

E - ISSN: 2667 - 4238



**JEOMORFOLOJİK
ARAŞTIRMALAR
DERGİSİ / JOURNAL OF
GEOMORPHOLOGICAL
RESEARCHES**

JADER

Yıl / Year : 2024

Sayı / Issue : 13

JADER, Jeomorfoloji Derneği'nin Resmi Yayın Organıdır.
www.jd.org.tr - <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jader>

JEOMORFOLOJİK ARAŞTIRMALAR DERGİSİ (JADER)
Journal of Geomorphological Researches

E - ISSN: 2667- 4238

YIL / YEAR: 2024 SAYI / ISSUE: 13

Sahibi / President

Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU

Baş Editör / Chief Editor

Prof. Dr. İsa CÜREBAL (Balıkesir Üniversitesi)

Editörler / Editors

Doç. Dr. Mesut ŞİMŞEK (Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Murat POYRAZ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi)

Mizanpaj Editörü / Layout Editor

Araş. Gör. Abdülkadir DURAN (Ardahan Üniversitesi)

Yayın Danışma Kurulu / Editorial Adviser Board

A. Evren ERGİNAL, Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye
Abdullah SOYKAN, Balıkesir University, Türkiye
Darrel MADDY, Newcastle University, UK
David R. BRIDGLAND, Durham University, UK
Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU, Ankara University, Türkiye
Hüseyin TUROĞLU, İstanbul University, Türkiye
Jereon M. SCHOORL, Wageningen University, The Netherlands
M. Kirami ÖLGEN, Ege University, Türkiye
Robert WESTAWAY, University of Glasgow, UK
Tom VELDKAMP, University of Twente, The Netherlands
Tuncer DEMİR, Akdeniz University, Türkiye
Uğur DOĞAN, Ankara University, Türkiye

© Her Hakkı Saklıdır. Dergide yer alan yazılar kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir. Yazıların her türlü sorumluluğu yazarlara aittir. / All rights reserved. The articles in the journal can be cite by showing the source. All responsibilities of the articles belong to the authors.

Kurumsal İletişim / Official Contact

Laleli Büyük Reşitpaşa Caddesi, Vardar İşhanı, No:30/14, Balabanağa Mah., Fatih - İstanbul, Türkiye

Editör İletişim / Editorial Contact

Prof. Dr. İsa CÜREBAL (curebal@balikesir.edu.tr)

Balıkesir Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Altıeylül - Balıkesir

Teknik İletişim / Technical Contact

Dr. Öğr. Üyesi Murat POYRAZ (mpoyraz@ahievran.edu.tr)

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kırşehir

Kapak Tasarımı / Cover Design

İsa CÜREBAL

Yayın Politikası / Press Politics

JADER, yılda iki kez yayımlanan uluslararası hakemli, akademik bir alan dergisidir. Yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Makaleler, Türkçe başlık, özet, İngilizce başlık, abstract (250-300 kelime), anahtar kelimeler (4-5 kavram) ve APA stiline uygun olarak hazırlanan kaynakça içerir. Dergide bağımsız çift - kör hakemlik sistemi uygulanmaktadır.

JADER is an international peer-reviewed academic journal published twice a year. The language of publication is Turkish and English. Articles include Turkish title, Turkish abstract, English title, English abstract (250-300 words), keywords (4-5 concepts) and references prepared in APA style. Independent double-blind peer-review system is applied in the journal.

Dizin ve Taranma / Abstracted in



Editörden

Jeomorfoloji Derneği'nin resmi yayın organı olarak 2018 yılında yayın hayatına başlayan JADER - Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi'nin 2024 yılı Ekim dönemi yani 13. sayısını yayınlamaktan dolayı gururluyuz.

DergiPark üzerinden evrimii olarak erişilebilen derginin bu sayısında 6 ayrı araştırma makalesi editoryal ve hakemlik süreçlerinin tamamlanmasıyla yayına kabul edilmiştir.

Bu sayıda, iki ayrı sel - taşkın jeomorfolojisi çalışması, bir adet kıyı jeomorfolojisi, bir adet heyelan duyarlılık analizi, bir adet morfometri analizi, bir adet flüvyal jeomorfoloji konulu makale yer almaktadır.

2025 yılının ilk ve dergimizin 14. sayısı için göndereceğiniz yayınları sabırsızlıkla beklemekteyiz. Bu sayının yayınlanmasındaki katkılarından dolayı, tekrar ve tekrar makaleleri değerlendirme zahmetine katlanan hakemlerimize, editörler kuruluna ve makale yazarlarına ayrı ayrı teşekkür ederim. Yeni sayıda buluşmak üzere, hoşçakalın.

İsa CÜREBAL

Baş Editör

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article	
<i>Beydağları'nın Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım</i>	1
Fatih DARICI & Cihan BAYRAKDAR	
Araştırma Makalesi / Research Article	
<i>Frekans Oranı Yöntemi Kullanılarak Arsuz Çayı Havzası Heyelan Duyarlılık Analizi</i>	23
Semir DEMİRBİLEK & Hüseyin TUROĞLU	
Araştırma Makalesi / Research Article	
<i>3. Temporal Shoreline Changes From 1984 to 2022 Along Beymelek Beach and Beymelek Lagoon, Antalya, Türkiye</i>	40
Hatice KILAR & Olgu AYDIN	
Araştırma Makalesi / Research Article	
<i>Dicle Nehri'nin Genç Dryas ve Holosen'deki Sıcak - Soğuk İklim Döngülerine Tepkisi</i>	52
Uğur DOĞAN	
Araştırma Makalesi / Research Article	
<i>Evaluation of Potential Flood Areas in the Basin of Lake Ladik through AHP and GIS Integration, (Samsun, Türkiye)</i>	71
Fatih OCAK & Muhammed BAHADIR	
Araştırma Makalesi / Research Article	
<i>Akarsu Kıyı Kenar Çizgisinin Sel ve Taşkın İçin Önemi</i>	94
Hüseyin TUROĞLU	

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

BEYDAğLARI'NIN JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE MORFOMETRİK YAKLAşIM

Morphometric Approach to the Geomorphological Features of Beydağları

Fatih DARICI^a, Cihan BAYRAKDAR^b

^a İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya ABD, İstanbul

f.darici@hotmail.com  <https://orcid.org/0009-0006-7573-1272>

^b İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul

cihanbyr@istanbul.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0001-5542-700X>

Makale Tariğesi

Geliş 24 Mart 2024

Kabul 6 Mayıs 2024

Article History

Received 24 March 2024

Accepted 6 May 2024

Anahtar Kelimeler

Beydağları, Morfometri,
Coğrafi Bilgi Sistemleri,
Jeomorfoloji

Keywords

Beydağları, Morphometry,
Geographic Information
Systems, Geomorphology

Atıf Bilgisi / Citation Info

Darici, F. & Bayrakdar, C. (2024)

Beydağları'nın Jeomorfolojik

Özelliklerine Morfometrik

Yaklaşım / Morphometric

Approach to the

Geomorphological Features of

Beydağları, Jeomorfolojik

Araştırmalar Dergisi / Journal

of Geomorphological

Researches, 2024 (13): 1-22.

doi: 10.46453/jader.1458005

ÖZET

Teke Yarımadası'nın en doğusunda bulunan ve bölgenin en yüksek zirvesine (Kızlırsivrisi Tepe, 3070 m) sahip olan Beydağları, batıda Elmalı Ovası (1100 m), doğuda Alakır Çayı arasında yer alan ve 2700 m'yi geçen birçok zirve barındıran oldukça yüksek bir küttedir. Yapısal özellikleri bakımından bütünüyle otokton bir yapıda olan Beydağları, kalın bir kireçtaşı istifinden oluşmaktadır. Pleyistosen buzullaşmalarından da etkilenmiş olan Beydağları üzerinde 2200 m'den itibaren sirkler, törpülenmiş kaya yüzeyleri, piramidal zirveler, ve farklı türde moren depoları gibi buzul jeomorfolojisine ait şekillerin birçoğuna rastlanmıştır. Bu çalışmada Beydağları'nın jeomorfolojik gelişiminde rol oynayan etken ve süreçlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı morfometrik analizler ve kapsamlı arazi çalışmaları ile desteklenerek belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda birtakım jeomorfik indislerden faydalanılmıştır. Bunlar; eğim ve bakı analizleri, hipsometrik eğri ve integrali, dağ cephesi sinüzite indeksi, vadi tabanı genişliği-vadi tabanı yüksekliği oranı, kapalı depresyon analizi ve swath profilleridir. Elde edilen sonuçlara göre, hipsometrik integral değerin 0,48 olup bu değer sahanın gençlik evresinden olgunluğa geçiş aşamasında olduğunu göstermektedir. Dağ cephesi sinüzite oranlarına bakıldığında ise güney, güneydoğu ve güneybatı dağ cephesinin kuzeybatı ve kuzeydoğu dağ cephesinden tektonik aktivitenin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Akarsu havzalarının orta ve yukarı çığırlarından hesaplanan vadi tabanı genişliği - vadi tabanı yüksekliği oranı düşük (1'in altında) değerlere sahiptir. Kapalı depresyon analizine göre de 1761 km² alanda derinlikleri 96 m'ye ulaşan kapalı depresyonlar (doliner, uvalalar ve polyeler) tespit edilmiş olup, bu depresyolar arasında doliner geniş bir alanda yayılış göstermektedir. Swath profilleri, çalışma sahasının yer aldığı dağlık bölgede yükselme delilleri göstermektedir. Bu analiz sonuçları çalışma sahasının jeomorfolojik gelişiminde tektonik hareketlerin, buzullaşmanın, karstlaşmanın ve flüvyal süreçlerin etkili olduğuna işaret etmektedir.

ABSTRACT

Beydağları, which is located in the easternmost part of the Teke Peninsula and has the highest peak of the region (Kızlırsivrisi Tepe, 3070 m), is a very high mass located between the Elmalı Plain (1100 m) in the west and the Alakır River in the east and hosts many peaks exceeding 2700 m. Beydağları, which has a completely autochthonous structure in terms of its structural features, consists of a thick limestone stack. Beydağları, which was also affected by the Pleistocene glaciations, has many glacial geomorphological features such as cirques, rasped rock surfaces, pyramidal peaks, and different types of moraine deposits from 2200 m onwards. The aim of this study is to reveal the factors and processes that play a role in the geomorphological development of Beydağları, supported by Geographic Information Systems (GIS) based morphometric analyses and comprehensive field studies. In this context, a number of geomorphic indices were utilized. These; slope and aspect analysis, hypsometric curve and integral, mountain front sinuosity index, valley floor width-valley floor height ratio, closed depression analysis and swath profiles. According to the results obtained, the hypsometric integral value is 0.48 and this value indicates that the field is in the transition stage from youth to maturity. When the mountain front sinuosity rates are analysed, it is seen that the south, southeast and southwest mountain fronts have higher tectonic activity than the northwest and northeast mountain fronts. The valley floor width - valley floor height ratio calculated from the middle and upper reaches of the river basins has low values (below 1). According to the closed depression analysis, closed depressions (dolines, uvalas and polyes) with depths up to 96 m were identified in an area of 1761 km² and among these depressions, dolines are widely distributed. Swath profiles show evidence of uplift in the mountainous region where the study area is located. These analysis results indicate that tectonic movements, glaciation, karstification and fluvial processes are effective in the geomorphological development of the study area.

1.GİRİŞ

Dağlar, çevrelerinden daha yüksek rakımlı ve daha belirgin coğrafi özelliklere sahip kara kütleleri olarak kabul edilmektedir (Smith & Mark, 2001; 2003; Dal, 2023). Bu alanların jeomorfolojik gelişimini anlamak için çeşitli türden nicel analizlere ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı gidermeye yönelik olarak bilgisayarların kullanımıyla birlikte gelişimini hızlandıran morfometri biliminden faydalanılmıştır.

Morfometri, şekilsel unsurların kantitatif ölçümü olarak tanımlanır. Jeomorfolojik açıdan ise yüzey şekillerini ele alan jeomorfometri "kantitatif arazi yüzeyi analizi bilimi" olarak tanımlanmaktadır (Pike, 1995; 2000; Rasemann vd., 2004). Matematik, yer bilimleri ve bilgisayar bilimlerinin bir bileşeni olarak ortaya çıkan morfometri, tıp ve biyoloji başta olmak üzere yer bilimlerinden mühendisliğe kadar birçok alanlarda çalışmalar içeren disiplinlerarası bir bilimdir (Pike vd., 2009).

Özellikle son 20 yılda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin gelişmesiyle morfometrik tabanlı analizler önem kazanmıştır. Morfometrik analizler; amaca uygun parametrelerin belirlenmesi ve formüllerin uygulanması işlemidir. Bu analizler sonucunda elde edilen verilerle, çalışma sahasının jeomorfolojik gelişimine olan etkilerinin ortaya konması mümkündür. Böylece farklı sahalarda karşılaştırma imkanı sağlayarak sahanın genel jeomorfolojik karakterinin daha iyi değerlendirilebilmesini kolaylaştıracaktır.

Jeomorfolojik araştırmalarda kullanımı giderek artan morfometri (Patton, 1988; Gardiner, 1990; Hurtrez vd., 1999; Håkanson, 2005; Basso vd., 2013; Barr & Spagnolo, 2015) havza karakterini tanımlama, toprak erozyonu tahmini, heyelan duyarlılığı, yeraltı suyunun hareket tahmini, topografyanın görselleştirmesi gibi birçok problemlerin çözümünde yer bilimlerine ve mühendislik alanlarına güvenilir yöntemler üretmiştir (Florinsky, 1998; Hodgson, 1998).

Ülkemizde de morfometri çalışmaları son yıllarda yoğun bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Özellikle havza morfometrisi (Turoğlu, 1997; Özdemir, 2007; Utlu vd., 2012; Karabulut vd., 2013; Elbaşı & Özdemir, 2018), tektonik jeomorfoloji (Cürebal & Erginal, 2007;

Gürbüz & Güre, 2008; Tarı & Tüysüz, 2011; Özkaymak & Sözbilir, 2012; Yıldırım, 2014; Özsayın, 2016), karst jeomorfolojisi (Keskin & Yılmaz, 2016; Öztürk vd., 2018; Şimşek vd., 2019; Gökkaya vd., 2021) gibi çeşitli alanlarda morfometrik çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Beydağları'nın jeomorfolojik gelişimi üzerinde rol oynayan etken ve süreçleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı morfometrik analizler ve kapsamlı arazi çalışmaları ile desteklenerek belirlenmesidir. Bu kapsamda birtakım jeomorfik indis ve formüllerden faydalanılarak Beydağları'nın jeomorfolojik özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

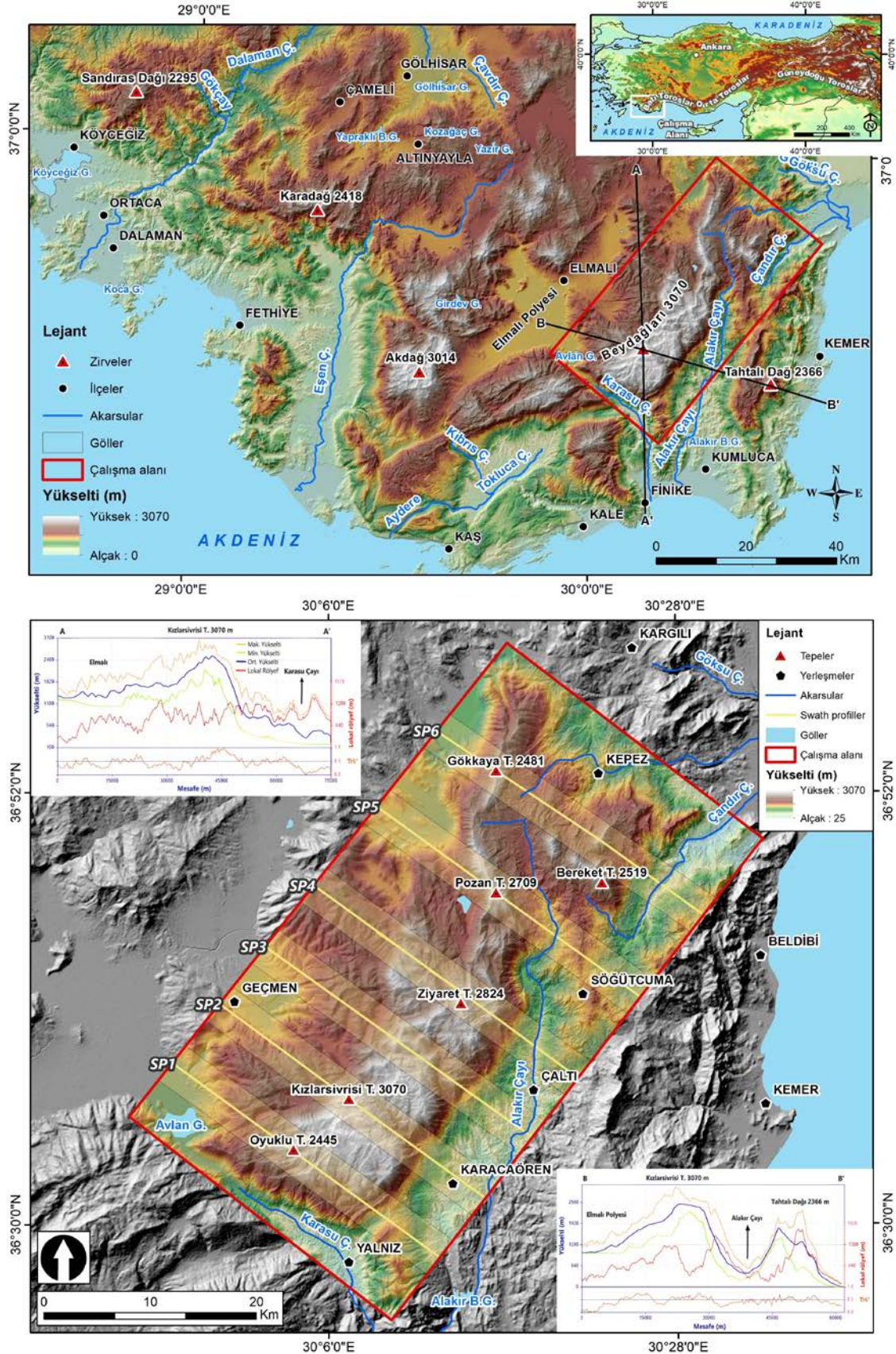
1.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Çalışma alanı, Torosların batı bölümünde, Teke Yarımadası'nın en doğusunda yer alıp, bölgenin en yüksek zirvesine (Kızlarsivrisi T. 3070 m) sahiptir. Beydağları, ana hatlarıyla güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda uzanış gösteren, batıda Elmalı Ovası (1100 m), doğuda Alakır Çayı arasında yer almaktadır. Dağ, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda yaklaşık 50 km uzunluğa, doğu-batı doğrultusunda 35 km genişliğe, 2700 m'yi geçen birçok yükselti barındıran (Kartalkaya T. 2947 m, Çeş T. 2929 m, Ahırcıkbaşı T. 2916 m, Oyuklu T. 2857 m, Ziyaret T. 2824 m, Kartal T. 2820 m, İkiztaş Tepe 2790 m) ve çevresine göre oldukça yüksek bir küttedir (Şekil 1).

