bu nedenle bu alanlardaki zemin olası depremlerde; yüksek oranda sıvılaşma, taşıma gücü kaybı ve zemin büyütmesi potansiyeline sahiptir (DSİ, 2014; Şekil 4).

Buna rağmen bu alanlardan; Paşaçayırı mevkiinde Kafkas üniversitesi kampüsünün batı bölümü ve lojmanlarının yanı sıra çeşitli özellikte ticari iş yeri ve bir miktar konut olarak kullanılan bina, Gölyeri mevkiinde ise kentsel alandaki tüm yapıların % 8'ini oluşturan 1134 bina bulunmaktadır (Kars Belediyesi, 2017). Bu alanlardaki yapılar üzerinde yeraltı suyunun yüksekliği nedeniyle meydana gelen oturmaya bağlı yapısal deformasyonlar dikkat çekici düzeyde olup olası depremlerde büyük hasar riski oluşturmaktadır (Şekil 4).

Kentsel yerleşim alanı sınırları dâhilinde en düşük düzeyde yeraltı suyu potansiyeline yerleşim alanının doğu sınırında yer alan ortalama 2000 metre irtifaya sahip Leylektepe Diktepe ve Kars Kalesinin de üzerinde bulunduğu Karadağ sahiptir. Bu alanlarda olası depremlerde yeraltı suyu seviyesinin yüksekliğine bağlı olarak sıvılaşma, taşıma gücü kaybı ve zemin büyütmesi potansiyeli yok denecek düzeydedir (Şekil 4).

Çalışmada, deprem hasar risk potansiyeline etkisi bakımından hidrojeoloji faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar (Özşahin, 2014; Güven ve Gerçek, 2017; Özşahin ve Eroğlu, 2019; Ocak ve Bahadır, 2022) baz alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 8'inin hidrojeoloji faktörü bakımından olası depremlerde önemli hasar riski taşıyan 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4; Tablo 3).



Şekil 4. Kars kenti hidrojeolojik risk haritası.

4.3. Arazi eğimi

Yer şekilleri ve arazi eğiminin, deprem hasar risk potansiyeli üzerindeki etkileri konusunda literatürde ittifak edilen kesin bir kriter veya tanım bulunmamaktadır. Buna rağmen topoğrafyanın eğim açısının fazla olduğu alanlarda deprem hasar risk potansiyelinin büyütme etkisi nedeniyle yapılar farklı kuvvetlere maruz kalarak stabilitelelerini kaybetmektedir (Işık ve ark., 2020). Diğer yandan olası depremlerde eğim değerlerinin fazla olduğu alanlarda hasara neden olabilecek heyelan gibi kütle hareketlerinin tetiklenme ihtimali nedeniyle bu alanlar bu bakımdan da önemli risk barındırmaktadır (Özkazanç ve ark., 2020). Bu nedenlerle yerleşim planlamasında 15°'den küçük eğime sahip alanlar yerleşime açılırken bu değer üzerinde eğime sahip alanlar özel mühendislik yapıları ve mücbir sebepler dışında yerleşim için tercih edilmemektedir (Ocak ve Bahadır, 2022).

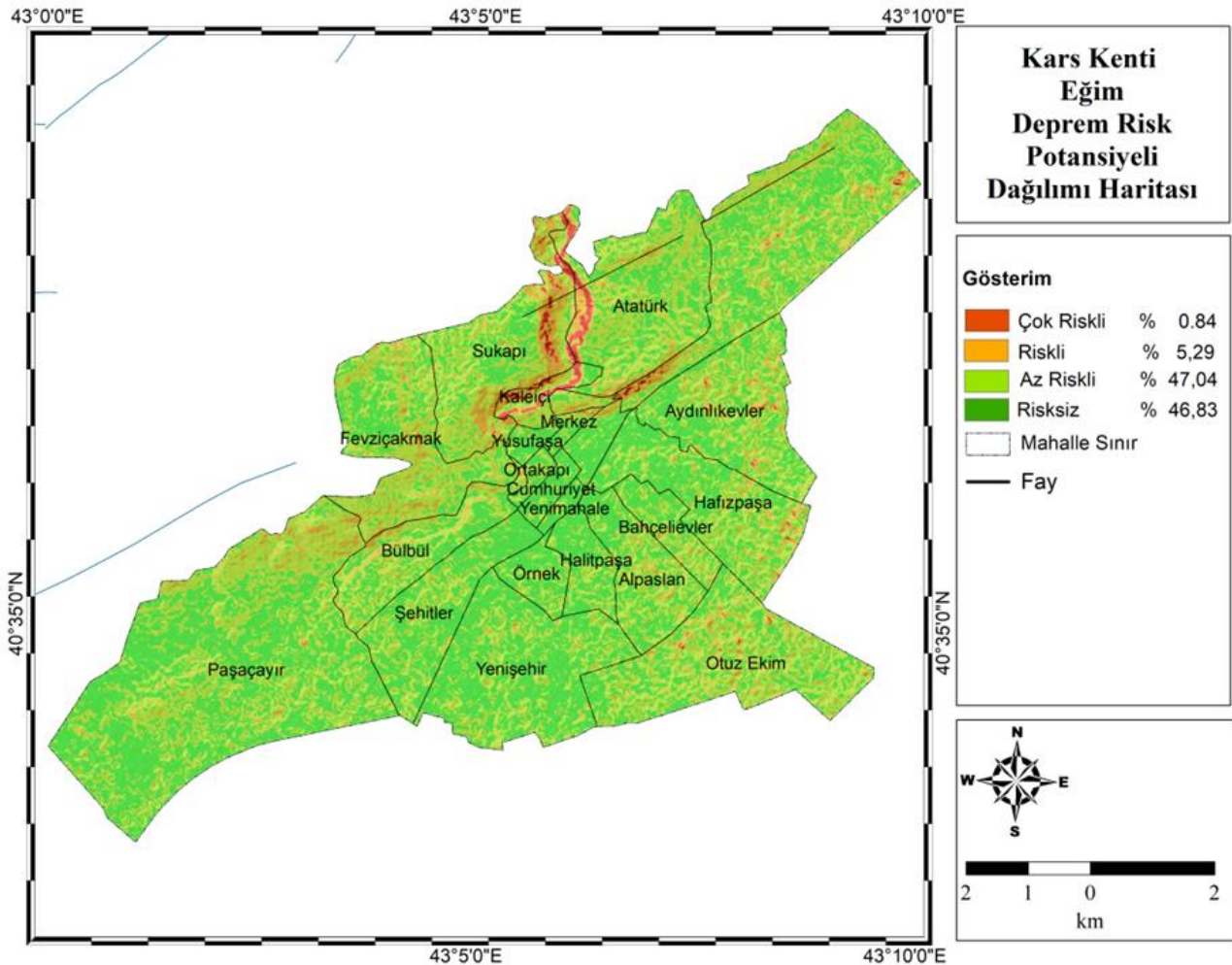
Kars platosu üzerinde yaklaşık 7200 hektar alanda meskûn bulunan Kars kenti sınırları dâhilinde eğim ortalaması 6,5° olup genel morfolojiye uygun olarak homojen bir dağılım göstermektedir.

Eğim değerleri, Kars kentinin % 94 gibi büyük kısmını oluşturan 1.750 metre civarında irtifaya sahip hafif dalgalı ve nispeten düz bir topoğrafya üzerinde yer alan bölümünde 3° civarındadır. Kentteki tüm yapıların % 95'ine sahip olan bu alanda mevcut düşük eğim

değerlerine bağlı olarak oluşabilecek deprem hasar riski oldukça düşük düzeydedir (Şekil 5).