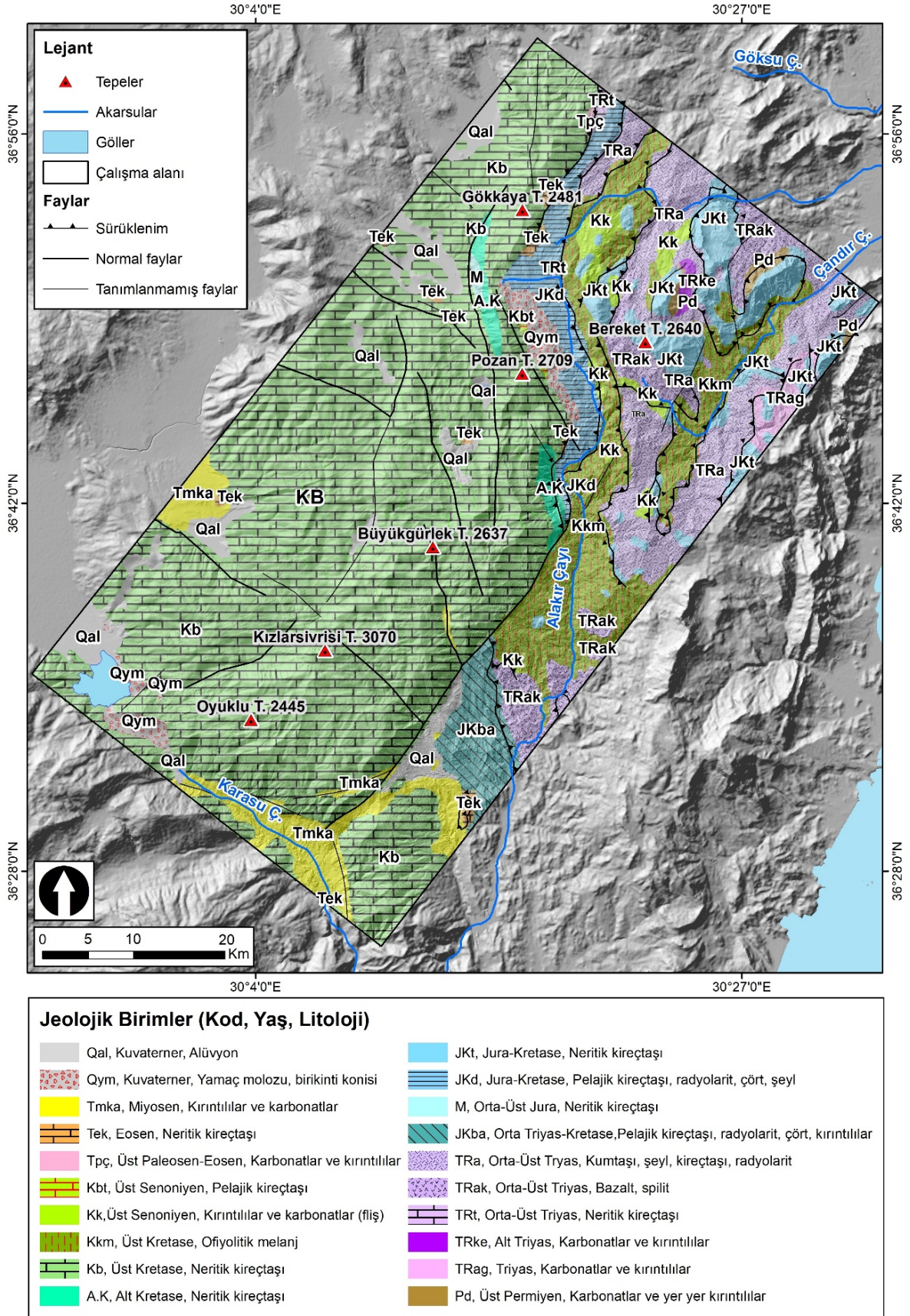
Batı Anadolu'da metamorfizmaya uğramamış yapısal birimi oluşturan Beydağları, bütünüyle otokton yapı özelliği gösterir (Collins & Robertson, 1998). Alp orojenezi sürecinde sıkışmalı tektonik rejime bağlı olarak gelişen bölge (Okay ve Özgöl, 1984), daha sonra nap tektoniğinin hakim olduğu Alt Paleosen'de Antalya Napları'nın Beydağları Otoktonu üzerine yerleşmesi sonucu çok karmaşık bir yapı haline gelmiştir (Gürboğa & Aktürk, 2018). Orta Miyosen'de kuzeyden ve kuzeybatıdan Likya Napları atllarına Yeşilbarak Napını da alarak Beydağları Otoktonu üzerine bindirmişlerdir (Şenel, 1997). Bölgedeki naplaşma hareketlerinin Orta Miyosen'de (Langiyen) tamamlanması ile paleotektonik dönem sona erip neotektonik dönem başlamıştır (Ersoy,

1990). Neotektonik döneme geçiş ile birlikte bölgede, büyük çapta normal faylanmalar gelişmiştir (Şenel, 1997). Litolojik açıdan Permo-Karbonifer'den Kuvaterner'e kadar

birçok birim barındıran çalışma alanı büyük ölçüde Üst Kretase neritik kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şenel, 1997) (Şekil 2).



Şekil 1: Çalışma sahasının ve swath profillerinin (SP) lokasyonu / Figure 1: Location of the study area and swath profiles (SP).



Şekil 2: Çalışma sahasının jeoloji haritası (Şenel, 1997'den ve MTA yerbilimleri portalından düzenlenerek hazırlanmıştır) / **Figure 2:** Geological map of the study area (prepared from Şenel, 1997 and edited form MTA geosciences portal).

Tektonik etkinlikle birlikte çalışma sahasında buzullaşma, karstlaşma ve flüviyal süreçler de etkili olmuştur. Beydağları, Kuvaterner'de

buzullaşmaya uğramış dağlardan biridir. Aktüel buzulun görülmediği sahada buzul jeomorfolojisine ait aşınım ve birikim

şekillerine rastlamak m¼mk¼nd¼r (Louis, 1944; Messerli, 1967; Bayrakdar, 2012; ılđın & Bayrakdar, 2020, Keserci vd., 2023). Çalışma sahasında en sık rastlanılan, karakteristik aşınım şekilleri sirklerdir (şekil 3). Çalışma sahasında 8 adet sirk yer almaktadır (ılđın & Bayrakdar, 2020; Evans vd., 2021). Bu sirklerin tamamına yakını Üst Kretase neritik kireçtaşı içerisinde, yükseltisi 2250-2710 m aralığında olduğu, Kızlarsivrisi Tepe'nin kuzeydoğu, güney ve güneybatı yamaçlarında gelişmiştir (şekil 5). Bu sirklerin önünde başlayan cephe ve tümseksi (hummocky) morenleri, buzul etkinliğin sona erdiği geniş alanlara kadar gözlemlenir.

Kızlarsivrisi Tepe'nin güneyindeki yüksek plato yüzeyinde belirgin bir sirkle başlamayan doğu, güneydoğu, güney ve güneybatı yönünde gelişmiş, asılı vadilerle sonlanan ve büyük ölç¼de deforme edilmiş tekne vadi formları da mevcuttur (Bayrakdar, 2012). Yine Beydağları'nın büyük bölüm¼ farklı yaş ve özellikte kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu kireçtaşları karstik süreçlerin etkili olmasına yol açmış ve buna bağlı olarak dolin, uvala ve polye gibi karst jeomorfolojisine ait şekillerin oluşup gelişmesini sağlamıştır (şekil 4). Bu karstik şekiller arasında en yaygın gör¼len dolinlerdir. şener vd. (2023) yaptıkları çalışmada Beydağları üzerinde 441 km²'lik bir alanda 1159 dolin tespit etmiş olup, ortalama dolin yoğunluğu 2.6 dolin/km², maksimum dolin yoğunluğu ise 20 dolin/km²'ye kadar çıktığını belirtmişlerdir.

Beydağları'nın doğusunda bulunan ve tektonik bir hat boyunca kuzey-güney yönl¼ 73 km uzanış gösteren Alakır ayı ise çalışma alanındaki önemli akarsulardan biridir (şekil 6). Kaynağını Savaş Tepe'nin doğu yamacında bulunan Bahadır mevkiinden alan bu akarsu (Sayhan, 1990), doğu ve batı yamaçlarından pek çok dereyi bünyesi katarak baraj göl¼n¼ ulaştırmaktadır. Barajdan sonra tektonik bir boğazdan Finike ovasına ulaşan Alakır ayı, oluşturduğu al¼vyal yelpazesinin çevresindeki alçak kesimini takip ederek, yeni bir yataktan denize ulaşır (Öner, 2009). Çalışma sahasının güneyinde Karasu ayı ve kuzeydoğusunda yer alan andır ayı, sahayı drene eden diğer akarsuları oluşturur.

Çalışma sahası ve yakın çevresinde kışları yağışlı, yazları uzun, sıcak ve kurak olan Akdeniz

makro iklimi yaşanmaktadır (Xoplaki, 2002; Harding, 2006). Beydağları, Akdeniz iklim kuşağında yer almakta olup Akdeniz'in yüksek dağ iklim özelliklerini yansıtmaktadır (Yasan vd., 2019). Meteoroloji Genel Müdürl¼đ¼'nden elde edilen 6 meteoroloji istasyonunun uzun yıllara ait verilerinden yararlanılmış, bu verilerden çalışma sahasının yıllık ortalama sıcaklık değer lapse rate (0.65) oranına göre 9,4 °C olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama yağış miktarı ise Schreiber form¼l¼ne ($Ph=Po+54h$) göre 1168,5 mm'dir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmanın veri kaynaklarını, 1/25.000 ölçekli topografya haritaları, 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları ve Harita Genel Müdürl¼đ¼'nden temin edilen 5 metre özünürl¼kl¼ Sayısal Yükselti Modeli (SYM) oluşturmaktadır. Çalışma sahasının iklim özelliklerinin belirlenmesinde Meteoroloji Genel Müdürl¼đ¼'nden Korkuteli, Kemer, Elmalı, Elmalı Orman Sahası, Kumluca (KK) ve Finike meteoroloji istasyonlarının uzun ve kısa dönemli verileri temin edilmiştir. Morfometrik analizler, ArcGIS 10.8, SAGA GIS ve QGIS 3.22.1 programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tablo ve grafikler için Excel 2016 programından faydalanılmıştır. Son olarak çalışma sahasına ait hava fotoğrafları için farklı dönemlerde yapılan (2020 ve 2021 yaz dönemi) arazi çalışmaları sırasında İHA görünt¼leri (DJI Phantom 4 Pro) kullanılmıştır.

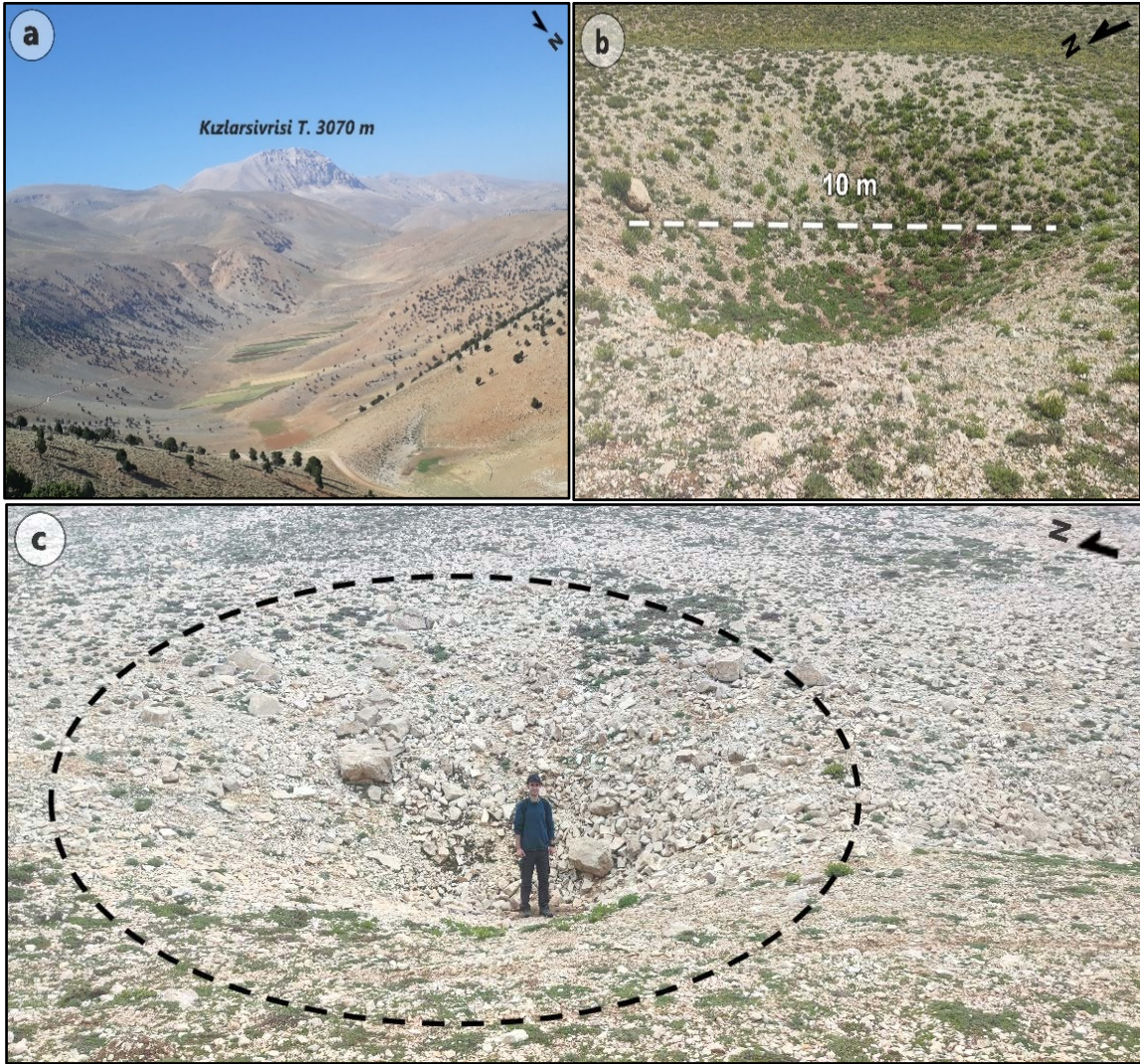
2.2. Yöntem

Yüzey şekillerinin kantitatif ölç¼m¼ olarak tanımlanan morfometri, jeomorfolojik unsurların boyutları, yükseklikleri ve eğim özelliklerini ortaya koymaktadır (Keller & Pinter, 2002). Böylece alışma sahasının geçirdiği evrimin ve jeomorfolojik dinamiklerin daha iyi değerlendirilebilmesini sağlayacaktır. Bu kapsamda eğim ve bakı özellikleri, hipsometrik eğri (Hc) ve integrali (Hi), dağ cephesi sinüzitesi (Smf), vadi tabanı genişliği-vadi tabanı yüksekliği oranı (Vf), kapalı depresyon analizi ve swath profiller gibi birtakım morfometrik analizlerden faydalanılmıştır.

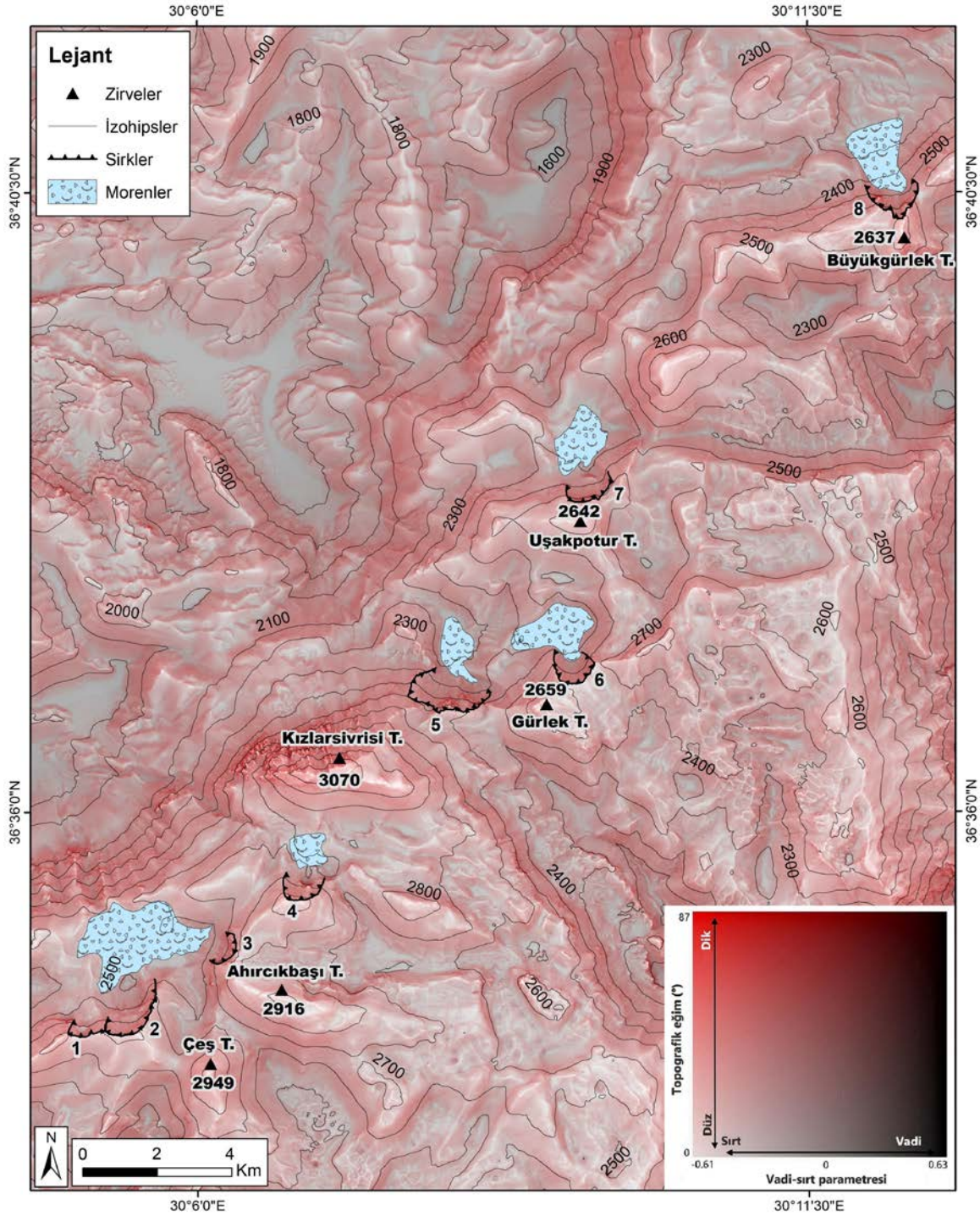


Şekil 3: Beydağları'nın kuzeye dönük yamaçlarında gelişen sirk ve önündeki kalıntı (relikt) kaya buzulu.