Eğim değerleri Kars kentinin % 6'sını oluşturan 1.750-1.850 metre arasında irtifaya sahip kuzey bölümünde yer alan yamaçlar üzerinde ise artış göstermektedir. Bu alandaki Fevzi Çakmak ve Karadağ mahalleleri meskûn alanlarında ortalama eğim 15° civarındadır. Eğim değerlerinin oldukça fazla olduğu ve kentteki tüm yapıların % 5'inin yer aldığı bu alanda sadece eğim kriteri dikkate alındığında olası depremlerde potansiyel hasar risk düzeyi yüksek görünmektedir. Depremler için sağlama zemin özelliği gösteren Akyaka Bazaltı tarafından örtülen bu alan eğim değerlerinin fazlalığına rağmen 1950'li yıllardan itibaren gecekondular tarafından işgal edilmiştir. Buna rağmen bu alanlardan Karadağ tepe yamaçları üzerinde kentsel dönüşüm amacıyla 2021 yılında toplu konut projesi hayata geçirilmiştir (Şekil 5).

Çalışmada, deprem hasar risk potansiyeline etkisi bakımından arazi eğimi faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar baz alınarak (Sarvar ve ark., 2011; Panahi, vd., 2014; Özşahin, 2014; Güven ve Gerçek, 2017; Ceylan ve Yılmaz, 2020; Jena ve ark., 2020; Karimi ve Najafi (2015); Ocak ve Bahadır, 2022) dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 6,13'ünün arazi eğim faktörü bakımından olası depremlerde önemli hasar riski taşıyan 15° ve üzerinde eğime sahip 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 5; Tablo 3).



Şekil 5. Kars kenti eğim risk haritası.

4.4. Fay hatları ve mesafeleri

Depremlerde hasar risk potansiyeli üzerinde en etkili kriterlerden birisi fay hatlarına olan mesafedir. Genel olarak yapıların depremin kaynağını da temsil eden aktif faylara yakın olması eğer zemin ve bina mukavemeti de düşükse hasar riskini arttırmaktadır (Ocak ve Bahadır, 2022). Bu nedenle yapıların fay ve faylardan uzak alanlarda inşa edilmesi deprem hasar riskini düşürebilmektedir.

Depremsellik bakımından oldukça aktif sayılabilecek bir alanda bulunmasına rağmen Kars kenti idari sınırları dâhilinde holosen veya daha genç dönemlerde oluşmuş veya aktif olmuş fay bulunmamaktadır. Buna rağmen kentsel alanın kuzeybatı sınırlarındaki Paşacayırı Mahallesi-Kale-Karadağ tepe yönünde birbirinde bağımsız ortalama 5 km uzunluğunda 3 fay yer almaktadır. Kuaterner’de oluştuğu değerlendirilen fayların tarihsel ve aletsel dönemde oluşturdukları kayda geçen deprem tespit edilmemiştir (Bozkuş, 2002).

Kars kentsel alan idari sınırı yakın çevresinde sahanın aktif tektoniği üzerinde etkili olan birçok fay hattı bulunmaktadır. Bu faylardan;

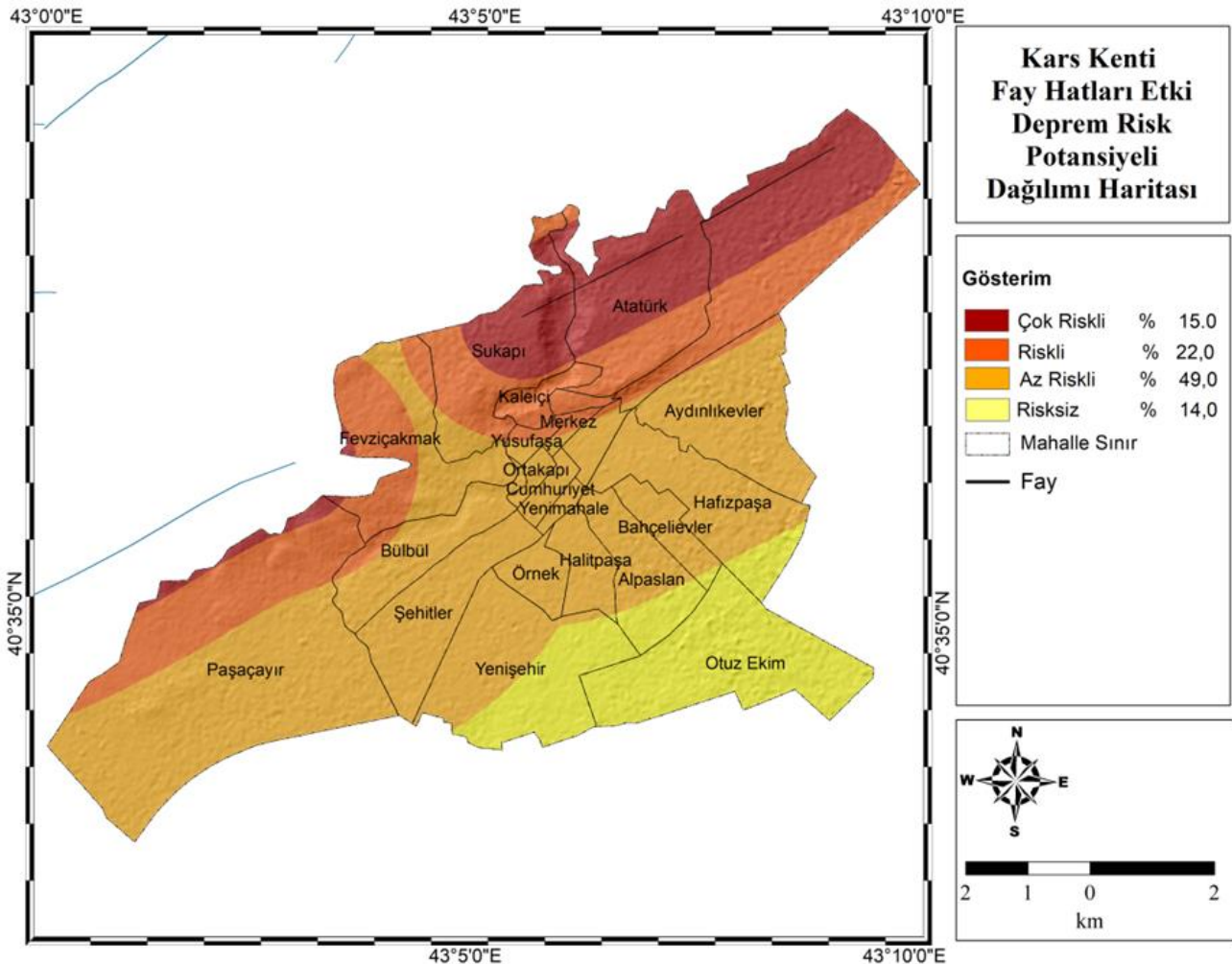
Ölçülü-Digor fayı: Kentsel alanın kuzey doğusunda kuzeybatı güneydoğu yönlü sağ yanal doğrultu atımlı 9 km uzunlukta faydır. Şehrin merkezi alanına 5 km mesafede bulunan fay üzerinde tarihsel ve aletsel dönemde kayda geçen deprem bulunmamaktadır.

İncesu fayı: Kentsel alanın kuzeyinde kuzeydoğu güneybatı yönlü sağ yanal doğrultu atımlı 15 km uzunlukta faydır. Şehrin merkezi alanına 10 km mesafede bulunan fay üzerinde tarihsel ve aletsel dönemde kayda geçen deprem bulunmamaktadır (Demir, 2013).

Yolboyu fayı: Kentsel alanın kuzeydoğusunda kuzeydoğu güneybatı yönlü sağ yanal doğrultu atımlı 6 km uzunlukta faydır. Şehrin merkezi alanına 20 km mesafede bulunan fay üzerinde aletsel dönemde kayda geçen deprem bulunmamaktadır (Demir, 2013).

Kentsel alana ortalama 50 km’den daha uzak alanlarda ise Ermenistan, Çobandede, İğdır, Kağızman, Kötek gibi aktif faylar bulunmakta olup bu fayların oluşturduğu aletsel dönemde kayda geçen depremler kentsel alanda hasara neden olmuştur (Demir, 2013).