Figure 3: The cirque developing on the north-facing slopes of Beydağları and the relict rock glacier in front of it.



Şekil 4: Çalışma sahasında görülen karstik depresyonlar: (a) uvalalar, (b,c) dolinler / Figure 4: Karst depressions seen in the study area: (a) uvalas, (b,c) dolines.



Şekil 5: Beydağları kütlesi üzerinde Pleyistosen'e ati sirk ve morenlerin kırmızı rölyef haritası üzerinde gösterimi (Çılığın, Bayrakdar, 2020; Evans vd., 2021'den faydalanılarak hazırlanmıştır) / **Figure 5:** Representation of Pleistocene cirques and moraines on the Beydağları mass on the red relief map (prepared using Çılığın and Bayrakdar, 2020; Evans et al., 2021).

2.2.1. Eğim ve Bakı Özellikleri

Eğim, topografyada farklı devrelere ait aşınım yüzeylerinin ayırt edilmesinde, epirojenik çarpılmaların ortaya konulmasında, toprak analizlerinde ve bir sahanın morfolojik karakterinin belirlenmesinde önemli bir etkindir (Bilgin, 2017). Çalışma sahasının eğim sınıflaması, Bogomolov (1963) ve Verstappen (1983) referans alınarak oluşturulmuştur.

Bir yamacın bakı özellikleri, güneşlenme süresi ve miktarını etkileyerek, söz konusu yamacın güneşten aldığı solar radyasyon miktarını belirleyen jeomorfolojik bir etkindir (Turoğlu, 2011). Yine farklı bakı özelliklerine sahip yamaçlardaki bitki türlerini, yüzeyel akış miktarlarını ve dolayısıyla da aşınma ve ayrışma süreçlerini de etkiler ve kütle hareketlerini kontrol edici rol oynar (Turoğlu & Özdemir, 2005). Bu kapsamda çalışma sahasına ait SYM

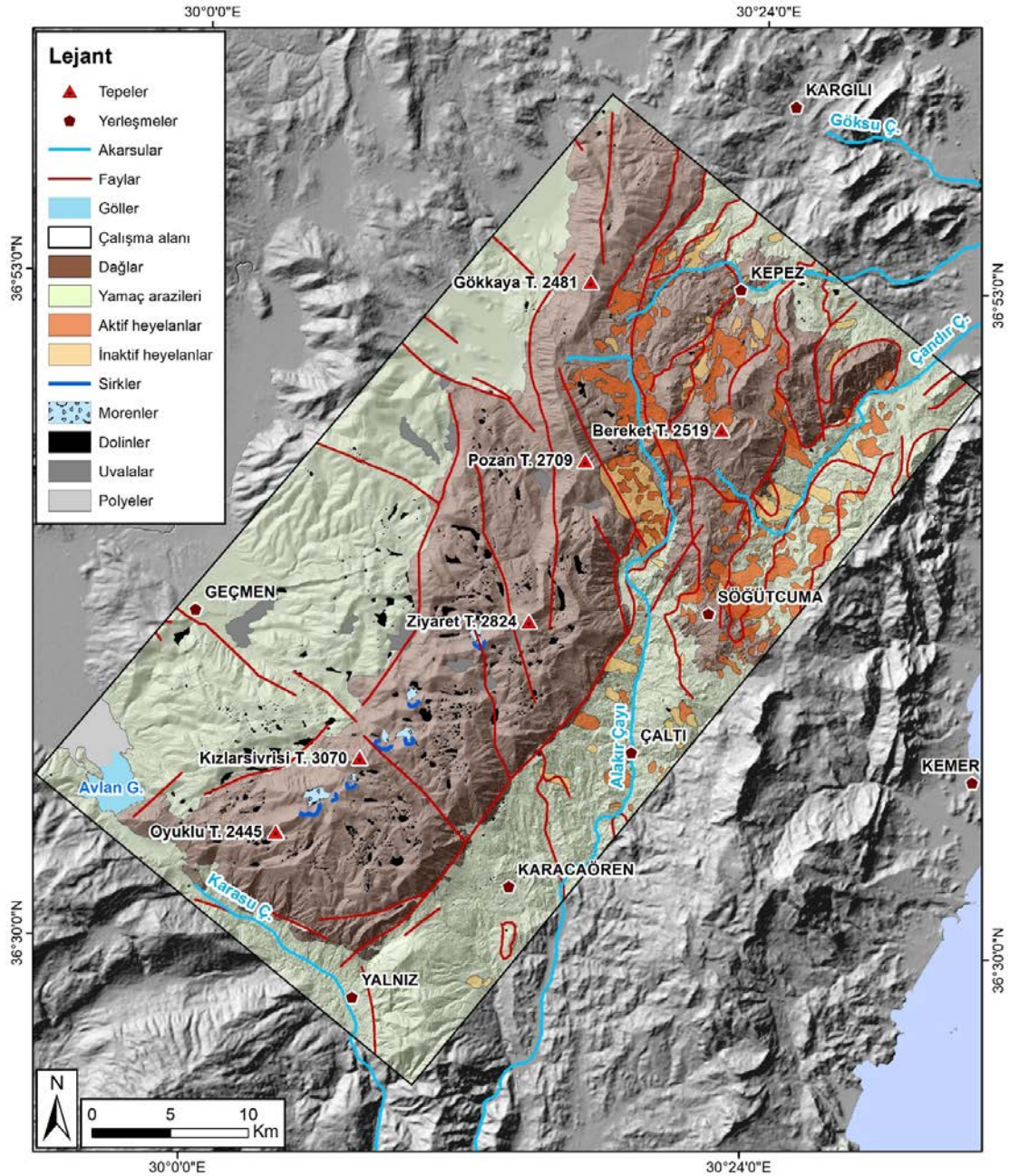
verisinden bakı haritası oluşturularak analiz edilmiştir.

2.2.2. Hipsometrik Eğri (Hc) ve İntegrali (Hi)

Hipsometrik eğri, bir sahanın yükseklik dağılımını ifade eder ve toplam yükseklik oranının (rölatif yükseklik h/H), toplam alana (rölatif alan a/A) izdüşürülmesi ile elde edilir (Strahler, 1952). Çalışma sahasının geneline DEM verisinden faydalanılarak 200 metre aralıklarla hipsometrik eğri oluşturulmuştur. Hipsometrik İntegral ise bu eğrinin altında kalan alanın oransal ifadesidir ve aşağıdaki formüle (1) göre hesaplanır (Keller & Pinter, 2002):

$$Hi = \frac{H - H_{min}}{H_{max} - H_{min}} \quad (1)$$

Formülde (H) ortalama yüksekliği, (Hmin) minimum yüksekliği, (Hmax) maksimum yüksekliği ifade eder. Hipsometrik eğrilerin şekli ise sahanın jeomorfolojik gelişim evresi ile ilgilidir. İç bükey (konkav) eğriler büyük oranda aşınmış olgun sahaları, dış bükey (konveks) eğriler aşınım döngüsündeki genç sahaları, "S" şekilli eğriler kısmen aşınmış sahaları, kompleks eğriler ise olasılıkla tektonik hareketlerle ilişkili olarak gençleşmeye uğrayan sahaları karakterize etmektedir (Perez-Pena vd., 2010; Giaconia vd., 2012; Sol, 2017).



Şekil 6: Çalışma sahasının jeomorfoloji haritası (Sirk ve morenler Çılğın ve Bayrakdar, 2020; Evans vd., 2021'den, faylar ve heyelanlar MTA yerbilimleri portalından faydalanılarak hazırlanmıştır) / **Figure 6:** Geomorphology map of the study area (Cirques and moraines from Çılğın and Bayrakdar, 2020; Evans et al., 2021, faults and landslide prepared using the MTA geosciences portal).

2.2.3. Dağ Cephesi Sinüzitesi (Smf)

Dağ cephesi sinüzitesi; dağ cephelerini aşındırmaya çalışan erozyonel süreçler ile dağ cephelerini düzleştirmeye çalışan tektonik kuvvetler arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır (Keller & Pinter 2002; Bull, 2007).

Aktif olarak yükselmenin egemen olduğu dağ cephelerinde sinüzite değeri 1-1.5 arasında iken, orta derecede aktif dağ cephelerinde ise bu değer 1.5-3 arasındadır. Tektonik olarak inaktif durumda olan dağ cephelerinde ise sinüzite değeri 3'ten büyüktür (Bull, 2007). Dağ cephesi sinüzite indeksi aşağıdaki formül (2) kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$Smf = Lmf/Ls \quad (2)$$

Formülde (Lmf) dağ önünde belirgin eğim kırığı boyunca çizilen dağ cephesinin uzunluğu, (Ls) dağ cephesi boyunca çizilen doğrusal bir hattın uzunluğunu ifade etmektedir.

2.2.4. Vadi Tabanı Genişliği-Vadi Tabanı Yüksekliği Oranı (Vf)

Vadi tabanı genişliği-vadi tabanı yüksekliği oranı, vadi yamaçları üzerinde tektonik etkinliği ortaya koyan bir indis olup dağ cephesinden belirli bir mesafede hesaplanır (Bull & Mcfadden, 1977; Keller & Pinter, 2002). Yüksek Vf değerleri düşük yükselme hızının olduğunu işaret ederken, düşük Vf değerleri ise genellikle yükselmeyle bağlantılı ve akarsular tarafından derin bir şekilde aşındırılmış "V" şekilli vadileri yansıtır (Keller & Pinter, 2002). Vf indisi aşağıdaki formül (3) kullanılarak hesaplanır:

$$Vf = 2Vf_{w} / [(Eld - Esc) + (Erd - Esc)] \quad (3)$$

Formülde (Vfw) vadi tabanı genişliği, (Eld) vadinin sol yamacının yüksekliği, (Erd) vadinin sağ yamacının yüksekliği, (Esc) Vadi tabanının yüksekliğini ifade etmektedir. El Hamdouni vd. (2008) tarafından geliştirilen aşağıdaki sınıflamada Vf değer aralıkları ve temsil ettikleri tektonik aktivite dereceleri esas alınmıştır (Tablo 1).

2.2.5. Kapalı Depresyon Analizi

Çalışma sahasında kapalı depresyonların dağılışının ortaya konması ve bu dağılışı etkileyen koşulların belirlenmesi için SAGA GIS'de (Conrad vd., 2015) çalışma sahasına ait DEM verisinden faydalanılarak, arazi analizi

(terrain analysis) modülü altında bileşik analizinden (compound analyses) üretilen kapalı depresyon (closed depressions) analizi uygulanmıştır. Çalışma alanı içerisindeki kapalı depresyonların dağılışını ve derinliğini hızlı bir şekilde ortaya çıkaran bu analiz, karstik alanlarda (Duszynski vd., 2018), hidrolojik modellemelerde (Jancewicz vd., 2019), kütle hareketlerinin etkili olduğu sahaların tespitinde (Bayrakdar vd., 2020) ve toprak erozyonu oranlarının hesaplanmasında (Kolodynska Gawrysiak vd., 2021) başarılı sonuçlar vermektedir.

2.2.6. Swath Profil Özellikleri

Swath profiller, arazi yüzeyinin uzun veya kısa dönemli evriminin ölçülmesinde ve erozyon oranlarının tespit edilmesinde en çok kullanılan analizlerden biridir (Gönençgil & Halis, 2021). Perez-Pena vd. (2017) tarafından geliştirilen swath profili, ArcMap ortamında 'SwathProfiller' eklentisi yüklenerek çalışma sahasına uygulanmıştır (Şekil 1). Bu eklenti, bir alan veya bant içindeki topografyanın maksimum, minimum, ortalama yükselteleri, lokal rölyefi ve hipsometriyi analiz ederek bu tür grafiklerde değerli bilgi sunar (Perez-Pena vd., 2017).

Genel olarak az ile orta düzeyde yarılan havzalar ya da platolar gibi durağan alanlar lokal rölyef için düşük değerler üretirler ve swath profillerinde tüm hatların birleştiği bir profil karakteri sunar. Yüksek lokal rölyef ve alan profilleri arasında daha geniş farklılıkların görüldüğü sahalar ise dağ sıralarına, yüksek yarılmalara ve yükselmeye maruz kalmış arazilere işaret etmektedir (Perez-Pena vd., 2017). Çoğu topografyada belirgin bir swath profili için ortalama yükseklik minimum yükseltiye, maksimum yükseltiden daha yakındır. Ortalama yükseltinin maksimum yükseltiye yaklaşması durumunda ise bu yukarı yönlü yaklaşma, arazinin yükselmiş olabileceğine işaret eder (Wobus vd., 2006; Keller & Pinter, 2012).

Hl'nin 1'e yakın değerleri, ortalama yüksekliklerin maksimum yüksekliklere daha yakın olduğunu gösterir ve dolayısıyla genç geçiş arazisi olarak tanımlanır. Buna karşılık 0'a yakın Hl değerleri ortalama yükseltinin minimum yükseltiye yakın olduğu olgun bir

araziye işaret eder (Perez-Pena vd., 2017). Burada H_i 'nin hesaplanmasında aşağıda yer alan denklem (4) yardımıyla ortaya çıkabilecek hata paylarından kaçınmak için enine

hipsometrik integral (TH_i) kullanımı önerilmiştir:

$$TH_i = (HI - 0,5)w_i + 0.5 \quad (4)$$

Tablo 1: Vf tektonik aktivite sınıflamasında kullanılan değer aralıkları / **Table 1:** Value ranges used in Vf tectonic activity classification.

Sınıf	Değer Aralığı	Değer Anlamı
1	$Vf \leq 0,3$	Yüksek seviye tektonik aktivite
2	$0,3 < Vf < 1$	Orta seviye tektonik aktivite
3	$Vf \geq 1$	Düşük seviye tektonik aktivite

3. BULGULAR ve TARTIşMA

3.1.Eğim ve Bakı zellikleri

Çalışma sahasının eğim haritası incelendiğinde eğim değerleri $0-74^\circ$ arasında değişiklik göstermekte olup ortalama eğim 15° 'dir (şekil 7). Alanın % 50'si 15° ve üzerinde eğim değerine sahiptir (Tablo 2). Bu değerler, çalışma sahasının büyük bir bölümünün yüksek eğim değerlerine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Fayların geçtiği alanlarda eğim değerleri 74° 'ye kadar çıkmaktadır. Eğim değerlerinin düşük olduğu alanlar ise depresyon tabanlarına ve zirve düzlüklerine karşılık geldiği grlmektedir.

Çalışma sahasının bakı özellikleri incelendiğinde sahanın dağlık yapıda olmasından dolayı bakı yönlerinde düzenli bir dağılış göstermez (şekil 7). Bakı yönlerinde en geniş alanı doğuya bakan yamaçlar kaplamaktadır. Ardından güneydoğu ve kuzeydoğu yönleri sırasıyla takip etmektedir. En az alan kaplayan yönler ise kuzeye ve güneye bakan yamalardır (Tablo 3).

3.2. Hipsometrik Eğri (H_c) ve İntegrali (H_i)

Beydağları'nın jeomorfolojik gelişim evresinin belirlenmesi için sahanın hipsometrik eğrisi ve integral özellikleri incelenmiştir. Çalışma sahasından elde edilen hipsometrik eğrinin "S" şekilli bir profile sahip olduğu grlmektedir (şekil 8). Eğri sahanın aşağı kesimlerinde konkav, yukarı kesimlerinde ise konveks bir uzanış göstermektedir. Buna göre saha

morfolojik evrim bakımından yarı olgunluk-geenlik arası bir geçiş karakteri yansıttığı söylenbilir. Çalışma sahasının hipsometrik integral değerleri $0,48$ 'tir. Bu değer, sahanın farklı süreçlerden (tektonizma ve flüvyal süreçler) etkilendiğini ve topografyanın orta düzeyde aşındırıldığını göstermektedir. Yarı olgun-geç evreyi karakterize eden bu durumu, çalışma sahasına ait hipsometrik eğri de desteklemektedir.

3.3. Dağ Cephesi Sinzitesi (S_{mf})

Dağ cephesi sinüzitesi çalışma sahasının doğu, batı ve güney yamaçlarında belirgin eğim kırığı olan alanlara uygulanmıştır (şekil 9). Yapılan sinüzite hesaplarına göre, $1,35 - 1,82$ arasında değişen değerler elde edilmiştir. Tektonik aktivite bakımından daha düşük karakter gösteren alanlar Beydağları'nın kuzeybatı yamacında 5 numaralı dağ cephesi sinüzite değerleri $1,61$ 'dir. Yine aynı şekilde çalışma sahasının kuzeydoğusunda Alakır ayı tarafından yarılmış yamaçlarına karşılık gelen 3 ve 4 numaralı dağ cephesi sinüzite değerleri sırasıyla $1,82$ ve $1,55$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4). Fakat Beydağları'nı güneyden sınırlayan Karasu ayı yamacında 1 numaralı dağ cephesi sinüzite değerleri $1,44$ olarak hesaplanmıştır. Yine Beydağları'nın güneydoğu yamacında 2 numaralı dağ cephesi sinüzite değerleri $1,50$ 'dir. Elmalı Ovası'nın doğusunda yer alan 6 numaralı dağ cephesinin sinüzite değerleri ise $1,35$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer, hesaplanan 6 dağ cephesi içinde en düşük değerdir.