Çalışmada, deprem hasar risk potansiyeline etkisi bakımından fay hatları ve mesafeleri faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar (Aghataher ve ark. 2008; Sarvar vd. 2011; Erden ve Karaman, 2012; Özşahin, 2014; Güven ve Gerçek, 2017; Jena ve ark., 2020; Özkazanç ve ark., 2020; Karimi ve Najafi (2015); Ocak ve Bahadır, 2022) baz alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 37’sinin fay hatları ve mesafeleri faktörü bakımından olası depremlerde önemli hasar riski taşıyan 0-2,000 metre aralığında faya hattı mesafesine sahip 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 6; Tablo 3).



Şekil 6. Kars kenti fay hatları mesafesi risk haritası.

4.5. Maksimum yer ivmesi (PGA)

Deprem risk potansiyeli taşıyana alanların belirlenmesinde son dönemlerde kullanılan en önemli parametrelerden biri maksimum yer ivmesidir. Maksimum yer ivmesi veya pik yer ivmesi (PGA) herhangi bir yerde meydana gelebilecek depremlerde ortaya çıkan sismik dalgaların oluşturabileceği maksimum sarsıntı olarak ifade edilmesidir. Deprem büyüklüğünün hasarı arttırdığı yönünde genel görüşün aksine depremlerde meydana gelen hasar büyük oranda maksimum yer ivmesinin oluşturduğu karmaşık hareketlerden kaynaklanmaktadır (Douglas, 2003).

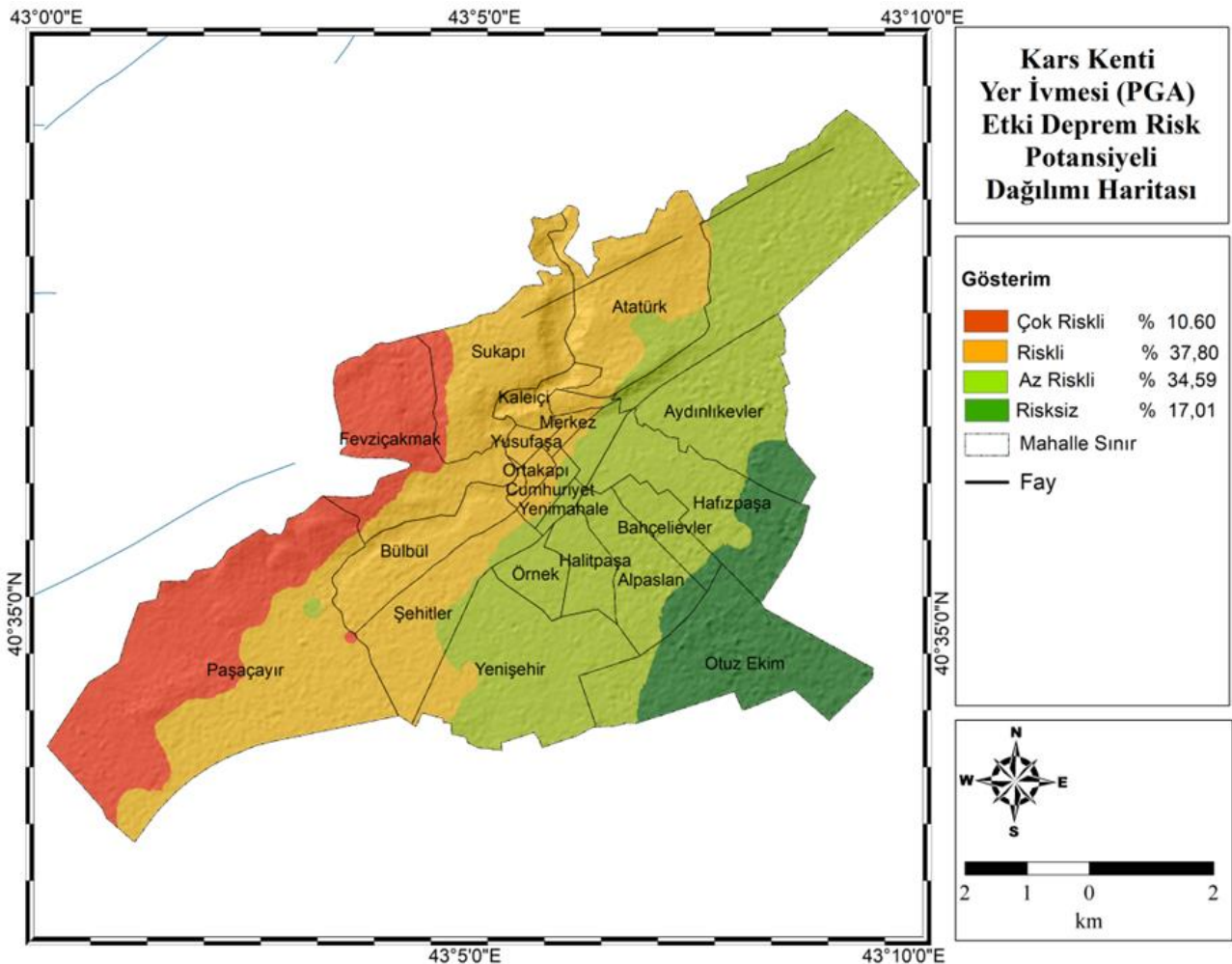
Maksimum yer ivmesi; odak derinliği, yerel litoloji, hidrojeoloji, faylara uzaklık, sarsıntının süresi, sismik dalgaların özellikleri gibi oldukça fazla faktörün bileşimine göre değişiklik gösterebilmektedir. Maksimum yer ivmesi çok kısa mesafelerde büyük dağılım farklılığı gösterebilirken bu değişime bağlı olarak aynı sahada yaşanan depremlerde çok kısa mesafelerde farklı düzeyde etkiler ortaya çıkabilmektedir (USGS, 2023). Bir alan için maksimum yer ivmesinin hesaplanması oldukça karmaşık işlemler gerektirmesi nedeniyle bu çalışmada AFAD tarafından yayınlanan Türkiye deprem tehlike atlası verileri kullanılmıştır. Bu kapsamda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan "Deprem Yer Hareketi Düzeyleri ve Yerel Zemin Sınıfları" baz alındığında; Kars kentinde, PGA 475 maksimum yer ivmesi bakımından en küçük değer 0.187

g (gal) ve en büyük değer 0.205 g olup genlik 0,18 g, ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,193 g'dir (AFAD, 2023; Şekil 7).

Kars kentsel alan sınırları ve yakın çevresinde en büyük yer ivmesi değerlerinin düşük genlik göstermesi nedeniyle genel olarak homojen görüntülü bir dağılım bulunmaktadır. Buna rağmen kentsel yapıların % 18,6'sına nüfusun ise % 20,2'sine sahip güneybatıda bulunan Paşaçayırı ile kuzeydoğudaki Merkez ve Yusufpaşa mahalleleri sınırları dâhilindeki Gölyeri, Karadağ mahallesi ve Şahnaçayırı mevkilerinin bulunduğu alanlarda Akarsu ve göl tortularıyla örtülü zeminlerde en büyük yer ivmesi 195 g ortalamaya sahiptir (Şekil 7).

Kentin kuzeyinde kentsel bazaltik volkanik malzemelerle örtülü Karadağ tepe yamaçları üzerindeki çok katlı TOKİ konutlarının bulunduğu Bayrampaşa mahallesinde ise en büyük yer ivmesi 0.201 g civarındadır (Şekil 7).

Çalışmada, deprem hasar risk potansiyeline etkisi bakımından en büyük yer ivmesi faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar (Aghataher ve ark., 2008; Panahi ve ark., 2014; Özşahin, 2014; Güven ve Gerçek, 2017; Ocak ve Bahadır, 2022) baz alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanının % 48,4'ünün en büyük yer ivmesi faktörü bakımından olası depremlerde önemli hasar riski taşıyan 0.195 g -0.205 g arası yer ivmesine sahip 1. ve 2. arazi ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.



Şekil 7. Kars kenti maksimum yer ivmesi (PGA) risk haritası.