Tablo 2: Çalışma alanının eğim sınıflaması / **Table 2:** Slope classification of the study area.

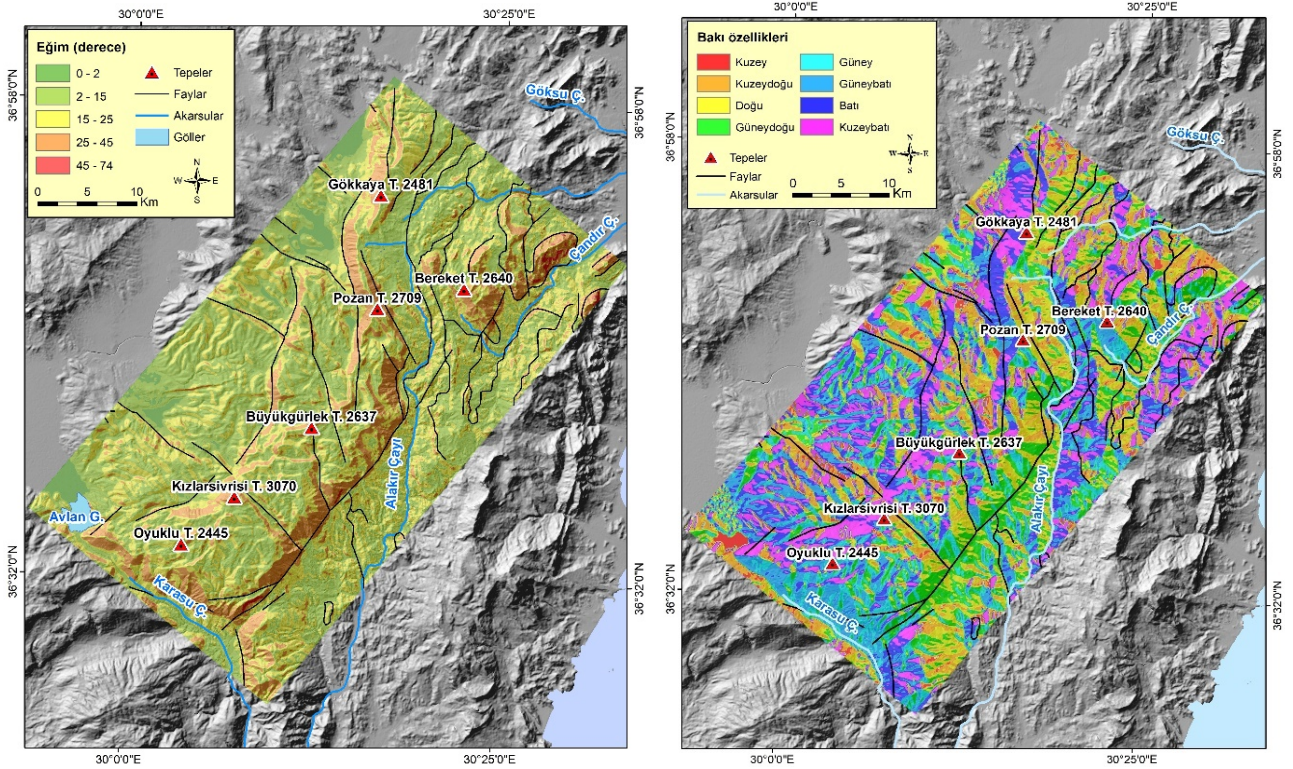
Eğim Değerleri (°)	Morfolojik Tanımı	Kapladığı Alan (%)
0-2	çok az eğimli	3,3
2-15	Az eğimli	46,4
15-25	Hafif eğimli	34,9
25-45	Dik	15,2
45-74	çok dik	0,3

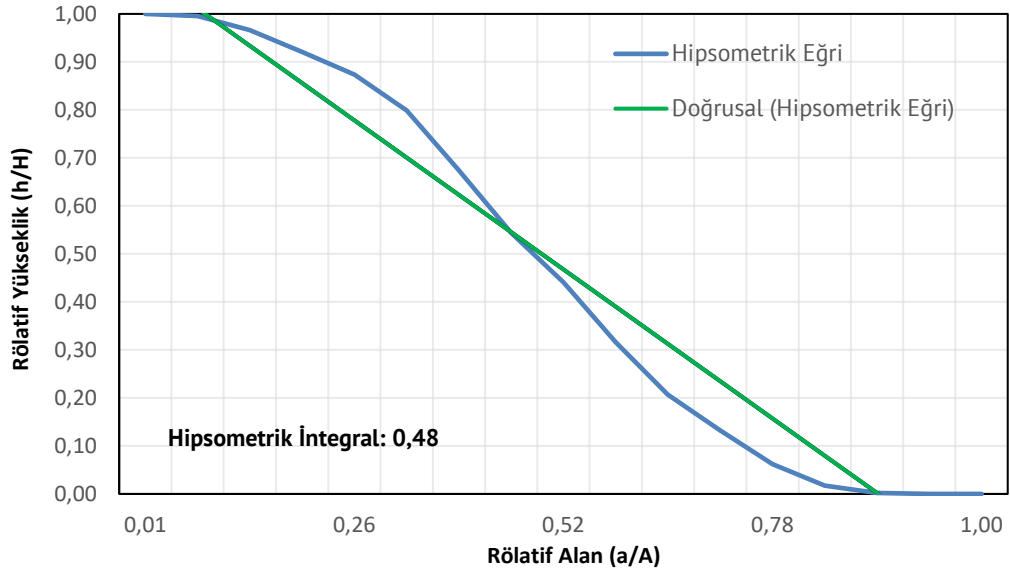
Tablo 3: Çalışma alanına ait bakı değerlerinin alansal ve oransal dağılışı.**Table 3:** Areal and proportional distribution of aspect values of the study area.

Yönler	Alan (km ²)	Oran (%)
Kuzey	188,2	10,64
Kuzeydoğu	223,0	12,79
Doğu	273,7	15,41
Güneydoğu	242,6	13,83
Güney	187,6	10,64
Güneybatı	212,7	12,14
Batı	218,0	12,33
Kuzeybatı	209,7	11,97

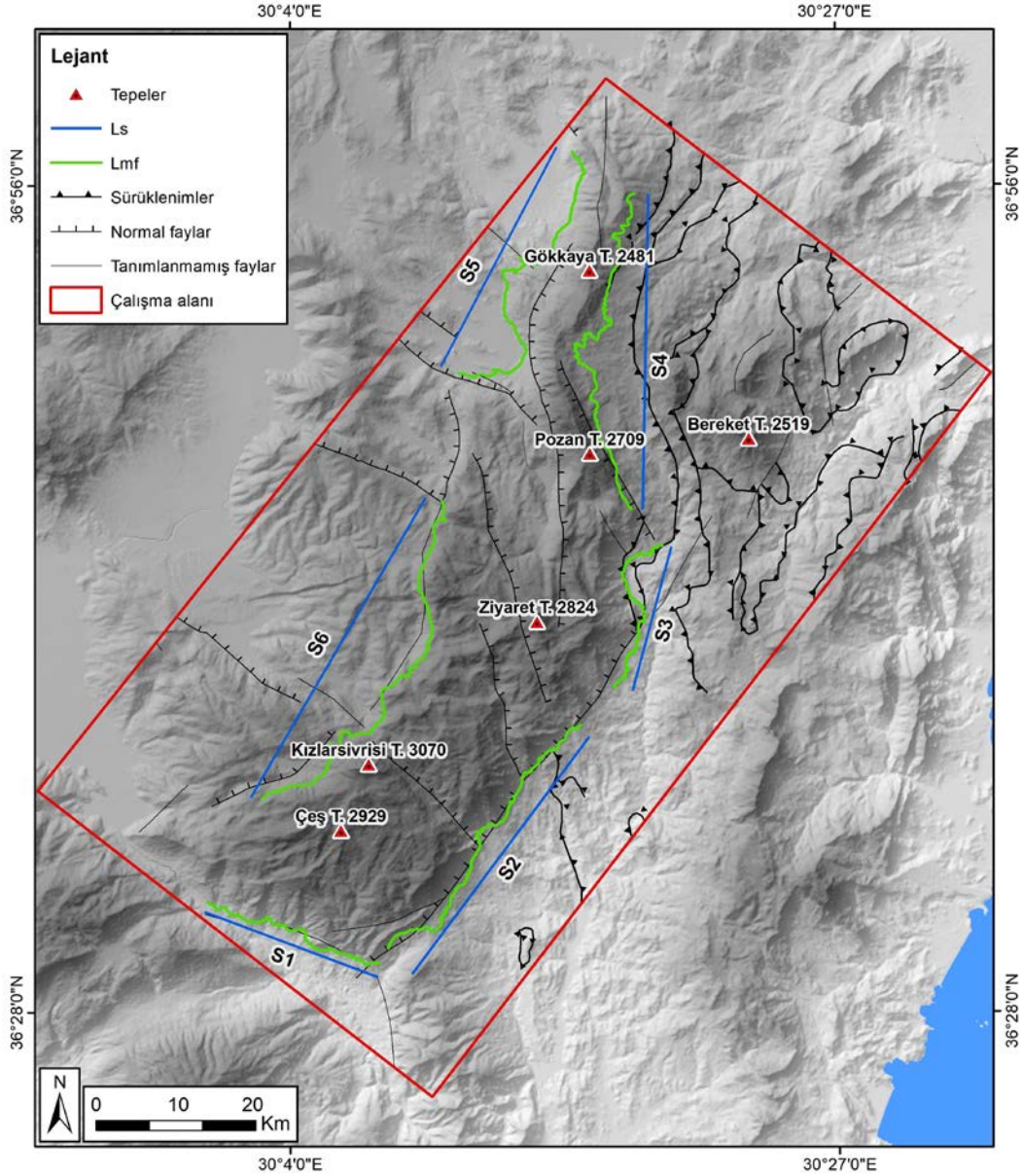
Tablo 4: Beydağları'nın Smf değerleri / **Table 4:** Smf values of Beydağları.

Segment No	Lmf (m)	Ls (m)	Smf Değeri	Aktivite Derecesi
1	16744	11622	1,44	Aktif
2	27858	18558	1,50	Aktif
3	17073	9378	1,82	Orta Derece Aktif
4	30581	19713	1,55	Orta Derece Aktif
5	25120	15555	1,61	Orta Derece Aktif
6	29534	21747	1,35	Aktif

**Şekil 7:** Beydağları'nın eğim (solda) ve bakı (sağda) zellikleri / **Figure 7:** Slope (left) and aspect (right) features of Beydağları.



Şekil 8: Beydağları'nın hipsometrik integral değeri ve eğrisi / Figure 8: Hypsometric integral value and curve of Beydağları.



Şekil 9: Beydağları'nın Smf haritası / Figure 9: Smf map of Beydağları.

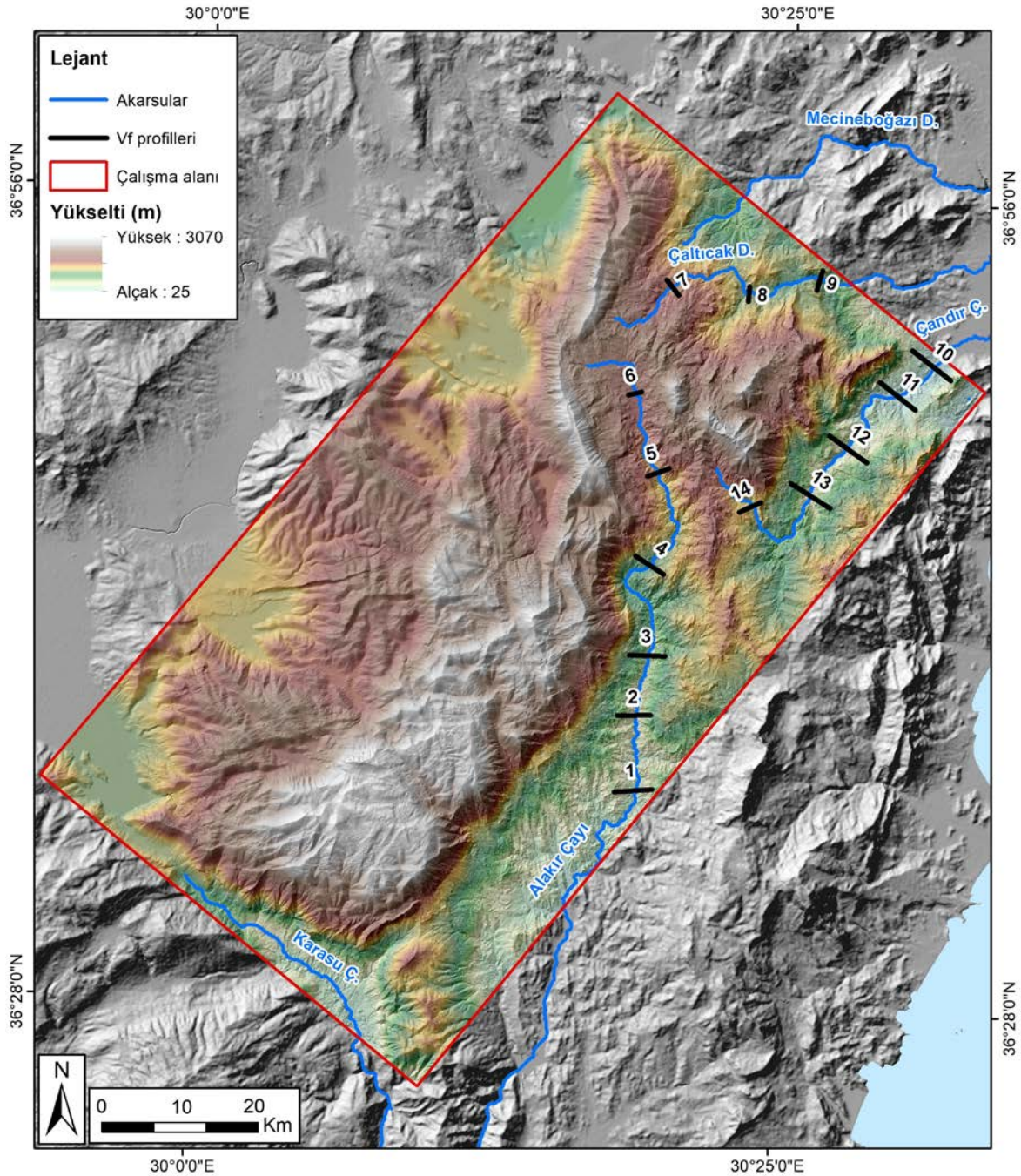
3.4. Vadi Tabanı Genişliği-Vadi Tabanı Yüksekliği Oranı (Vf)

Çalışma sahasında uzunlukları birkaç km ile 30 km arasında değişen akarsular üzerinde 14 profil belirlenmiş ve bu profillerin indis değerleri hesaplanmıştır (şekil 10). Çalışma sahası içindeki 14 profilin Vf indisi değerleri 0,11-1,19 arasında değişmektedir. Özellikle Alakır ayı, andır ayı ve altıcak Deresi'nin orta ve yukarı ığırlarında Vf değerleri çoğunlukla 0,30'un altında olup, dar ve derin vadi karakterleri göstermektedir (şekil 11). En yüksek Vf değerleri ise andır ayı'nın aşağı

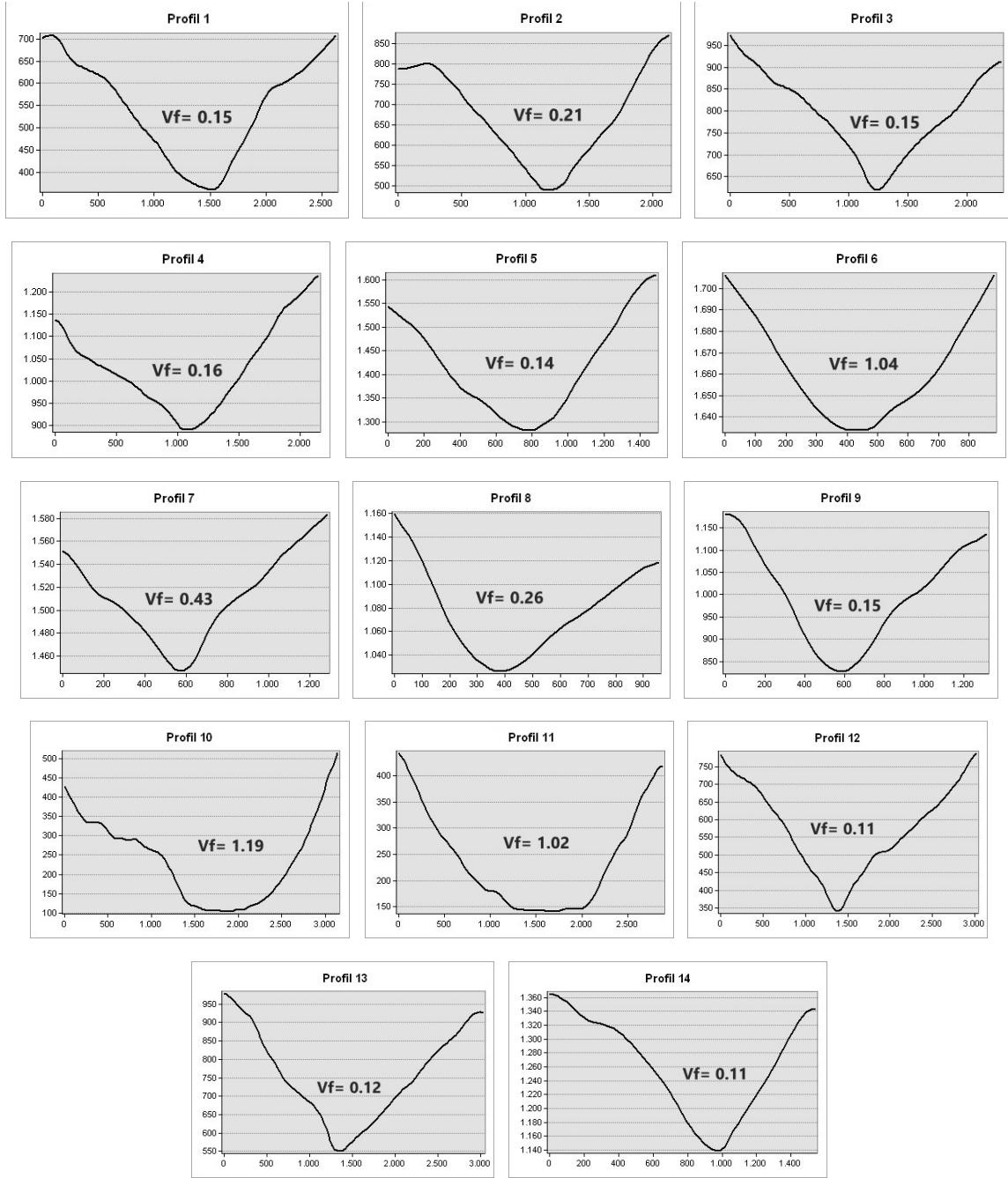
kesimlerinde 1 değerinin üzerinde olduğu grlmektedir.

3.5. Kapalı Depresyon Analizi

Çalışma sahasına uygulanan bu analizde, derinlikleri 96 metreye ulaşan kapalı depresyonlar (dolinler, uvalalar ve polyeler) hızlı bir şekilde ortaya çıkartılmıştır (şekil 12). Bu kapalı depresyonlar, kütle üzerinde homojen bir dağılış göstermemekle birlikte özellikle 2000 metrenin üzerindeki güneybatı ve kuzeydoğu kesimlerinde yoğunluğu artmaktadır.



şekil 10: Çalışma sahasının Vf indisi lokasyonları / Figure 10: Vf index locations of the study area.



Şekil 11: Çalışma sahasındaki akarsulardan alınan profil kesitleri / **Figure 11:** Profile sections taken from the streams in the study area.

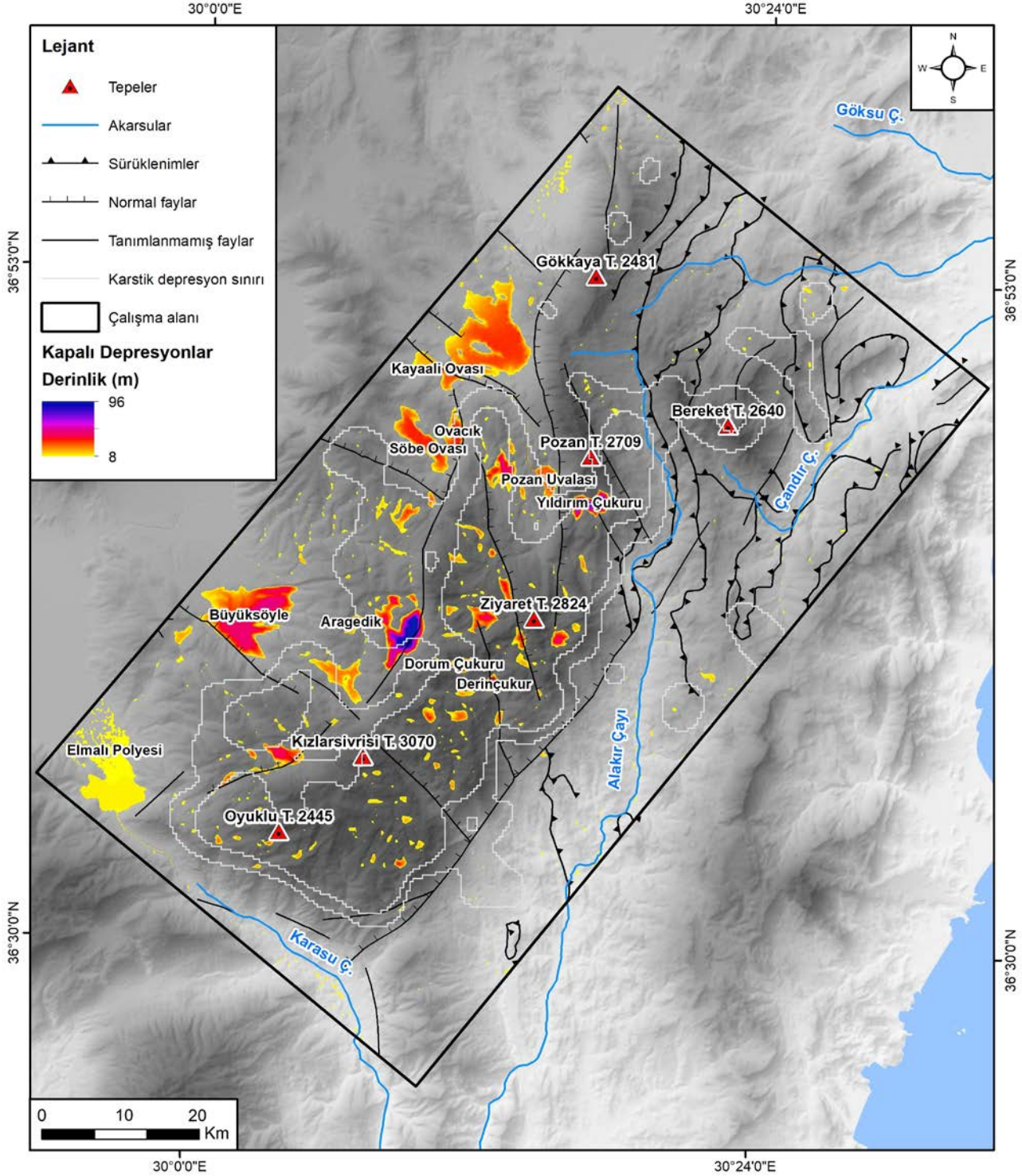
3.6. Swath Profil Özellikleri

Beydağları'na ait swath profiller incelendiğinde, kütlenin merkezi kesimlerinde lokal rölyef değerlerinin arttığı, doğu ve batı bölümlerinde ise bu değerlerin düştüğü görülmektedir. Profiller boyunca yüksek lokal rölyef değerleri genel olarak Beydağları kütlesi ile uyumluluk gösterir. Beydağları'nın güney bölümünde SP1 (swath profil) profilinde, batıda ortalama yükselti minimum yükseltiye yakın olduğu ve Elmalı polyesi'nden hemen sonra, ortalama yükseltinin maksimum yükseltiye yaklaştığı görülmektedir. Yine SP2 profilinde, genel

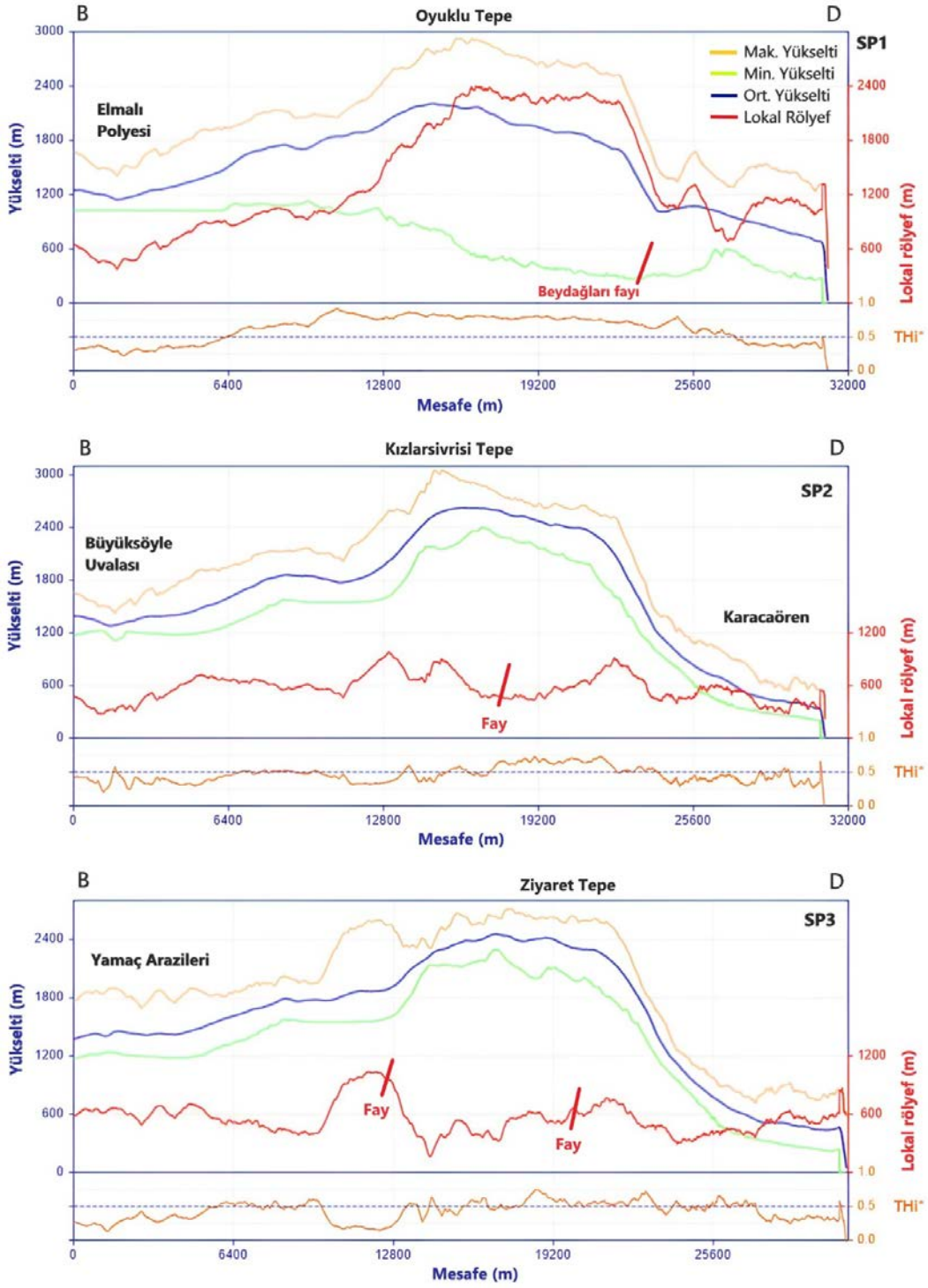
itibariyle batıya dönük yamaçlarda ortalama yükselti minimum yükseltiye daha yakın olduğu, Kızlarsivrisi zirvesinden sonra ortalama yükselti maksimum yükseltiye yaklaştığı ve birkaç tepeyi aştıktan sonra düşük lokal rölyef değerlerinin bu hat boyunca uzanmaktadır (Şekil 13). Profillerin THi değerleri incelendiğinde Elmalı polyesi ile yamaç arazileri arasında THi değerleri 0,5'in altında uzanış gösterirken, Elmalı polyesi'nden sonra maksimum THi değerleri görülmektedir. Bu değerler, SP1 profilinde orta bölümün yakın bir zamanda yükselim geçirdiğini, aynı şekilde SP2 profilinde Kızlarsivrisi zirvesinden Beydağları fayına doğru

maksimum TH_i değerleri görülürken, Beydağları'nın güneyinde yer alan orta bölümün lokal yükselime maruz kaldığını göstermektedir. Ykselimin bir diğer işareti ise SP3 ve SP4'de Ziyaret Tepe ve albeli Tepe'de grlmektedir (Şekil 13, 14). SP5'de TH_i değerleri, Pozan Tepe doğusunda bazı lokal yükselmeler dıŐında 0'a daha yakındır. Bu durum

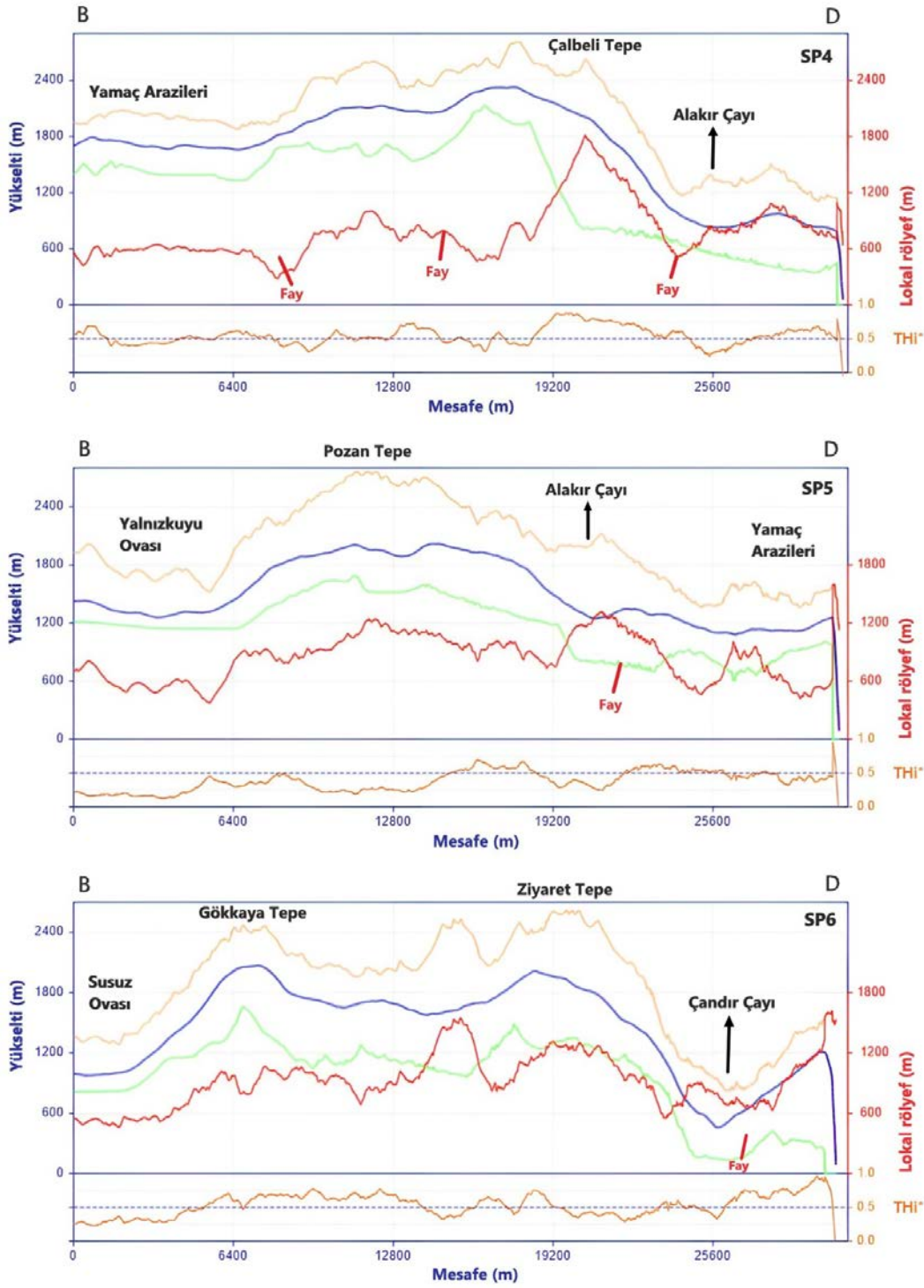
orta bölümün yakın bir zamanda yükselim geçirmediği Şeklinde yorumlanabilir. SP6'da ise Susuz ovasına karşılık gelen batı bölümünde düşük TH_i değerleri görülürken, Gökkaya Tepe'den itibaren bu değerler 0,5'in üzerine çıkmakta olup, doğuya doğru 1'e yaklaşması dikkat çekicidir (Şekil 14).



Şekil 12: Çalışma sahasındaki kapalı depresyonların dağılışı ve derinliği / **Figure 12:** Distribution and depth of closed depressions in the study area.



Şekil 13: Beydağları'nın SP1, SP2 ve SP3 profildeki maksimum, minimum, ortalama yükseklikler ile lokal rölyef ve THi değerleri / **Figure 13:** Maximum, minimum and average heights, local relief and THi values in SP1, SP2 and SP3 profiles of Beydağları.



Şekil 14: Beydağları'nın SP4, SP5 ve SP6 profildeki maksimum, minimum, ortalama yükseklikler ile lokal rölyef ve THi değerleri / **Figure 14:** Maximum, minimum and average heights, local relief and THi values in SP4, SP5 and SP6 profiles of Beydağları.

4. TARTIşMA

Çalışma alanının içinde yer aldığı Teke Yarımadası, büyük ölçüde kıyı gerisinde keskin bir şekilde yükselen dağlık sahalardan meydana gelmektedir. Bunlar batıdan doğuya doğru Sandıras Dağı (2295 m), Karadağ (2418 m), Akdağ (3014 m) ve Beydağları'nı (3070 m) içerir. Bu dağlar aynı zamanda Kuvaterner'de

buzullaşmalara uğramış önemli alanları oluşturmaktadır.

Teke Yarımadası'nın en doğusunda yer alan Beydağları, bu buzullaşmalarından etkilenmiş olup 2200 m'den itibaren buzul jeomorfolojisine ait şekillerin birçoğuna rastlanılmıştır. Bunlar; 8 adet sirk ve nivasyon sirkisi, törpülenmiş kaya yüzeyleri, piramidal zirveler ve farklı türde moren depolarıdır. Ancak

Beydağları, bölgedeki diğer kütlelere göre en yüksek zirvesine ve alansal büyüklüğüne sahip olmasına rağmen Pleyistosen'deki buzullaşmaların nispeten daha az geliştiği bir alan olmuştur (Bayrakdar, 2012). Bunda yerel iklim özellikleri ve lito-stratigrafik yapı belirleyici olmuştur. Beydağları doğudan, batıdan ve güneybatıdan 2000 m üzerindeki kütlelerle çevrelenmiş olması nedeniyle denizel etkilere diğer dağlar kadar açık değildir (Bayrakdar vd., 2017). Bu özelliği nedeniyle Beydağları, bölgedeki diğer dağlara kıyasla nispeten az yağış almasına neden olmuş ve buzullaşma şartları fazla gelişmemiştir (Bayrakdar, 2012; Yasan, 2019; ılığın & Bayrakdar, 2020). Yerel iklim koşulları dışında litostratigrafik özellikler de önemli rol oynamıştır. Beydağları büyük oranda karbonatlı kayaçlardan oluşmasından dolayı karstik şekiller geniş bir alanda yayılış gösterir. Fakat Beydağları'nda dikey karstlaşmaya bağlı olarak daha çok düden konumlu dikey mağara ve dolinlerin gelişmesine imkan tanımiş ve soğuk dönemlerde buzulların yerleşip gelişeceği ortamlar Teke Yarımadası'nda yer alan diğer dağlar kadar uygun olmamıştır (Bayrakdar vd., 2017).