4.6. Bina/Yapı kat sayısı

Bina kat sayısı ve yüksekliği ile deprem hasar risk potansiyeli arasında doğrudan bir korelasyon bulunmamaktadır. Buna rağmen mühendislik, mimarlık bakımından doğru şekilde tasarlanmamış ve yanlış malzeme kullanılarak inşa edilmiş çok katlı yapıların olası depremlerde hasar risk potansiyelinin daha fazla olduğu (Panahi ve ark., 2014; Yavaşoğlu ve Özden, 2017). Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depremleriyle acı şekilde deneyimlenmiştir.

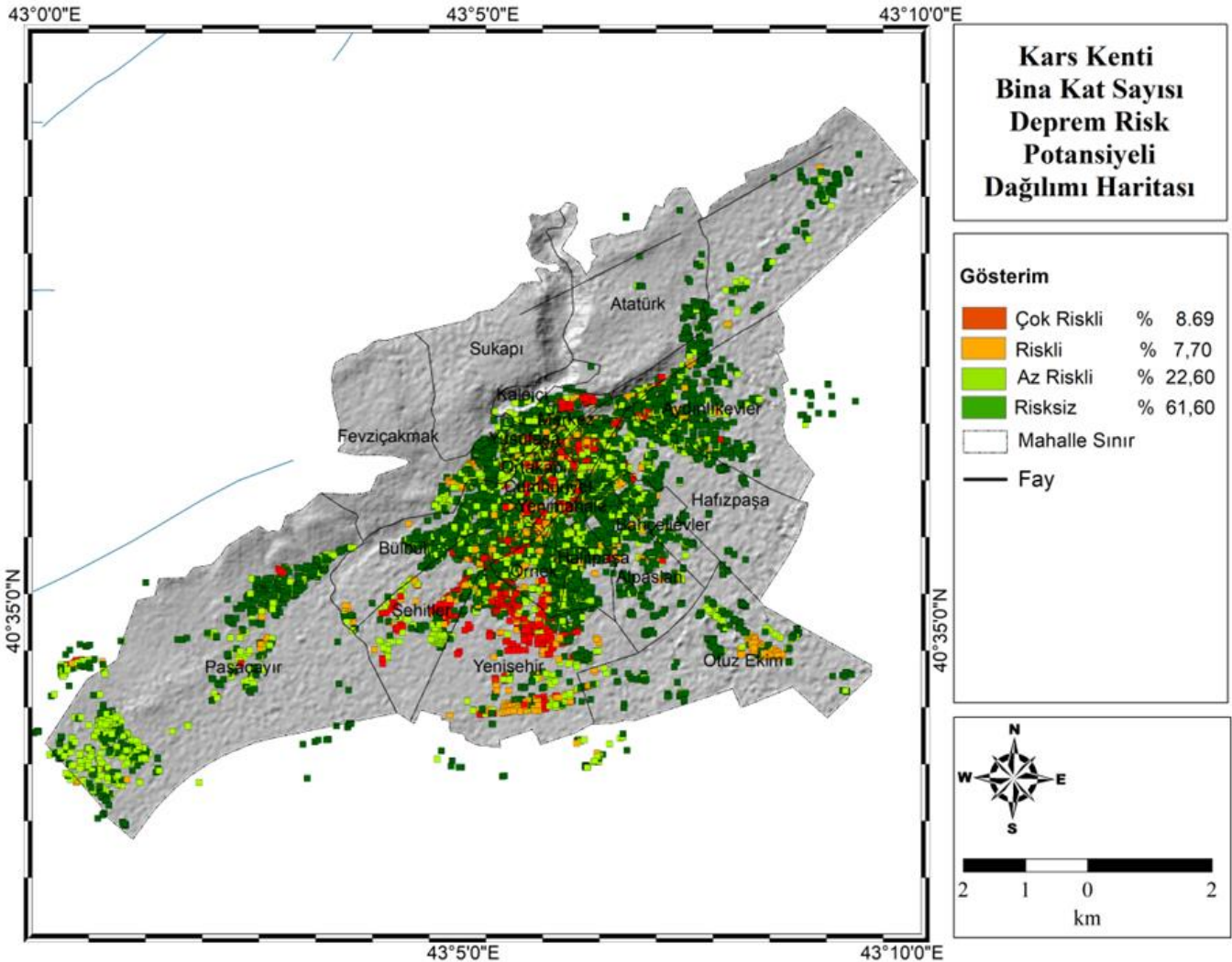
Kars belediyesi verilerine göre 2022 yılsonu itibariyle Kars kentindeki mevcut 14012 binanın % 61,6'sı 1, % 22,6'sı 2-3, % 7,8'i 4-5, % 8'i 6 ve daha fazla kat sayısına sahiptir (Kars Belediyesi, 2017). Kars kentsel alanı idari sınırları dâhilinde bulunan binalar kat sayısı bakımından heterojen bir dağılım göstermektedir.

Kars kentinde deprem ve diğer mevcut jeolojik riskler nedeniyle 1999 yılından itibaren yürürlüğe giren tüm imar planlarında bina kat sayısı en fazla 5 olarak sınırlandırılmıştır. Kentsel alanda maksimum kat sayısına ulaşıp ve görece yüksek katlı binaların tamama yakın kısmı son on yıl içinde kentsel gelişimin fazla olduğu Yenişehir, Şehitler İstasyon, Karadağ ve Merkez mahallerinde inşa edilmiştir.

Buna rağmen yerinde yapılan saha çalışmalarında kentsel alanın birçok yerindeki binalarda izin verilen kat sayısının kaçak şekilde aşıldığı ve münferit dahi olsa da 8-9 katlı binaların da bulunduğu tespit edilmiştir.

Kars kenti idari sınırları dâhilinde bir kısmı gecekondu özelliği taşıyan tek veya birkaç katlı yapıların önemli kısmı doğu sınırlarındaki düzlük alanlarda yer alan ve büyük oranda kırsal karakter gösteren Aydınlikevler, Hafızpaşa, Aydınlikevler, Bahçelievler Alpaslan, Örnek ve Halitpaşa mahallerinde toplanmıştır. Bu alanlarda bulunan yapılar olası depremlerde sadece kat sayısı kriteri dikkate alındığında düşük düzeyde deprem hasar riski taşımaktadır. Buna rağmen bu alanlarda konu edilen düşük kat sayısına sahip yapıların önemli bölümünün deprem direnci düşük yapı malzemelerinden ve plansız olarak inşa edilmiş olması gerçekte bu alanlardaki deprem hasar risk oranını yükseltmektedir (Şekil 8).

Çalışmada, deprem hasar risk potansiyeline etkisi bakımından bina kat sayısı faktörü için literatürdeki mevcut araştırmalar (Sarvar ve ark., 2011; Panahi ve ark., 2014; Yavaşoğlu ve Özden, 2017; Shawon ve ark., 2021) baz alınarak dört kriter alt sınıfı belirlenmiştir. Buna göre araştırma alanındaki binaların % 16,39'unun olası depremlerde önemli hasar riski taşıyan 4 ve daha fazla kat sayısına sahip 1. ve 2. ağırlık alt sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 3; Şekil 8).



Şekil 8. Kars kenti bina kat sayısı risk haritası.

5. AHP analizi ve kriterlere uygulanması

5.1. AHP analizi nedir?

Kars kentindeki deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada, literatür araştırmalarına dayalı olarak belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılması ve sıralanması için AHP algoritması kullanılacaktır.

AHP, Saaty (1980), tarafından önerilen en popüler ÇKKV yöntemlerinden biri olup matematik ve psikolojiye dayalı karmaşık karar verme problemlerini organize etmek ve çözmek için yapılandırılmış bir tekniktir. AHP, hiyerarşik bir yapı içerisinde her bir yapısal karar verme ögesinin niceliğini belirlemek için kapsamlı ve mantıksal bir çerçeve sağlar (Saaty 1980),

AHP yöntemi, karmaşık problemleri karar verme kriterlerine ağırlıklar verip ikili karşılaştırmalar yaparak çözmeye çalışır ve AHP yönteminde her bir kriteri önceliklendirmek için karşılıklı durum, homojenlik, bağımlılık ve beklenti ilkeleri takip edilir (Saaty, 1980).