Çalışma sahasının ortalama eğimi 15°'dir. Kütlenin %50'si 15° ve üzerinde eğim değerlerine sahiptir. Kısa mesafeler içinde değerlik gösteren bu değerler, sahanın yüksek ve engebeli yapısını ortaya koymaktadır. Eğim değerlerinin yüksek olmasının en önemli nedenlerinden biri bu yüksek kütleli dört bir yandan kuşatan normal fayların varlığıdır. Özellikle 30° üzerindeki bölgelerde, bu faylar belirgin bir uyumluluk göstermektedir. Bakı özellikleri incelendiğinde çalışma sahasında hakim bakı yönü doğudur. Ara yönleri dikkate alındığında sahanın %42'sine karşılık gelmektedir. Daha sonra batı, güneybatı ve kuzeybatı yönleri takip eder. Bakı yönlerinin alansal dağılışı genel olarak kütlenin uzanış doğrutusuna ve tektonik hatlara uyumlu olması çalışma sahasındaki yapısal özelliklerin belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışma sahasından elde edilen hipsometrik eğri ve integral değerlerine göre, integral değerinin 0,48 çıktığı, hipsometrik eğrinin belirgin bir devamlılık göstermediği görülmektedir. 1200 m seviyelerine kadar dış bükey eğri, faylara bağlı gençleşme olayını

yansıtıran; 1600 m seviyeleri üzerindeki aşınım yüzeylerinde ve karstik platolarda iç bükey eğri sunması, aşınmanın aktif yükseliminden daha yüksek olduğu şeklinde yorumlanabilir. Dolayısıyla alışma sahası birden fazla süreçten etkilenen (tektonizma ve flüvyal süreçler) polijenik bir karakter kazanmıştır.

Aktif tektonizma ile erozyonel süreçler arasındaki dengeyi yansıtan dağ cephesi sünizite oranları çalışma sahasında 1.35-1.82 arasında değerismektedir. Bu sinüzite oranlarına göre dağın güney, güneydoğu ve güneybatı yamacında tektonik aktivitenin varlığı açıkça görüldükten, kuzeybatı ve kuzeydoğu yamacında tektonik aktivitenin nispeten zayıf olduğu görülmektedir. Bunu tektonik aktiviteye bağlı olarak gelişen olduğu dik ve belirgin fay faetaları desteklemektedir.

Akarsu vadisi üzerinde tektonik etkinliği ortaya koymak için kullanılan Vf indisi değeri, çalışma sahasında 0,11-1,19 arasında değerismekte olup bu değerlerin ortalaması 0,37'dir. Özellikle Alakır ayı, andır ayı ve altıcak Deresi'nin orta ve yukarı ığırlarında Vf değerleri çoğunlukla 0,30'un altında olup dar ve derin vadi karakteri göstermektedir. Çalışma sahasının bu kesimlerinde tektonizmaya bağlı olarak gençleşmenin gerçekleştiği ve akarsuların yataklarını derine doğru aşındırması söz konusudur. andır ayı'nın aşağı kesimlerinde ise yüksek Vf değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu değerlerin dışında 6 numaralı profilin yukarıda ığırda yer almasına rağmen yüksek Vf değerine sahip olması (1,04) akarsuyun karstik depresyon tabanından geçmesi sonucu güçlü aşınım döngüsünün başlamasıyla açıklanabilir.

Çalışma sahasına uygulanan kapalı depresyon analizinde, derinlikleri 96 metreye ulaşan kapalı depresyonlar (dolinler, uvalalar ve polyeler) hızlı bir şekilde ortaya çıkartılmıştır. Bu kapalı depresyonlar içerisinde baskın yüzey şekillerini dolinler oluşturmaktadır. Dolinlerin alansal dağılışında belirleyici temel faktör çalışma sahasının büyük bir bölümünün karstlaşmaya uygun Üst Kretase neritik kireçtaşlarından oluşmasıdır. Litolojik özelliklerin yanı sıra bölgedeki fay ve çatlak sistemleri gibi yapısal zayıflık hatları boyunca yağmur ve yüzey suları daha derine işler ve bu da karstik şekillerin daha kolay gelişmesine ve dolinlerin bu fay ve çatlak hatları boyunca sıralanmasını sağlar (Elhatip,

1997; Pekcan, 1999; Sauro, 2012; Şimşek, 2018). Bundan dolayı Beydağları'nın dört bir tarafı normal faylarla sınırlandırılmıŐ olması dolinlerin sıralanıŐı üzerinde etkili olduğu grlmektedir.

Swath profiller incelendiğinde, Beydağları'nın merkezi kesimlerinde 0,5 üzerine çıkan THi değerleri, kütlenin yakın dönemde yükselmeye maruz kaldığını ve genç bir jeomorfolojik bir evreye sahip olduğunu göstermektedir. Ancak kütlenin doğu ve batı bölümlerinde THi değerleri ortalamanın altında kalıp, olgun bir arazi formu sunmaktadır. Bu durum arazideki lokal faylardan daha az etkilenmesiyle açıklanabilir.

5. SONUÇ

Bu alıŐmada Beydağları'nın morfometrik özellikleri incelenmiş ve jeomorfolojik geliŐimindeki rolü anlaŐılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda CBS tabanlı morfometrik analizlerden faydalanılmıŐ olup aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

Beydağları'nın hipsometrik integrali değeri 0,48 olup bu değer sahanın gençlik evresinden olgunluğa geçiş aŐamasında olduğunu göstermektedir.

Beydağları'nda 6 farklı noktada hesaplanan dağ cephesi sinüzite oranları, 1.35-1.82 arasında deđiŐmektedir. Yüksek sinüzite oranları, dağın kuzey yamaçlarında görülürken, dağın güney yamaçlarında fayların morfolojideki etkisi açık bir Şekilde grlmektedir.

Beydağları'nın kuzeydoğusunda yer alan akarsularda hesaplanan Vf indis değerleri, 0,11-1,19 arasında değişkenlik göstermektedir. Bu değerler çoğunlukla 1'in altında olup dar ve derin Şekilde yarılmıŐ vadilerle karakterize olmaktadır.

Kapalı depresyon analize göre, 1.761 km²lik alanda derinlikleri 96 m'yi ulaşan kapalı depresyonlar (dolinler, uvalalar ve polyeler) tespit edilmiştir. Bu kapalı depresyonlar arasında en baskın yüzey Şekillerini dolinler oluŐurmaktadır. Kapalı depresyonların dađılıŐları homojen olmamakla birlikte özellikle 2000 m seviyeleri üzerinde eğim değerlerinin düşük olduğu güneybatı-kuzeydoğu kesimlerde yođunlaŐmıŐtır.

Elde edilen swath profilleri, genel olarak kütlenin orta bölümü yükselmeye maruz kalma delilleri gösterirken, batı bölümü genç karstik depresyonlara, doğu bölümünün kuzey yamaçları genç bir drenaj ağına sahiptir.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde bölgeyi etkileyen genleme tektoniği Beydağları'nı etkilediği gibi çalışma sahasının jeomorfolojik gelişiminde buzullaŐmalar, flüvyal süreçler ve karstlaşma önemli rol oynamıŐtır.

KATKI BELİRTME

Bu alıŐma "Beydağları'nın Morfometrik zellikleri" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiŐ ve Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu (UJES 2022)'nda poster bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKÇA

- Barr, I. D., Spagnolo, M. (2015). Glacial cirques as palaeoenvironmental indicators: Their potential and limitations. *Earth-science reviews*, 151, 48-78.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.10.004>
- Basso, A., Bruno, E., Parise, M., Pepe, M. (2013). Morphometric analysis of sinkholes in a karst coastal area of southern Apulia (Italy). *Environmental earth sciences*, 70, 2545-2559. DOI: 10.1007/s12665-013-2297-z
- Bayrakdar, C. (2012). Akdağ Kütlesinde (Batı Toroslar) karstlaşma-buzul iliŐkisinin jeomorfolojik analizi (Tez No. 314839) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yök Tez Merkezi.
- Bayrakdar C., ılđın Z. Sarış, F. (2017). Karadağ'da Pleyistosen BuzullaŐmaları, Batı Toroslar, Türkiye (Pleistocene Glaciations in Karadağ, Western Taurus Mountains, Turkey). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, (60), 451-470.
<https://doi.org/10.25288/tjb.360610>
- Bayrakdar, C., Gorum, T., ılđın, Z., Vockenhuber, C., Ivy-Ochs, S., Akar, N. (2020). Chronology and geomorphological activity of the Akdag rock avalanche (SW Turkey). *Frontiers in Earth Science*, 8, 1-20.
<https://doi.org/10.3389/feart.2020.00295>
- Bilgin, T. (2017). Genel kartografya II. Filiz Kitapevi.
- Bogolomov, L. A. (1963). *Topographical Interpretation of Aerial Photographs of Natural Landscap*, Moscow. Gosgeoltekhizdat, JPRS, 17, 771.
- Bull W. B., Mcfadden, L. D. (1977). Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In Doehring, D. O. (Ed),

- Geomorphology in arid regions (pp. 115 –138). State University of New York, Binghamton. <http://dx.doi.org/10.4324/9780429299230-5>
- Bull, W. B. (2007). Tectonic geomorphology of mountains: a new approach to paleoseismology. Wiley–Blackwell Publishing. DOI:10.1002/9780470692318
- Collins, A. S., Robertson, A. H. (1998). Processes of Late Cretaceous to Late Miocene episodic thrust-sheet translation in the Lycian Taurides, SW Turkey. *Journal of the Geological Society* (155), 759-772. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.155.5.0759>
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Bohner, J. (2015). System For Automated Geoscientific Analyses (Saga) V. 2.1.4. *Geoscientific Model Development*, 8(7), 1991-2007. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>
- Cürebali, İ., Erginal, A. E. (2007). Mıhlı çayı havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfik indislerle analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(19), 126-135. <https://dergipark.org.tr/en/pub/esosder/issue/6133/82245>
- Çılığın, Z. Bayrakdar, C. (2020). Teke Yarımadası'ndaki (Güneybatı Anadolu) glasiyal sirklerin morfometrik özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (74), 107-121. <https://doi.org/10.17211/tcd.729978>
- Dağ, N. (2023). Türkiye dağları ve dağlık alanların sınıflandırılması (Tez No. 827614) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yök Tez Merkezi.
- Duszyński, F., Jancewicz, K., Migoń, P. (2018). Evidence for subsurface origin of boulder caves, roofed slots and boulder-filled canyons (Broumov Highland, Czechia). *International Journal of Speleology*, 47(3), 343-359. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.47.3.2209>
- Elbaşı, E., Özdemir, H. (2018). Marmara denizi akarsu havzalarının morfometrik analizi. *Coğrafya Dergisi*, (36), 63-84. <https://doi.org/10.26650/JGEOG418790>
- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J., Keller, E. A. (2008). Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*, 96, 150-173. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>
- Elhatip, H. (1997). The influence of karstic features on environmental studies in Turkey. *Environmental Geology*, 31(1-2), 27-33. <https://doi.org/10.1007/s002540050160>
- Erginal, A. E., Cürebali, İ. (2007). Soldere havzasının jeomorfolojik özelliklerine morfometrik yaklaşım: Jeomorfik indisler ile bir uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (17), 203-210. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/susbed/issue/61793/924141>
- Ersoy, Ş. (1990). Batı Toros (Likya) naplarının yapısal öğelerinin ve evriminin analizi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 37, 5-16. <https://jmd.jmo.org.tr/detail-article.php?articlekod=1256>
- Evans, I. S., Çılığın, Z., Bayrakdar, C., Canpolat, E. (2021). The form, distribution and palaeoclimatic implications of cirques in southwest Turkey (Western Taurus). *Geomorphology*, 391, 107885. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107885>
- Florinsky, I. V. (1998). Combined analysis of digital terrain models and remotely sensed data in landscape investigations. *Progress in Physical Geography*, 22, 33-60. <https://doi.org/10.1177/030913339802200102>
- Gardiner, V. (1990). Drainage Basin Morphometry. In Goudie, A., (Ed), *Geomorphological Techniques*, (pp. 71-81). Unwin Hyman. <https://doi.org/10.4324/9780203430590>
- Giaconia, F., Booth-Rea, G., Martínez-Martínez, J. M., Azañón, J. M., Pérez-Peña, J. V., Pérez-Romero, J., Villegas, I. (2012). Geomorphic evidence of active tectonics in the Sierra Alhamilla (eastern Betics, SE Spain). *Geomorphology*, 145, 90–106. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.043>
- Gökkaya, E., Gutiérrez, F., Ferk, M., Görüm, T. (2021). Sinkhole development in the Sivas gypsum karst, Turkey. *Geomorphology*, 386, 107746. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107746>
- Gönençgil, B., Halis, O. (2021). Samanlı Dağları'nın jeomorfolojik gelişimine ve uzun dönemli erozyon süreçlerine morfometrik yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 109-126. <https://doi.org/10.17211/tcd.1008678>
- Gürboğa, Ş., Aktürk, Ö. (2018). Elmalı havzası (Antalya) ve yakın çevresinin neotektonik ve morfometrik özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, (156), 43-68. <http://dx.doi.org/10.19076/mta.350176>
- Gürbüz, A., Gürer, Ö. F. (2008). Tectonic geomorphology of the North Anatolian fault zone in the lake Sapanca Basin (eastern Marmara Region, Turkey). *Geosciences Journal*, 12, 215-225. DOI: 10.1007/s12303-008-0022-9
- Harding, A. E. (2006). Changes in Mediterranean climate extremes: patterns, causes and impacts of change [Unpublished doctoral dissertation]. University of East Anglia.
- Håkanson, L. (2005). The importance of lake morphometry for the structure and function of lakes. *International Review of Hydrobiology: A*

- Journal Covering all Aspects of Limnology and Marine Biology, 90(4), 433-461. <https://doi.org/10.1002/iroh.200410775>
- Hodgson, M. E. (1998). Comparison of angles from surface slope/aspect algorithms. *Cartography and Geographic Information Systems*, 25, 173-185. <https://doi.org/10.1559/152304098782383106>
- Hurtrez, J. E., Sol, C., Lucazeau, F. (1999). Effect of drainage area on hypsometry from an analysis of small-scale drainage basins in the Siwalik Hills (Central Nepal). *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 24(9), 799-808. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199908\)24:9%3C799::AID-ESP12%3E3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199908)24:9%3C799::AID-ESP12%3E3.0.CO;2-4)
- Jancewicz, K., Migoń, P., Kasprzak, M. (2019). Connectivity patterns in contrasting types of tableland sandstone relief revealed by Topographic Wetness Index. *Science of the Total Environment*, 656, 1046-1062. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.467>
- Karabulut, M., Küçükönder, M. Topuz, M. (2013). Alata (Erdemli) Deresi'nin Jeomorfometrik Analizi. İçinde Demirci, A., & Arı, Y. (Eds.), *Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı* (ss. 450-459). Coğrafyacılar Derneği Yayınları. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.9165>
- Keller, E. A., Pinter, N. (2002). *Active tectonics: earthquakes, uplift and landscape* (2nd ed.). Prentice Hall. https://www2.irms.cas.cz/ext/ethiopia/materials/papers/tectonic_geomorphology/Active%20tectonics_Keller_Pinter_small.pdf
- Keserci, F., Bayrakdar, C., Çilğın, Z., Evans, I. S. (2023). Modeling the form, distribution and paleoclimatic implications of former glaciers in the Teke Peninsula (Eastern Mediterranean, Turkey). *Geomorphology*, 431, 108683. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108683>
- Keskin, I., Yılmaz, I. (2016). Morphometric and geological features of karstic depressions in gypsum (Sivas, Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-14. DOI: 10.1007/s12665-016-5845-5
- Kołodzyńska-Gawrysiak, R., Gawrysiak, L., Poesen, J., Plak, A. (2021). The impact of closed depressions on soil organic carbon storage in eroded loess landscapes of E Poland. *Authorea Preprints*. <https://doi.org/10.22541/au.162584678.87302701/v1>
- Louis, H. L. (1944). Evidence for Pleistocene glaciation in Anatolia (in German). *Geologische Rundschau*, 34(7-8), 447-481. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01803099>
- Messerli, B. (1967). Die eiszeitliche und die gegenwertige Vergletscherung in Mittelmeerraum. *Geographica Helvetica*, 22(3), 105-228. <http://dx.doi.org/10.5194/gh-22-105-1967>
- MTA Yerbilimleri Portalı. (2021, Kasım). 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/>
- Okay, A.I., Özgül, N. (1984). HP/LT metamorphism and the structure of the Alanya Massif, Southern Turkey: an allochthonous composite tectonic sheet. *Geological Society, London, Special Publications*, 17(1), 429-439. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1984.017.01.30>
- Öner, E. (2009). Güneybatı Anadolu'nun kıyı jeomorfolojisi (Teke Yarımadası kıyı bölümü) (Proje No. 199Y078). TÜBİTAK. <https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/detay/610504/guneybati-anadolunun-kiyi-jeomorfolojisi-teke-yarimadası-kiyi-bolumu>
- Özdemir, H. (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) Cbs ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi (Tez No. 215084) [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yök Tez Merkezi.
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H. (2012). Tectonic geomorphology of the Spildağı high ranges, western Anatolia. *Geomorphology*, 173, 128-140. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.06.003>
- Özsayın, E. (2016). Relative tectonic activity assessment of the Çameli Basin, Western Anatolia, using geomorphic indices. *Geodinamica Acta*, 28(4), 241-253. <https://doi.org/10.1080/09853111.2015.1128180>
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Şener, M. F., Utlı, M. (2018). GIS based analysis of doline density on Taurus Mountains, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 77, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7717-7>
- Patton, P.C. (1988). Drainage Basin Morphometry and Floods. In Baker, V., Kochel, R. and Patton, P., (Eds.), *Flood geomorphology* (pp. 51-65). Wiley. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(90\)90008-J](https://doi.org/10.1016/0012-8252(90)90008-J)
- Pekcan, N. (2019). *Karst jeomorfolojisi*. Filiz Kitapevi.
- Pérez-Peña, J. V., Al-Awabdeh, M., Azañón, J. M., Galve, J. P., Boothrea, G., Notti, D. (2017). SwathProfiler and NProfiler: Two new ArcGIS Add-ins for the automatic extraction of swath and normalized river profiles. *Computers & Geosciences*, 104, 135-150. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.08.008>

- Pike, R. (1995). Geomorphometry – progress, practice, and prospect. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband*, 101, 221-238.
- Pike, R. (2000). Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis. *Progress in Physical Geography*, 24, 1-20. <https://doi.org/10.1177/030913330002400101>
- Pike, R., Evans, I., Hengl, T. (2009). Geomorphometry: a brief guide. In Hengl, T., & Reuter, H.I. (Eds.), *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications* (pp. 3-30). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00001-9](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00001-9)
- Rasemann, S., Schmidt, J., Schrott, L., Dikau, R. (2004). Geomorphometry in mountain terrain. In Bishop M. P., & Shroder, J. F. (Eds.), *GIS & Mountain Geomorphology*. (pp. 101-145). Springer. <http://dx.doi.org/10.1029/2004EO510009>
- Sayhan, S. (1990). Teke yarımadasının bitki coğrafyası (Tez No. 9373) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yök Tez Merkezi.
- Smith, B., & Mark, D. M. (2001). Geographical categories: an ontological investigation. *International journal of geographical information science*, 15(7), 591-612. <https://doi.org/10.1080/13658810110061199>
- Smith, B., & Mark, D. M. (2003). Do mountains exist? Towards an ontology of landforms. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(3), 411-427. <https://doi.org/10.1068/b12821>
- Sol, B. (2017). Mudurnu çayı havzası'nın (Taşburun–Abant gölü batısı arası) flüvyo-tektonik jeomorfolojisi (Tez No. 482248) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yök Tez Merkezi.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) Analysis of Erosional Topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63, 1117-1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAOET]2.0.CO;2)
- Şenel, M. (1997). 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Antalya – L10 paftası (Yayın No. 7). Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Şener, M. F., Şimşek, M., Utlu, M., Öztürk, M. Z., Sözbilir, H. (2023). Morphotectonic development of surface karst in Western Taurus (Türkiye). *Carbonates Evaporites*, (38), 78. <https://doi.org/10.1007/s13146-023-00900-x>
- Şimşek, M. (2018). Geyik Dağı Kütlesi'nde (Orta Toroslar) karstik depresyonların dağılışı ve bu dağılışa etki eden faktörler (Tez No. 495843). [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi], Yök Tez Merkezi.
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z., Turoğlu, H. (2019). Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfolojik önemi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (72), 13-20. <https://doi.org/10.17211/tcd.501724>
- Tarı, U. Tüysüz, O. (2008). İzmit Körfezi ve çevresinin morfolojisi. *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 7(1), 17-28. http://www.itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/viewFile/383/329
- Turoğlu, H. (1997). İyidere havzasının hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, (32), 355-364. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tcd/issue/21255/228106>
- Turoğlu, H., Özdemir, H. (2005). Bartın'da sel ve taşkınlar: sebepler, etkiler, önleme ve zarar azaltma önerileri. Çantay Kitapevi.
- Turoğlu, H. (2011). Buzullar ve buzul jeomorfolojisi. Çantay Kitabevi.
- Utlu, M., Toprak, A., Özdemir, H. (2012). Köyceğiz Gölü kuzey havzalarının jeomorfolojik analizlere bağlı değerlendirilmesi. İçinde Korkmaz, H., & Karataş, A. (Eds.), III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı (ss. 768-776). Hatay. https://www.researchgate.net/publication/330566110_Koycegiz_Golu_Kuzey_Havzalarinin_Jeomorfolojik_Analizlere_Bagli_Degerlendirilmesi
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied geomorphology*. ITC Enschede. <https://doi.org/10.7202/032573ar>
- Yasan, O. (2019). Teke Yarımadası'nda kuvaterner buzullaşmalarının alansal dağılışında iklimin etkisi (Tez No. 580759) [Yüksek lisans tezi, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi]. Yök Tez Merkezi.
- Yasan, O., Sarış, F., Bayrakdar, C. (2019). Dağlık alanların iklim özelliklerini belirlemede CBS tabanlı enterpolasyon yöntemlerinin kullanımı: Batı Toroslar örneği. İçinde Akköprü, E., Döker, M.F. (Eds.), *Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları* (ss. 197-214). Pegem Akademi. <http://dx.doi.org/10.14527/9786052419878.09>
- Yıldırım, C. (2014). Relative tectonic activity assessment of the Tuz Gölü fault zone; Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, 630, 183-192. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2014.05.023>
- Wobus, C. W., Whipple, K.X., Hodges, K. V. (2006). Neotectonics of the central Nepalese Himalaya: Constraints from geomorphology, detrital ⁴⁰Ar/³⁹Ar thermochronology, and thermal modeling. *Tectonics*, 25, 1-18. <https://doi.org/10.1029/2005TC001935>
- Xoplaki, E. (2002). Climate variability over the Mediterranean, [Doctoral dissertation]. Inauguraldissertation der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

FREKANS ORANI YÖNTEMİ KULLANILARAK ARSUZ ÇAYI HAVZASI HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ

Landslide Susceptibility Analysis of Arsuz Stream Basin Using the Frequency Ratio Method

Semir DEMİRBİLEK^a, Hüseyin TUROğLU^b

^a İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya AnaBilim Dalı, Fatih/İstanbul-Türkiye
semir_demirbilek@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-4463-4016>

^b İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fatih/İstanbul-Türkiye
turogluh@istanbul.edu.tr <https://orcid.org/0000-0003-0173-6995>

Makale Tariğesi

Geliş 5 Haziran 2024

Kabul 8 Ağustos 2024

Article History

Received 5 June 2024

Accepted 8 August 2024

Anahtar Kelimeler

Arsuz Çayı Havzası, Heyelan duyarlılık analizi, Frekans Oranı

Keywords

Arsuz Stream Basin, Landslide susceptibility analysis, Frequency Rate

Atıf Bilgisi / Citation Info

Demirbilek, S. & Turoğlu, H. (2024) Frekans Oranı Yöntemi Kullanılarak Arsuz Çayı Havzası Heyelan Duyarlılık Analizi / Landslide Susceptibility Analysis of Arsuz Stream Basin Using the Frequency Ratio Method, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2024 (13): 23-39.

doi: 10.46453/jader.1496249

ÖZET

Heyelan olayları, Türkiye'nin birçok bölgesinde gerçekteşen doğal afetlerin başında gelmektedir. Hatay Arsuz sınırları içerisinde yer alan Arsuz Çayı Havzası' da heyelan olaylarının gerçekteştiği sahalardan biridir. Çalışmanın amacı, Arsuz Çayı Havzası'nın frekans oranı yöntemi aracılığıyla sahalardan duyarlılık analizinin yapılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda heyelan duyarlılık analizinin gerçekteştirilmesinde; yükselti, eğim, bakı, topografik nemlilik indisi (TWI) akarsu aşındırma gücü (Spi), yola uzaklık, akarsuya uzaklık, topografik pürüzlülük indisi (TRI), normalize edilmiş bitki indisi (NDVI), çizgisellik mesafesi, arazi örtüsü, yağış, vadi derinliği, eğrisellik ve litoloji olmak üzere toplamda 15 parametre kullanılmıştır. Coğrafı Bilgi Sistemleri (CBS) temelli gerçekteştirilen çalışmada, analizlerin ortaya konulmasında 1/25.000 ölçekli Mersin P35b1, Mersin P35b2, Mersin P35b3, Antakya P36a4 topografya paftaları, 1/100.000 ölçekli Antakya P36-P37-Hama-R36- Mersin P35-Lazkiye-R35 jeoloji paftaları, sayısal yükselti modeli (SYM-10 m), arazi örtüsü(10 m), Sentinel-2 25/01/2024 güncel tarihli uydu görüntüsü (10 m), yol verisi (10 m), yağış verisi (1 km²) kullanılmıştır. Frekans oranı yöntemine göre oluşturulan heyelan duyarlılık haritasına göre, bu alanların dağılış özellikleri; çok düşük duyarlılık sınıfı 34.9 km², toplam alan içerisinde yaklaşık %23.8, düşük sınıfta duyarlılık 31 km² ve toplam alan içerisinde % 21.2, orta duyarlılıkta sınıflar 45.9 km² ve toplam alan içerisinde %31.3, yüksek duyarlı alanlar 30.3 km² ve toplam alan içerisinde % 20.7, çok yüksek sınıfta duyarlılık sahaları ise 4.5 km² ve toplam alan içerisinde %3.1'lik alan kaplamaktadır. Çalışmada yapılan analizlerin doğruluğu için alıcı işletim karakteristiği (ROC) yöntemi kullanılmıştır. ROC yöntemine bağlı olarak doğruluk analizi kapsamında, Frekans Oranı (FR) yöntemine göre oluşturulan modelin 0.828 gibi oldukça yüksek bir değerde olduğu saptanmıştır. Buna göre model doğruluğu yaklaşık %83 oranında bir doğruluğa sahiptir.

ABSTRACT

Landslide events are one of the leading natural disasters that occur in many regions of Turkey. Arsuz Stream Basin, located within the borders of Hatay Arsuz, is one of the areas where these landslide events occur. The purpose of the study is to perform landslide susceptibility analysis of the Arsuz Stream Basin through the frequency ratio method. For this purpose, a total of 15 parameters including elevation, slope, aspect, topographic moisture index (TWI), stream erosion power (Spi), distance to road, distance to stream, topographic roughness index (TRI), normalized vegetation index (NDVI), linearity distance, land use, precipitation, valley depth, curvature and lithology were used in the landslide susceptibility analysis. In the study carried out based on Geographic Information Systems (GIS), 1/25,000 scale Mersin P35b1, Mersin P35b2, Mersin P35b3, Antakya P36a4 topography sheets, 1/100,000 scale Antakya P36-P37-Hama-R36- Mersin P35-Latakia-R35 geology sheets, digital elevation model (SYM-10 m), land cover (10 m), Sentinel-2 satellite image dated 25/01/2024 (10 m), road data (10 m), rainfall data (1 km²) were used. When the landslide susceptibility map created according to the frequency ratio method, the distribution characteristics of these areas; very low sensitivity class is 34.9 km², approximately 23.8% in the total area, low class sensitivity is 31 km² and 21.2% in the total area, medium sensitivity classes are 45.9 km² and 31.3% in the total area, high sensitivity areas are 30.3 km² and 20.7% in the total area, very high class sensitivity areas cover 4.5 km² and 3.1% of the total area. The receiver operating characteristic (ROC) method was used for the accuracy of the analyzes performed in the study. Within the scope of accuracy analysis based on

the ROC method, it was determined that the model created according to the Frequency Ratio (FR) method had a very high value of 0.828. Accordingly, the model accuracy has an accuracy of approximately 83%.

© 2024 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1. GİRİŞ

Genellikle eğimli arazilerde, yamaçta bulunan kaya, moloz ve toprak gibi malzemelerin, yer çekiminin etkisi sonucu, yamaç aşağı hareket etmesi heyelan olarak tanımlanmaktadır (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Cihangir ve Görüm, 2016; Üzel Günini ve Öztürk, 2021). Dünya'da ve Türkiye'de meydana gelen kütle hareketlerinin sonucunda sosyal ve ekonomik problemlere sebep olan büyük sorunlar ortaya çıkmıő, on binlerce insan yaşanan bu kütle hareketleri nedeniyle yaőamlarını kaybetmiőlerdir (Sun vd., 2020; Zhou vd., 2021). Froude ve Petley'in (2018) yapmış olduğu araştırmalara göre; 2004-2016 yılları arasında gerçekteşen heyelan olayları sonucunda 7 yıllık süreçte toplam 4862 heyelan olayı meydana geldiği ve bu heyelanlar ile toplam 55997 kiőinin yaőamlarını yitirdiği tespit edilmiştir. Araştırmacılar, yaşanan bu heyelanların afete dönüőtüğünü ve genellikle yüksek dağlık sahalarda olduğunu, özellikle Himalayalar'da ve Çin'de yaőandıđını belirtmiőlerdir. Bu durumun nedenleri arasında, topografyanın kompleks bir yapıya sahip olması ile jeolojik özelliklerin etkisini de ayrıca belirtmiőlerdir.

Dünya genelinde heyelanların çokça meydana geldiği ülkeler arasında Türkiye'de yer almaktadır (Görüm ve Fidan, 2021). Türkiye ölçeğinde en fazla Karadeniz, İç ve Doğu Anadolu Bölgelerinde meydana gelen heyelan olayları, il bazında ise Trabzon, Zonguldak ve Kastamonu'da yoğun olarak görülmektedir (Turoğlu, 2000; Ergünay, 2007). Türkiyede yaşanan heyelan olayları sonucunda, 1958-2000 yılları arasında 4250 yerleşim yeri zarar görmüş, toplamda 197 kiőisi hayatını kaybetmiőtir. Yaşanan heyelan olayları sonucunda AFAD tarafından yapılan tespitler ile 63000 konutun yer deđiőtirmesi gerektiği belirlenmiştir (Ergünay, 2007). Çan ve arkadaşlarının (2013) yapmış oldukları çalışmada, Türkiye'nin heyelan envanter veri setinin çıkarılması ile 17.000 km²'nin üzerinde 85047 adet heyelan belirlemiőlerdir. Buna ek olarak bu heyelanları derin ve sığ heyelanlar

olarak sınıflandırmıő, aktif ve aktif olmayanlar olarak ise 2 kategoriye ayırmıőlardır.

Çalışma sahası olan Arsuz Çayı, heyelanların gerçekteştiği sahalardan biridir. Arsuz Çayı; Akdeniz Bölgesi'nin Hatay İli sınırları içerisinde, kaynağını Amanos Dağları'nın zirvelerinden almaktadır. Arsuz Çayı, Amanos Dağları'nın kuzeybatı yamaçlarını drene ederek, Amanoslar'ın batı yamaçlarında bulunan Arsuz Çayı ve kollarının taşıdığı alüvyonların birikmesi sonucunda meydana gelen Arsuz Ovası'nı aşarak İskenderun Körfezi'nden Akdeniz'e sularını döker (Şekil 1).

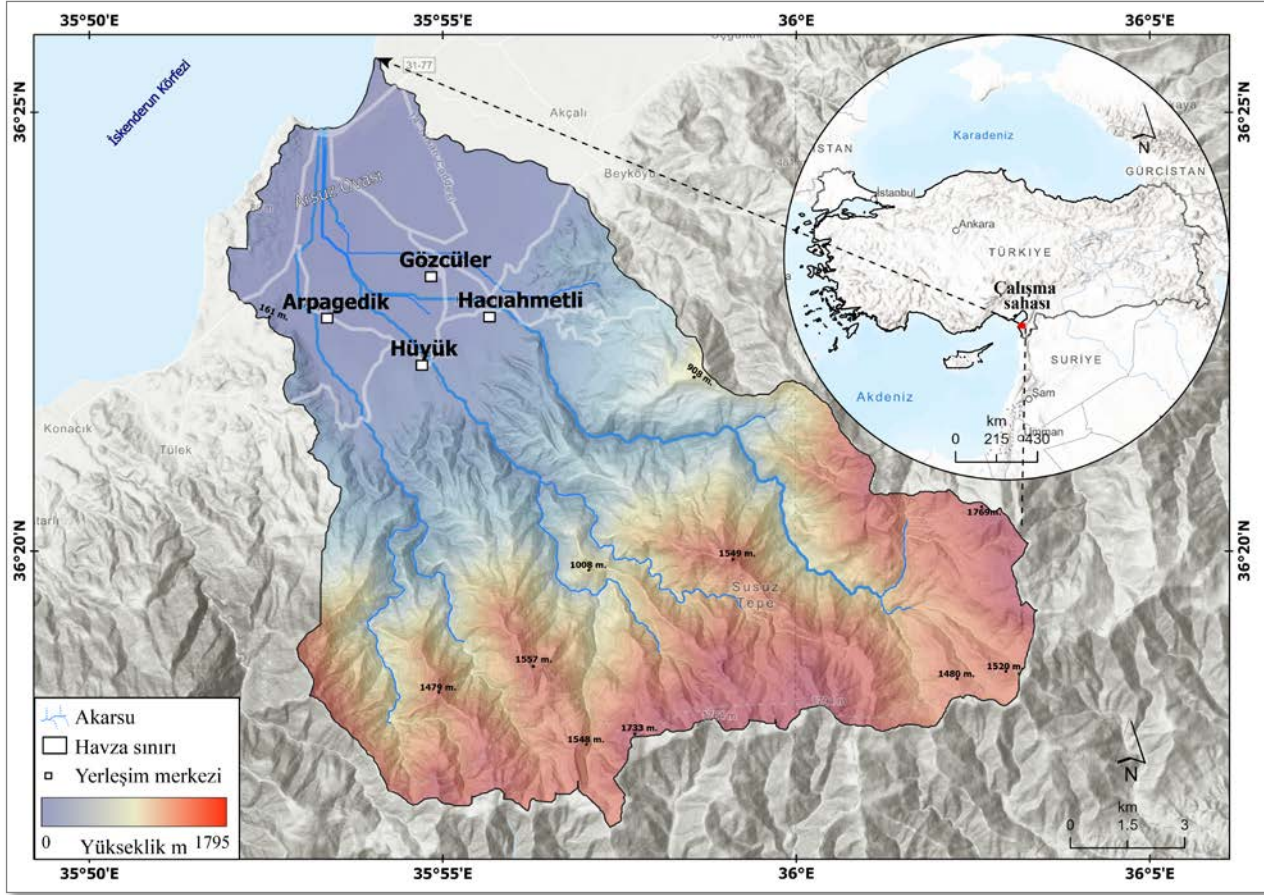
Heyelanların meydana gelmesinde arazinin litolojik, jeomorfolojik, hidrografik, iklimik ve arazi kullanım özellikleri gibi birçok faktör rol oynamaktadır. Arsuz Çayı Havzası'nda, ovanın bulunduğu sahanın eğimi 0°-6° arasındadır. Yerleşmelerin bittiği ve yükseltinin artış gösterdiği sahalarda eğim derecesi ise 6°-20° arasında yer alır. Havzanın yükseltisinin 1795 m 'ye kadar çıkması, litolojik ve jeomorfolojik yapısının uygun olması ile iklimik özellikler, arazi kullanım durumu heyelan oluşumunu ve riskini arttırmaktadır. Bu koőullar, Arsuz Çayı Havzası'nda heyelan duyarlılık analizinin yapılmasını tehlike önleme, sosyal, kültürel, ekonomik zarar görülebilirlikler açısından önemli hale getirmiőtir. Bu çalışmada; Frekans Oranı Yöntemi kullanılarak Arsuz Çayı Havzası için önemli olan heyelan duyarlılık analizinin yapılması amacıyla gerçekteştirilmiőtir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada kullanılan Frekans Oranı Yöntemi; başta kütle hareketleri duyarlılık analizlerinde, özellikle taşkınlar, kaya düşmeleri, erozyon afetlerinin anlaşılmasında kullanılan ve oldukça popüler bir yöntemdir (Rahmati vd., 2016; Pourghasemi vd., 2020; Shu vd., 2021; Shano vd., 2021). Bu yöntem, genel olarak gerçekteşme ihtimali olan tehlikelerin, tetikleyici faktörlerine ait dinamiklerinin önem derecesine göre değerlendirilmesine dayanır. Bu değerlendirme; mekansal veritabanı

kullanılarak CBS ve UZAL analiz yöntemleri ile gerçekleştirilir (Bonham-Carter, 1994; Lee ve

Talib, 2005; Yılmaz, 2009; Reis vd., 2012; Chen vd., 2016a; Chen vd., 2016b; Ding vd., 2017).