AHP algoritması uygulamasında sırayla;

Adım 1. Hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Karar Probleminin hiyerarşik yapısının oluşturulması AHP'nin temelidir. Bu aşamada karar problemini tanımlayan ana kriterler ve alternatifler belirlenir. Daha sonra araştırma problemi belirlenen amaca uygun şekilde kriterlere, alt kriterlere ve alternatiflere bölünür (Saaty, 2008).

Adım 2. İkili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Ana ve alt kriterlerin ikililer halinde karşılaştırılarak göreceli önemlerinin belirlenmesi amacıyla AHP'nin özü olarak kabul edilen ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Eşitlik 1).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

matriste;

n , dikkate alınan değerlendirme kriterlerinin sayısıdır ve a_{ij} , (i, j) konumuna atanan, j ile karşılaştırıldığında i kriterinin göreceli önemidir.

Bu aşamada hiyerarşinin her kümesindeki öğeler karşılık gelen diğer grup üyeleriyle, göreceli önemlerinin belirlenmesi amacıyla yoğunluğu birden dokuza kadar değişen bir önem ölçeği (Tablo 4) kullanılarak karşılaştırılır (Saaty, 2008).

Tablo 4. AHP ikili karşılaştırma ölçeği.

Değer	Tanım
1	Her iki faktörün eşit önemde olması durumu,
3	i . faktörün j . faktörden biraz daha önemli olması
5	i . faktörün j . faktörden fazla önemli olması durumu
7	i . faktörün j . faktöre göre çok güçlü öneme sahip olması
9	i . faktörün j . faktöre göre aşırı derecede önemli olması
2,4,6,8	Ara değerler.

Adım 3. İkili karşılaştırma matrisi satır ve sütunları normalize edilir. Bu aşamada matrisin sütunlarında

bulunan elemanlar, yer aldıkları sütunların toplamına bölünerek her bir sütunun toplamı 1 olacak şekilde normalize edilirler. Matrisin satırlarında bulunan elemanlar ise her satırının toplamının matrisin boyutuna bölünerek ortalaması alınmasıyla normalize edilir. Elde edilen değerler her bir kriter için hesaplanan göreceli önem sırası ve ağırlığını gösterir.

Adım 4. İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı hesaplanır. Bu aşamanın amacı karar vericinin ikili karşılaştırmalardaki tercihlerinin tutarlılığının belirlenmesidir. Saaty (2008), tutarlılık oranının hesaplanmasında Eşitlik 2 kullanımını önermektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Bu aşamada tutarlılık oranının CR 0.10 değerini aşmaması gerekir. Bu değer aşılması karar vericinin tutarsızlığını göstermekte olup bu durumda yapılan ikili karşılaştırmaların tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Saaty (2008), tutarlılık indeksinin hesaplanması için ise; Eşitlik 3 kullanımını önermektedir.

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

Tutarlılık belirlenmesi için kullanılan formüllerde;

CR : Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio),

CI Tutarlılık İndeksi (Consistency Index),

RI Rassallık indeksi (Random Index) değerlerini,

n , kriter sayısı,

λ_{max} , en büyük özdeğeri,

ifade etmektedir.

AHP, coğrafi bilgi sistemleri yazılımlarıyla entegre şekilde yapılan araştırmalarda kullanılan mevcut en gelişmiş yöntemlerin başında gelmektedir. Buna rağmen, yüksek düzeyde aritmetik işlem gerektirmesi ve öz vektör kavramına dayanması nedeniyle AHP ile ilgili hesaplamaların Microsoft Excel, Google Sheets vb. tabanlı elektronik tabloları programlarında yapılmasını gerektirmektedir. Buna rağmen bu programların kullanım karmaşıklığı ve AHP yönteminin işlem basamaklarında bulunan hata yapmaya açık formüllerin varlığı da uygulamayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle aritmetik yoğun kısmı otomatikleştiren ve kullanıcıların, basit bir veri toplama metodolojisini izleyerek sonuca ulaşmalarını sağlayan ve çoğu internet üzerinden de kullanıma açık yazılım araçları oluşturulmuştur (Prachi, 2021).

Kars kentindeki deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada, bu nedenle kriterlerin AHP ağırlıklarının sıralarının ve tutarlılık oranlarının hesaplanmasın için Goepel (2018), tarafından geliştirilen web tabanlı çevrimiçi (AHP-OS) uygulaması kullanılmıştır.

5.2. Araştırma kriterlerinin AHP analizi

Araştırma temel amacı ve literatürdeki mevcut araştırma sonuçları baz alınarak belirlenen, litoloji, hidrojeoloji, fay hatlarına uzaklık, arazi eğimi, maksimum

yer ivmesi, ve bina kat sayısı kriterlerinin ikili karşılaştırmaları için Saaty (2008) tarafından geliştirilmiş 9 önem derecesine göre ikili karşılaştırma yapılabilen AHP ön karar anketi hazırlanmıştır. Bu ön anket, Goepel (2018), tarafından geliştirilen web tabanlı çevrimiçi (AHP-OS) uygulaması kullanılarak çalışma alanında yapı inşa sektöründe çalışan ve sahanın deprem özelliğine hâkim yedi jeolog, üç jeofizik ve sekiz inşaat mühendisinden oluşan toplam on sekiz uzmana uygulanmıştır. Elde edilen ön anketlerin geometrik ortalamalarının alınmasıyla araştırma kriterlerinin sonuç ağırlıkları ve tutarlılıkları (AHP-OS) sistemi kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 5; Şekil 9).

Araştırmada seçilen kriterler arasında 15 ikili karşılaştırma yapılmış olup AHP ikili karşılaştırma tutarlılık oranı nicel araştırmalar için kriter kabul edilen CR 0.1 genel tutarlılık oranının altında CR = 0,023 olarak belirlenmiştir (Tablo 5).

Araştırma kriterleri arasında yapılan ikili karşılaştırmalarda hesaplanan en büyük (0,076) ve en küçük (0,016) standart sapma değerleri arası genlik 0,068, ortalama standart sapma değeri 0,036 olarak belirlenmiştir (Tablo 6).

Araştırmada seçilen kriterler arasında en yüksek standart sapma değeri 0.076 ile en büyük kriter ağırlık değerine sahip olan litoloji, en küçük standart sapma değeri ise 0.008 ile en küçük kriter ağırlık değerine sahip olan Bina kat sayısı kriteri belirlemiştir (Tablo 6).

Tablo 5. Çalışma unsurları kıyaslama tablosu.

Sıra	1	2	3	4	5	6
1	1	2.00	7.00	3.00	1.00	7.00
2	0.50	1	7.00	2.00	1.00	7.00
3	0.14	0.14	1	0.50	0.14	1.00
4	0.33	0.50	2.00	1	0.33	6.00
5	1.00	1.00	7.00	3.00	1	9.00
6	0.14	0.14	1.00	0.17	0.11	1

	A- AHP Önceliği	B	Eşit	Ne Kadar Önemli
1	<input checked="" type="radio"/> Litoloji	<input type="radio"/> Hidrojeoloji	<input type="radio"/> 01	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> Litoloji	<input type="radio"/> Arazi Eğimi	<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input checked="" type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> Litoloji	<input type="radio"/> Faylara Uzaklık	<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> Litoloji	<input type="radio"/> En Büyük Yer İvmesi	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> Litoloji	<input type="radio"/> Bina Kat Yüksekliği	<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input checked="" type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6	<input checked="" type="radio"/> Hidrojeoloji	<input type="radio"/> Arazi Eğimi	<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input checked="" type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
7	<input checked="" type="radio"/> Hidrojeoloji	<input type="radio"/> Faylara Uzaklık	<input type="radio"/> 01	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
8	<input checked="" type="radio"/> Hidrojeoloji	<input type="radio"/> En Büyük Yer İvmesi	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
9	<input checked="" type="radio"/> Hidrojeoloji	<input type="radio"/> Bina Kat Yüksekliği	<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input checked="" type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
10	<input type="radio"/> Arazi Eğimi	<input checked="" type="radio"/> Faylara Uzaklık	<input type="radio"/> 01	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
11	<input type="radio"/> Arazi Eğimi	<input checked="" type="radio"/> En Büyük Yer İvmesi	<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input checked="" type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
12	<input type="radio"/> Arazi Eğimi	<input checked="" type="radio"/> Bina Kat Yüksekliği	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
13	<input type="radio"/> Faylara Uzaklık	<input checked="" type="radio"/> En Büyük Yer İvmesi	<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
14	<input checked="" type="radio"/> Faylara Uzaklık	<input type="radio"/> Bina Kat Yüksekliği	<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input checked="" type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
15	<input checked="" type="radio"/> En Büyük Yer İvmesi	<input type="radio"/> Bina Kat Yüksekliği	<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9

CR = 2.3% OK

Şekil 9. AHP tercihleri sonuç anketi.

Çalışma sahasındaki deprem hasar risk potansiyelin belirlenmesi için yapılan AHP analizleri sonucunda Kars kenti için en yüksek ağırlığa % 30.7 ile Litolojik risk, en düşük ağırlığa ise % 3.2 ile Bina kat sayısı kriterinin sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Çalışma kriterleri ağırlıkları ve standart sap.

Sıra	Kriter	Öncelik Ağırlığı	Sıralama a	+/-
1	Litoloji	% 30.7	1	0,076
2	Hidrojeoloji	% 23.0	3	0,046
3	Arazi Eğimi	% 4.0	5	0,009
4	Fay Hatları Mesafesi	% 11.3	4	0,039
5	Maksimum Yer İvmesi	% 28.1	2	0,036
6	Bina/Yapı Kat Sayısı	% 3.2	6	0,008

5.3. Karar haritası ve dağılım istatistiklerinin oluşturulması

Çalışmanın veri analiz aşamasında, araştırma kriterlerinin ağırlık değerlerinin belirlenmesi amacıyla AHP ikili karşılaştırmaları sonucunda belirlenen kriter ağırlık değerlerinin kullanılmasıyla CBS yazılımı üzerinde bindirme analizi yapılmıştır. Bu analizde Çok riskli alanlar “1” riskli alanlar için “2” az riskli alanlar için “3” risksiz alanlar için “4” önem sınıf kodu kullanılmış böylece araştırma sahasında deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlar haritalandırılarak tespit edilmiştir.

Elde edilen raster formatlı “Kars deprem hasar risk potansiyel haritası” üzerinde ARCGIS 10.5. yazılımı Spatial Analyst Tools modülündeki “Zonal Statistic” aracı kullanılarak yapılan hesaplamalarla sahaya ait istatistik sonuçlar belirlenerek aynı harita üzerine işlenmiştir (Şekil 10).

“Kars deprem hasar risk potansiyel haritası” ile çalışma alanında yerinde yapılan gözlemlerle elde edilen veriler mekânsal bakımdan kontrollü olarak karşılaştırılarak araştırmanın fiziki güvenilirliği kontrol edilmiş sonuçlar karar haritası gösterim bölümüne işlenmiştir (Şekil 10).

5. Bulgular

Kars kentindeki deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesine yönelik olarak kullanılan tüm araştırma kriterleri bakımından, çok yüksek ve yüksek potansiyeli taşıyan 36,8 km² arazi bulunmaktadır. Bu araziler toplam 7152 km² yüzölçümüne sahip Kars kentsel idari sınırları dâhilindeki toplam arazi varlığının %51,5’ini oluşturmaktadır (Şekil 10).

7152 km² yüz ölçüme sahip olan Kars kentinde, deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesine yönelik olarak kullanılan tüm araştırma kriterleri bakımından % 24,5’ini oluşturan 17,48 km²’si “çok riskli”, % 27,04’ünü oluşturan 19,33 km²’si “riskli”, % 30,01’ini oluşturan 21,52 km²’si “az riskli”, % 18,4’ünü oluşturan 13,15 km²’si ise “risksiz” arazilerden oluşmaktadır (Şekil 10).

Kars kentinde mevcut 14,053 bina/yapının % 18,6’sına denk gelen 2612’si araştırmada belirlenen

yüksek düzeyde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlarda bulunmaktadır (Şekil 10).

Kars kentinde ADNKS 2022 yılına itibarıyla mevcut 91450 nüfusun %20,2'sine denk gelen 18,496'sı araştırmada belirlenen yüksek düzeyde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlarda ikamet etmektedir (Şekil 10).

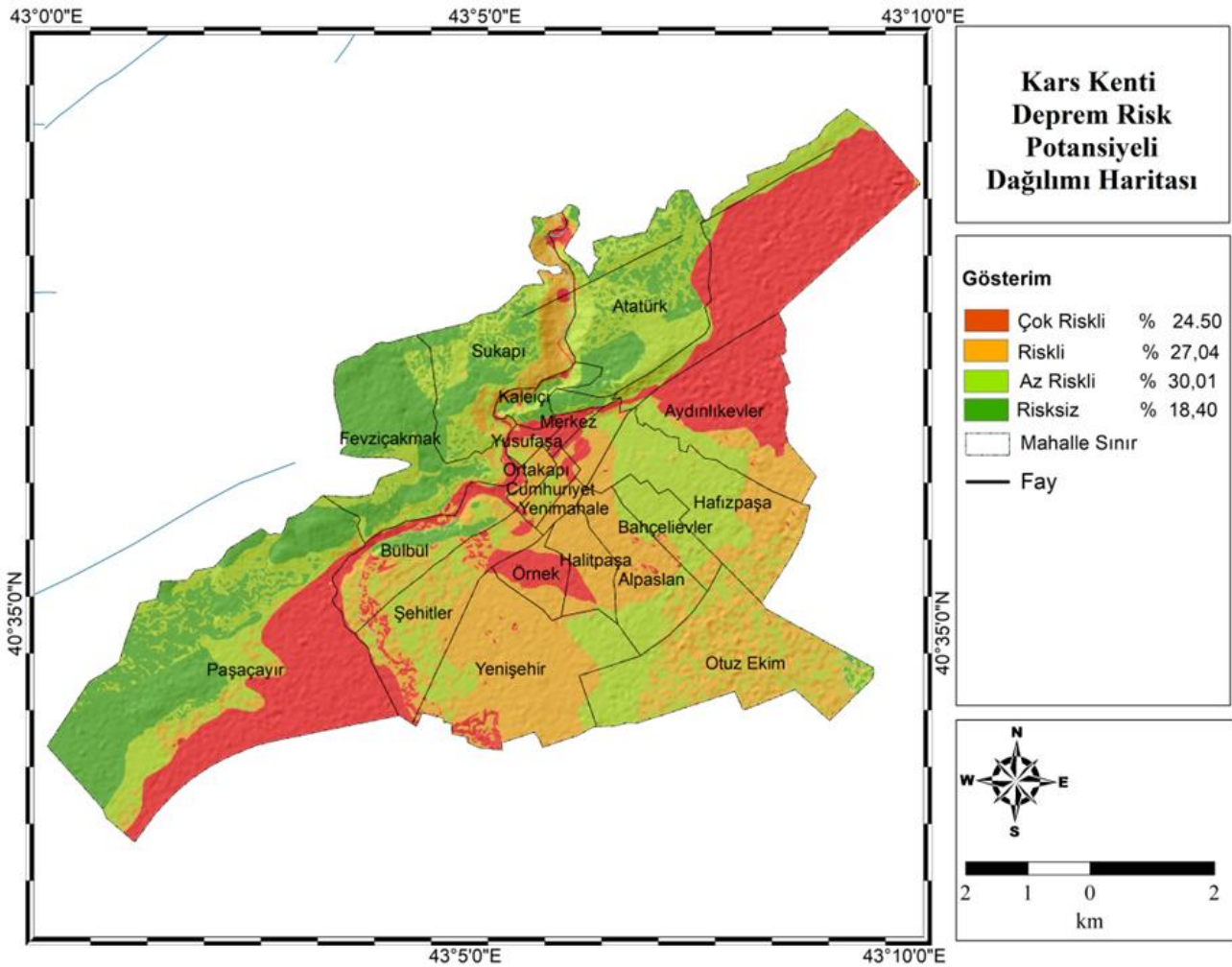
Kars kenti idari alanı sınırları dâhilinde tüm araştırma kriterleri bakımından deprem hasar risk potansiyeli; güneybatıda bulunan Paşaçayırı ile kuzeydoğudaki, Merkez Yusufpaşa ve Aydınlıkevler mahalleleri sınırları dâhilinde bulunan Gölyeri, ve Karadağ mahallesi Şahnaçayırı mevkileri yanında merkezdeki örnek mahallesinde yüksek durumdadır (Şekil 10).

Kars kenti idari alanı sınırları dâhilinde deprem hasar risk potansiyeli kuzeydeki yamaçlar üzerinde bulunan Fevzi Çakmak, Atatürk ve Sukapı mahallerinde yersel

faktörlerin olumlu etkisine bağlı olarak daha düşük durumdadır (Şekil 10).

Kars kentsel idari alanı sınırları dâhilinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlar yerel litoloji, hidrojeoloji, arazi eğimi, faylara olan mesafe, gibi faktörlerin düzensiz şekilde dağılımıyla ilişkili olarak heterojen bir görüntüye sahiptir.

Kars kenti idari sınırları dâhilinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesine yönelik olarak yapılan bu deneysel araştırmada kullanılan bina kat sayısı kriterinin ağırlık oranı %3,2, litoloji, hidrojeoloji, fay hatlarına uzaklık ve en büyük yer ivmesi gibi yersel ana kriterlerinin ağırlığı ise %96,8 olarak belirlenmiştir. Bu durum Kars kentsel alanını etkileyebilecek olası depremlerde, meydana gelebilecek hasarın büyük oranda lokal zemin özelliklerinden kaynaklı olabileceğini göstermektedir.



Şekil 10. Kars kenti deprem hasar risk potansiyeli haritası.

6. Tartışma

Çalışma analizleri sonucunda litoloji, hidrojeoloji, fay hatlarına uzaklık ve en büyük yer ivmesi gibi yersel ana kriterlerinin ağırlığının, araştırma toplam kriter ağırlığının % 92,8'ini oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu kriter ağırlık dağılımı literatürde mevcut deprem hasar risk potansiyelin belirlenmesi için yapılmış çalışmalarda elde edilen kriter ağırlıklarıyla önemli miktarda benzeşmektedir (Özşahin, 2014; Güven ve Gerçek, 2017;

Özşahin ve Eroğlu, 2019; Jena ve ark., 2020; Karimi ve Najafi (2015); Shawon ve ark., 2021; Ocak ve Bahadır, 2022). Bu sonuç verisi araştırma tutarlılığını teyit etmektedir.

Kars kentinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada, adı geçen yöntemlerden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), kullanılmıştır. Yöntemde hiyerarşi ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmasının literatürde yapılmış birçok çalışmada subjektif sonuçlar verebilmesi tespiti

nedeniyle, araştırma kurgusunda bu olumsuzluğun giderilmesi için görüşlerine başvurulmuş, konusunda deneyimli uzman sayısı nicel araştırmalarda güvenli sayılacak minimum düzey ve üzerinde tutulmuştur. Araştırma anketi bu amaçla literatürdeki mevcut çalışmalar dikkate alınarak yapı inşaat sektöründe çalışan ve sahanın depremsel özelliklerine hâkim yedi jeolog, üç jeofizik ve sekiz inşaat mühendisinden oluşan toplam on sekiz uzmana uygulanmıştır. Araştırma güvenilirlik değerinin CR 0,023 olarak gerçekleşmesi araştırmanın ana çerçevesini oluşturan bu kurgu probleminin kabul edilebilir düzeye indirildiğini göstermektedir.

Kars kenti idari sınırları dâhilinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmada genellikle düşük hassasiyeti ve çözünürlüğe sahip raster formatlı veriler yerine daha hassas ve yüksek oranda veri depolanan vektör formatlı veriler kullanılmıştır. Bu şekilde araştırmanın ana amacına uygun olarak daha hassas analizlere dayalı olarak mekânsal dağılım ve özellikler belirlenmiş olup bu durum araştırma sahasında yapılan gözlemler ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri üzerinde yapılan doğrulama amaçlı karşılaştırmalarla teyit edilmiştir.

Kars kenti idari sınırları dâhilinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların tespit edilerek haritalanması amacıyla yapılan çalışmada belirlenen riskli alanlar, yerinde yapılan gözlemlerle elde edilen gerçek saha verileriyle büyük oranda örtüşmektedir. Bu durum araştırma yönteminin güvenilirlik ve geçerliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

7. Sonuçlar

Çalışma analizleri sonucu Kars belediye idari sınırları dâhilinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan 36,8 km² arazi tespit edilmiş olup bu araziler kent yüzölçümünün %51,5'ini oluşturmaktadır.

Araştırmada deprem hasar riskinin belirlenmesi için kullanılan tüm kriterler bakımından Kars kentinin % 24,5'ini oluşturan 17,48 km²'si "çok riskli", % 27,04'ünü oluşturan 19,33 km²'si "riskli", % 30,01'ini oluşturan 21,52 km²'si "az riskli", % 18,4'ünü oluşturan 13,15 km²'si ise "risksiz" arazi sınıfında bulunmaktadır.

Kars kentinde mevcut 14,053 bina/yapının % 18,6'sına denk gelen 2612 adedi araştırmada belirlenen yüksek düzeyde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlarda bulunmaktadır.

Kars kentinde ADNKS 2022 yılsonu itibariyle mevcut 91.450 nüfusun % 20,2'sine denk gelen 18,496'sı araştırmada belirlenen yüksek düzeyde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlarda ikamet etmektedir.

Kars kenti idari alanı sınırları dahilinde tüm araştırma kriterleri bakımından deprem hasar risk potansiyeli güneybatıda bulunan Paşaçayırı, ile kuzeydoğudaki Merkez ve Yusufpaşa mahalleleri sınırları dahilinde bulunan Gölyeri, ve Karadağ mahallesi Şahnaçayırı mevkilerinde yüksek durumdadır (Şekil 10).

Kars kenti idari alanı sınırları dahilinde deprem hasar risk potansiyeli kuzeydeki yamaçlar üzerinde bulunan Fevzi Çakmak, Atatürk ve Sukapı mahallerinde yersel faktörlerin olumlu etkisine bağlı olarak daha düşük durumdadır.

Kars kentsel idari alanı sınırları dâhilinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlar yerel litoloji, hidrojeoloji, arazi eğimi, faylara olan mesafe, gibi faktörlerin düzensiz şekilde dağılımıyla ilişkili olarak heterojen bir görüntüye sahiptir.

Kars kentsel idari alanı sınırları dâhilinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanlar yerel litoloji, hidrojeoloji, arazi eğimi, faylara olan mesafe, gibi faktörlerin düzensiz şekilde dağılımıyla ilişkili olarak heterojen bir görüntüye sahiptir.

Kars kenti idari sınırları dâhilinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların tesit edilmesi için kullanılan bina kat sayısı kriterinin ağırlık oranı % 0,08, litoloji, hidrojeoloji, fay hatlarına uzaklık ve en büyük yer ivmesi gibi yersel ana kriterlerinin ağırlığı ise % 92,8 olarak belirlenmiştir. Bu durum Kars kentsel alanını etkileyebilecek olası depremlerde hasarın büyük oranda lokal zemin özelliklerinden kaynaklı olarak meydana gelebileceğini göstermektedir.

Araştırmacıların katkı oranı

Mucip Demir: Literatür taraması, Veri toplama, Modelleme, Makale yazımı; **Namık Tanfer Altaş:** Düzenleme, Makale Yazımı

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- AFAD (2023). Deprem Nedir? T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı <https://www.afad.gov.tr/deprem-nedir>
- AFAD (2023). Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>
- Aghataher, R., Delavar, M. R., Nami, M. H., & Samnani, N. (2008). A fuzzy-AHP decision support system for evaluation of cities vulnerability against earthquakes. *World Applied Sciences Journal*, 3(1), 66-72.
- Al Garni, H. Z., & Awasthi, A. (2017). Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. *Applied energy*, 206, 1225-1240. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.024>
- Al-Harbi, K. M. A. S. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), 19-27. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00038-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00038-1)
- Aydın, F., & Sağdıç, M. (2020). Yeri Şekillendiren iç kuvvetler: Deprem ve Volkanizma. Pegem Akademi. Ankara.
- Bağcı, G., Yatman, A., Özdemir, S., & Altın, N. (1991). Türkiye'de hasar yapan depremler. *Deprem Araştırma Bülteni*, 18(69), 113-126.
- Bozkuş, C. (2002). Kars ve Yakın Çevresinin Sismotektoniği. Akhaltsikhe-Kars Bilim Sempozyumu, Akhaltsikhe-Gürcistan

- Ceylan, Ş., & Yılmaz, I. (2020). Orta ölçekli yerleşime uygunluk planlarının CBS tabanlı analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılarak hazırlanması: Sivas il merkezi örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(3), 545-558. <https://doi.org/10.5505/pajes.2019.98975>
- Civelekler, E., & Afacan, K. B. (2023). Yeraltı suyunun spektral davranışa etkisi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 256-264. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1187363>
- Coşkun, M., & Toprak, F. (2023). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı orman yangını risk analizi: Bartın İli örneği. *Geomatik*, 8(3), 250-263. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1192219>
- Demir, M. (2013). Kars Kent Coğrafyası. (Yayın no: 326848), [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi],
- Demir, M. (2015). Kars ilinin nüfus gelişimi ve başlıca demografik özellikleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(34), 127-156. <https://doi.org/10.17295/dcd.76933>
- Demir, M., & Alım, M. (2017). Fonksiyonel özellikleri bakımından Kars kenti. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 537-560.
- Douglas, J. (2003). Earthquake ground motion estimation using strong-motion records: a review of equations for the estimation of peak ground acceleration and response spectral ordinates. *Earth-Science Reviews*, 61(1-2), 43-104. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(02\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(02)00112-5)
- DSİ (2014). Kars Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu, Kars.
- Erden, T., & Karaman, H. (2012). Analysis of earthquake parameters to generate hazard maps by integrating AHP and GIS for Küçükçekmece region. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(2), 475-483. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-475-2012>
- Goepel, K. D. (2018). Implementation of an online software tool for the analytic hierarchy process (AHP-OS). *International journal of the analytic hierarchy process*, 10(3), 469-487. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590>
- Gündüz, T. (2008). "Kars", Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, <https://islamansiklopedisi.org.tr/kars>
- Güven, İ. T., & Gerçek, D. (2017). Değirmendere'nin CBS Tabanlı Deprem Risk ve Erişebilirlik Analizi. *Resilience*, 1(1), 31-45. <https://doi.org/10.32569/resilience.364276>
- Hoşgören, M. Y. (1993). Jeomorfolojinin Ana Çizgileri-I (4. Baskı). İstanbul: İstanbul Üniversite Yayın, (3822).
- Işık, E., Karasin, İ. B., & Ulu, A. E. (2020). Eğimli Zeminlerde İnşa Edilen Betonarme Binaların Deprem Davranışlarının İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 162-170. <https://doi.org/10.31590/ejosat.757763>
- Jena, R., Pradhan, B., Al-Amri, A., Lee, C. W., & Park, H. J. (2020). Earthquake probability assessment for the Indian subcontinent using deep learning. *Sensors*, 20(16), 4369. <https://doi.org/10.3390/s20164369>
- Karimi, M., ve Najafi, E., (2015). Earthquake Risk Assessment Using AHP-FUZZY Combined Model in Urban Security (Case Study: Region1 of Tehran metropolitan). *Research And Urban Planning*, 6(20), 17-34.
- Kars Belediyesi (2017). Kars Belediyesi İmar Planı.
- Köksalan, M. M., Wallenius, J., & Zions, S. (2011). Multiple criteria decision making: from early history to the 21st century. *World Scientific*. ISBN-13 978-9814335584
- Kuşçu, İ., Kopar, İ., & Bakırtaş, İ. (2019). Erzurum ilinde (Türkiye) 1907-2018 yılları arasında kaydedilen M_≥ 3.0 depremlerin mekânsal analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(4), 1607-1624.
- Ocak, F. ve Bahadır, M. (2022). CBS teknikleri kullanılarak deprem duyarlılık analizi için Analitik Hiyerarşi Prosesi: Samsun Ladik Gölü Havzası örneği, *Türkiye. Kesit Akademi Dergisi*, 8 (33), 322-348.
- Özkazanç, S., Siddiqui, S. D., & Güngör, M. (2020). Sensitivity analysis of earthquake using the analytic hierarchy process (AHP) method: Sample of Adana. *İdealkent*, 11(30), 570-591. <https://doi.org/10.31198/idealkent.716402>
- Özşahin, E. (2014). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak Tekirdağ ilinde deprem hasar riski analizi. *Journal of Human Sciences*, 11(1), 861-879.
- Özşahin, E., & Eroğlu, İ. (2019). Erzincan kentinde yerel zemin özelliklerinin deprem duyarlılığına etkisi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(1), 41-57. <https://doi.org/10.21324/dacd.428012>
- Panahi, M., Rezaie, F., & Meshkani, S. A. (2014). Seismic vulnerability assessment of school buildings in Tehran city based on AHP and GIS. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(4), 969-979. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-969-2014>
- Prachi, J. (2021) What is analytical hierarchy process (AHP) and how to use it. <https://www.managementstudyguide.com/analytical-hierarchy-process.htm>
- Saaty, T. L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill. Pittsburgh: RWS Publications ISBN: 0070543712, 9780070543713
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of Services sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Sarı, F., & Sen, M. (2017). Least cost path algorithm design for highway route selection. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.26833/ijeg.285770>
- Sarvar, H., Amini, J., & Laleh-Poor, M. (2011). Assessment of risk caused by earthquake in region 1 of Tehran using the combination of RADIUS, TOPSIS and AHP models. *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 1(1), 39-48.
- Shawon, T. A., Mahmud, M. A., Rahman, M. M., Ubaura, M., & Rashied, M. (2021). Evaluating earthquake vulnerability using Analytical Hierarchy Process (AHP) and social appraisal of retrofitting in Lalmatia, Dhaka. 1st Croatian Conference on Earthquake Engineering, 1CroCEE, Zagreb, Croatia, 145-156. <https://doi.org/10.5592/CO/1CroCEE.2021.199>
- Siyahi, B., Çetin, K. Ö., & Bilge, H. T. (2013). Geoteknik deprem mühendisliği açısından zemin-temel-yapı

- etkileşimine kritik bakış. Türkiye Mühendislik Haberleri, 484, 41-50.
- Sümengen, M. (2009). 1:100.00 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Kars H50 paftası, no 108. Jeolojik Etütler Dairesi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara
- Tavana, M., Soltanifar, M., & Santos-Arteaga, F. J. (2023). Analytical hierarchy process: Revolution and evolution. *Annals of operations research*, 326(2), 879-907. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04432-2>
- Taherdoost, H., & Madanchian, M. (2023). Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 3(1), 77-87. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
- USGS, (2023), Earthquake lists, maps, and statistics, U.S. Geological Survey, <https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/lists-maps-and-statistics>
- Yavaşoğlu, F., & Özden, Ç. V. (2017). Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı analitik hiyerarşi süreci kullanılarak deprem hasar riski analizi: Kadıköy örneği. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10(3), 28-38.
- Yemenicioglu, C., Kaya, Ş., & Seker, D. Z. (2016). Accuracy of 3D (three-dimensional) terrain models in simulations. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 1(1), 34-38. <https://doi.org/10.26833/ijeg.285223>
- Yılmaz, D., Akkaya, S., & Vaheddoost, B. (2023). Gemlik İlçesi rüzgâr enerji santrali potansiyel yer analizi. *Geomatik*, 8(3), 264-276. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1209940>



© Author(s) 2024. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>