Şekil 1: Çalışma sahasının lokasyonu / **Figure 1:** Location of the study area.

Frekans Oranı Yöntemi'nde heyelan duyarlılıklarının hesaplanmasında, heyelanların gerçekleşmesinde etkili olan 15 adet faktör kullanılmıştır. Bu veriler heyelanların gerçekleşmesinde rol oynayan etkenler arasında bulunur ve birçok çalışmada kullanılmıştır (Azarafza, 2021, Ado vd., 2022). Heyelan duyarlılık analizi kapsamında kullanılan verilerin indirildiği ve elde edildiği kaynaklar tablo 1'de verilmiştir. Şekil 4'te ise Tablo 1'de yer alan verilerden oluşturulan faktör haritaları yer almaktadır. Yağış verisi haricinde kullanılan bütün veriler 10 metre çözünürlüktedir. 1 km² çözünürlüğe sahip olan küresel iklim verisi, 10 m çözünürlüğe dönüştürülerek çalışmada duyarlılık analizi için kullanılmıştır (Fick ve Hijmans 2017). Analizlerin ortaya konulmasında 1/25.000 ölçekli Mersin P35b1, Mersin P35b2, Mersin P35b3, Antakya P36a4 topografya paftaları, 1/100.000 ölçekli Antakya P36-P37-Hama-R36- Mersin P35-Lazkiye-R35 jeoloji paftaları, sayısal yükselti modeli (SYM-10 m), arazi örtüsü (10 m),

Sentinel-2 25/01/2024 güncel tarihli uydu görüntüsü (10 m), yol verisi (10 m), yağış verisi (1 km²) ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır (Tablo 1). Son olarak ise elde edilen duyarlılık analizi sonucuna göre sonuçların doğruluk oranının sorgulanabilmesi amacıyla ROC (Alıcı işletim karakteristiği) yöntemi (Cemiloğlu vd., 2023) kullanılmıştır.

Heyelan duyarlılık haritalarının oluşturulabilmesi için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler; olasılık (sıklık oranı), analitik hiyerarşi süreci (AHP), bayeshen olasılık modeli, iki değişkenli, çok değişkenli, lojistik regresyon gibi farklı yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır (Akgün ve Türk, 2010; Arca ve Kutoğlu, 2017; Kılıçoğlu, 2020; Dalkes ve Korkmaz, 2023). Frekans oranı yönteminin; yapılan araştırmalarda, heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde birçok yöntemle göre daha yüksek doğruluk değerine sahip olduğu görülmüştür. Heyelan duyarlılık haritalarının çalışma sahasında bulunan heyelan envanter

verisi ile çakıştırılması sonucu, frekans oranı yönteminin envanter verilerinin analitik hiyerarşı süreci yöntemine göre daha uyumlu olduğu görülmüştür (Arca ve Kutoğlu, 2017; Dalkes ve Korkmaz, 2023). Bu nedenle çalışmada frekans oranı yöntemi tercih

Tablo 1: Heyelan duyarlılık analizinde kullanılan parametrelere ait zellikler / **Table 1:** Properties of the parameters used in landslide susceptibility analysis.

No	Veri seti	Kaynak	Veri türü	oznrlk	üretilen katman
1	Sayısal Yükselti Modeli (SYM)	Harita Genel Müdürlüğü-HGM	Raster	10 m	Eğim, baki, eğrisellik, ykseklilik, akarsu ağı, TWI, TRI, SPI, Vadi derinlik
2	Arazi rts	https://esa-worldcover.org/en	Raster ve Vektor	10 m	Arazi rts
3	Uzaktan algılama verisi (Uydu görüntüsü)	https://sentiwiki.copernicus.eu/web/sentinel-2	Raster	10 m	NDVI, çizgisellik, heyelan envanter
4	Topografya ve jeoloji paftası	Harita Genel Müdürlüğü-HGM Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü-MTA	Raster ve Vektor	1/25.000 1/100.000	Heyelan envanter, ykseklilik raster verisi ve litoloji verisi
5	Yol verisi	https://overpass-turbo.eu/	Vektor	10 m	Yola mesafe
6	Yağış verisi	Fijk and Hijmans, 2017- https://www.worldclim.org/	Raster	1 km	Yağış
7	Geomorphons	https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/7.3.0/ta_lighting_8.html	Raster	10 m	Jeomorfolojik birimler,

2.1. Heyelan Envanteri

Heyelan duyarlılık çalışmalarında; heyelan envanteri, bölgede meydana gelmiş olan heyelan alanlarının tespit edilmesi ve bunların belirlenmesi, gelecekte heyelanların olası meydana gelme alanları, duyarlılık analizi için çok kritik rol oynamaktadır (Guzzetti, 1999, 2012). Çalışma sahasında, yerleşmelerin bulunduğu alanlar eğim açısından çok düşük ve düşük duyarlılık özelliklerine sahipken; yerleşme sahaslarının ardından orta, yüksek ve çok yüksek eğim duyarlılık özellikleri görülür. Amanos Dağları'na doğru eğim ve yükseltinin artmasına paralel olarak yağış değerlerinin artış gösterdiği sahalarda, zemin hareketleri artış göstermektedir (Değerliyurt, 2014). Bu bilgiler ile birlikte sahanın heyelan envanter verisi çıkarılmış ve analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında, Arsuz ayı Havzası'nda meydana gelmiş heyelanların belirlenmesi için

edilmiştir. Buna ek olarak, bazı çalışmalarda ise bayeshen olasılık modelinin, frekans oranı yöntemine göre daha doğru sonuçlar ortaya koyduğu da belirtilmiştir (Akıncı vd., 2017; Kılıçoğlu, 2020).

arazi alışmaları, Sentinel-2 10 m oznrlkte 25/01/2024 güncel tarihli uydu görüntüsü, google earth ve MTA heyelan envanter verisi kullanılmıştır. Arazi alışmaları; bölge güvenlik koşulları gerekçe gösterilerek, özellikle yüksek dağlık bölgelerde var olan güvenlik sorunu ile orman yangını tehlikesi nedeniyle yoğun olarak yapılamamış, istenilen bölgelere gidilememiştir. Bu nedenle uydu görüntüleri ile oznrlğ yüksek olması sayesinde google earth ve apple maps görüntüleri tercih edilmiştir. MTA heyelan envanter verisinin 1/500000 ölçekli olması sebebiyle envanter kapsamında çok fazla heyelan verisi elde edilememiştir. Kullanılan tüm bu veriler, görsel yorumlama ve MTA envanter verisi kullanılarak, 77 farklı lokasyonda kütle hareketlerine ait tespit yapılmıştır (şekil 2, şekil 3). Tespit edilen bu heyelanlar ArcMap 10.4 programında, heyelan envanter vektör veritabanı oluşturulup,

herbir heyelan verisi tek tek çizilerek elde edilmiştir. Oluşturulan heyelan envanter verisinde çizimi yapılan heyelanlara ait örnekler Şekil 2'de verilmiştir. 77 adet heyelan envanter verisi dikkate alındığında, heyelan olayları genel olarak dik eğimli yamaçlar üzerinde meydana gelmiştir. Bu heyelanlar sayısal olarak toplamda 2.29 km²'lik bir alan kaplamaktadır ve en alçak noktası 155.2 m iken, en yüksek noktası

1629.3 m'dir. Heyelanların meydana geldiği yükseltilerin genel ortalaması ise 799.6 m'dir. Heyelanların meydana geldiği alanların eğim özellikleri incelendiğinde, maksimum 89° civarında, ortalama ise 36.3°'lik bir eğime sahip olduğu görülmektedir. Havza içerisinde meydana gelmiş kütle hareketlerine ait dağılış haritası Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2: Arsuz Çayı Havzası'nda yüksek eğimli dik yamaçlar ve vadiler üzerinde meydana gelen farklı türde kütle hareketleri (<https://www.apple.com/maps/>) / **Figure 2:** Different types of mass movements occurring on high-slope steep slopes and valleys in the Arsuz Stream Basin (<https://www.apple.com/maps/>).

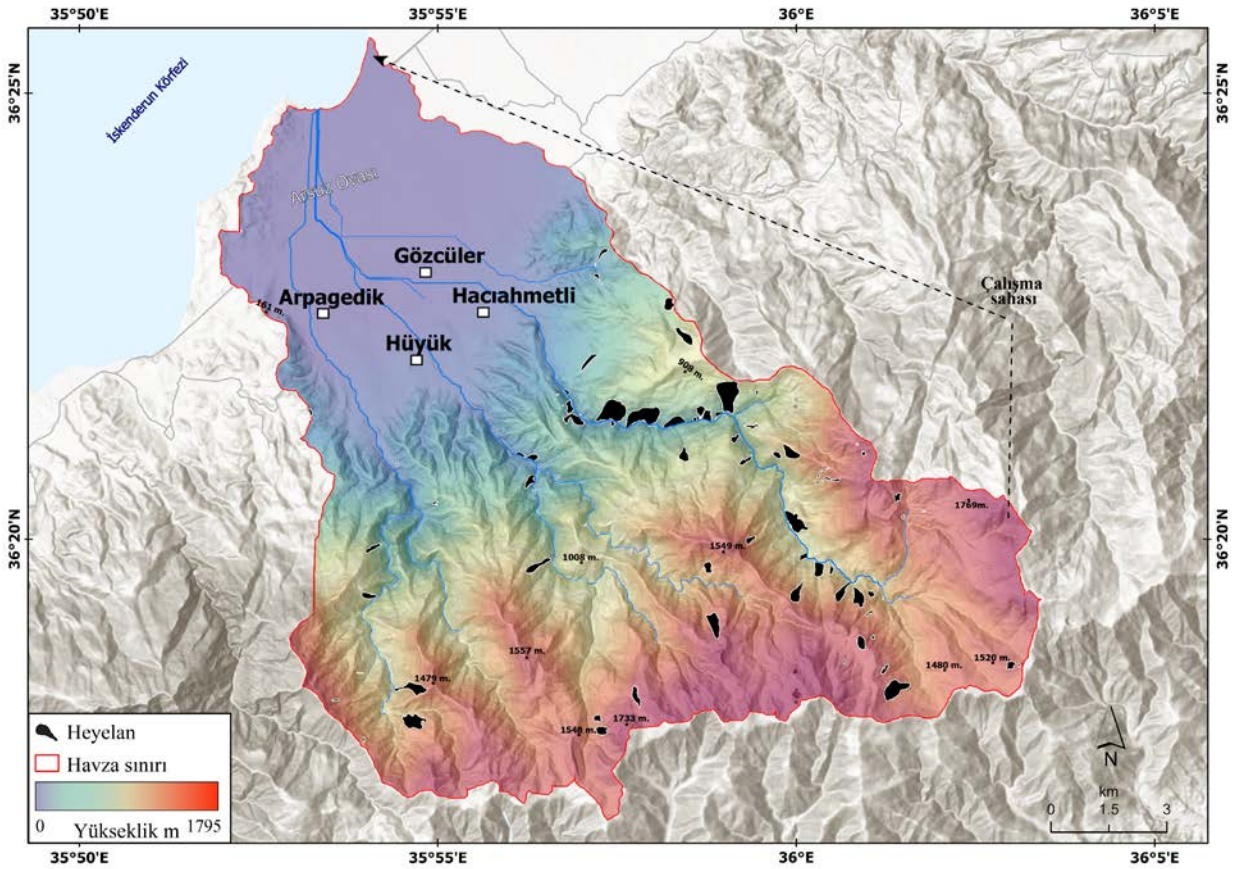
2.2. Heyelan Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Heyelanların oluşum mekanizmalarının çok karmaşık olması ve içerisinde çok çeşitli dinamikleri barındırmasından dolayı heyelanların meydana gelmesinde birçok faktör etkili olmaktadır. Bu faktörler antropojenik, iklimik, jeolojik ve topografik kökenli de olabilmektedir. Bu nedenle, heyelan duyarlılık çalışmaları yapılırken birçok faktör dikkate alınarak değerlendirme ve analiz işlemleri

yapılmaktadır (Sun vd., 2020; Guzzetti, vd., 2012; Pham vd., 2020; Pourghasemi vd., 2020; Zhou vd., 2021). Belirtilen faktörler dikkate alınarak yapılan analiz yöntemi "niceliksel yöntemler" olarak ifade edilmektedir. Heyelanların belirtilen faktörler içerisinde alansal hesaplamaları yapılarak kullanılan parametrelerin ağırlıkları bulunduğundan sonra, her bir parametrenin bulunan ağırlıklarına göre

çakıştırılarak heyelan duyarlılık haritası elde edilir (Van Westen, 1993; Görüm, 2006). Çalışma kapsamında, heyelan duyarlılık analizi için 15 farklı parametre kullanılmıştır (şekil 4). Seçilen bu parametreler birçok heyelan duyarlılık çalışmasında (Shu vd., 2021, Wang vd., 2020, Shano vd., 2021), heyelanların gerçekteşmesinde temel faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, farklı veri kaynakları da kullanılmaktadır (Mohammady vd., 2012, Ozdemir ve Altural, 2013, Khan vd., 2018). Arsuz Çayı Havzası heyelan duyarlılık analizi için yükselti, eğim, baki, topografik nemlilik indisi (TWI) akarsu aşındırma gücü (Spi), yola uzaklık, akarsuya uzaklık, topografik

pürüzlülük indisi (TRI), normalize edilmiş bitki indisi (NDVI), çizgisellik mesafesi, arazi kullanımı, yağış, vadi derinliği, eğrisellik ve litoloji olmak üzere toplamda 15 parametre hesaba katılmıştır. Seçilen her bir parametre, frekans oranı hesaplaması için 10 alt sınıfa yeniden sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi ArcMap programında sınıflandırma (classify) kütüphanesinde doğal kırılmalar algoritması (Jenks, 1967) yöntemine göre yapılmıştır (Ke vd., 2023). Böylece oluşturulan sınıflandırmaya göre elde edilen her bir alt sınıfın, gerçekteşen heyelanlar ile olan ilişkisi hesaplanmış ve her bir alt sınıfın heyelanların meydana gelmesi üzerindeki etkinliği belirlenmiştir.



şekil 3: Arsuz Çayı Havzası'nda meydana gelen heyelanların konumları ve oluşturulan envanter veriseti.

Figure 3: Locations of landslides occurring in the Arsuz Stream Basin and the created inventory dataset.

2.3. Frekans Oranı Yöntemi

Frekans oranı yöntemi; geçmişte yaşanan afetlerin envanter verisine dayalı olarak gelecekte de yaşanma durumunu analiz etmektedir. Bu yöntem; olay envanter verisi aracılığıyla, bu alanlarda yaşanan taşkın, heyelan gibi afetlerin tetikleyici faktörleri göz önünde bulundurularak yeniden gerçekteşeceği olasılığını hesaplamaktadır. Frekans oranı (Fr) yöntemi (1);

$$FR = a/b \quad (1)$$

ile elde edilir (Mandal ve Mondal, 2019; Üzel Günini ve Öztürk, 2021). Fr oranı değerinin 1 yada 1 den büyük olması heyelan olayının meydana gelmesinde önem açısından yüksek bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır (Erener ve Düzgün, 2010; Khan vd., 2019; Üzel Günini ve Öztürk, 2021). FR: frekans oranı a= heyelanı etkileyen parametrelerin her birine ait alt sınıfındaki heyelanlı piksel sayısının toplam heyelan piksel sayısına olan oranı b= heyelanı etkileyen parametrelerin her birine ait alt sınıfların piksel sayısının, alandaki toplam

piksel sayısına oranını ifade eder (Hepdeniz ve Soyaslan, 2018). Fr kullanılarak her bir parametrenin mevcut heyelan duyarlılığının tespit edilmesinde ise (2);

$$FSI_{FR} = \sum Fr \quad (2)$$

formülü kullanılır. Elde edilen her bir sınıfa ait Fr değeri arasındaki mevcut farklılıkların haritalama sırasında sorun oluşturmaması ve tutarsızlık oluşmaması için normalizasyon yani normalleştirme gerçekleştirilmektedir. Normalleştirme ise (3);

$$NFR = \frac{(FR - FR_{min})}{(FR_{maks} - FR_{min})} * 100 \quad (3)$$

olarak hesaplanmaktadır. FR_{min} : her bir parametre içerisindeki en küçük Fr değeri, FR_{maks} : her bir parametre içerisindeki en byk Fr değeri'dir (Taşkanat, 2012).

Fr değerinin her bir parametre üzerinde hesaplanması için, öncelikle kullanılan toplamda 15 farklı parametrenin hepsine 10 sınıf aralığında yeniden sınıflandırma işlemi yapılmış, her bir parametrenin sınıflandırılmasında natural breaks (doğal kırılma) algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma verilere ait maksimum ve minimum değerler arasında mevcut doğal kırılmaları kullanarak, sınıflandırma işlemini gerçekleştirir (Gong vd., 2021, Yılmaz, 2023).

3. BULGULAR

3.1. Frekans Oranı Yöntemine Göre Heyelan Duyarlılık Analizi

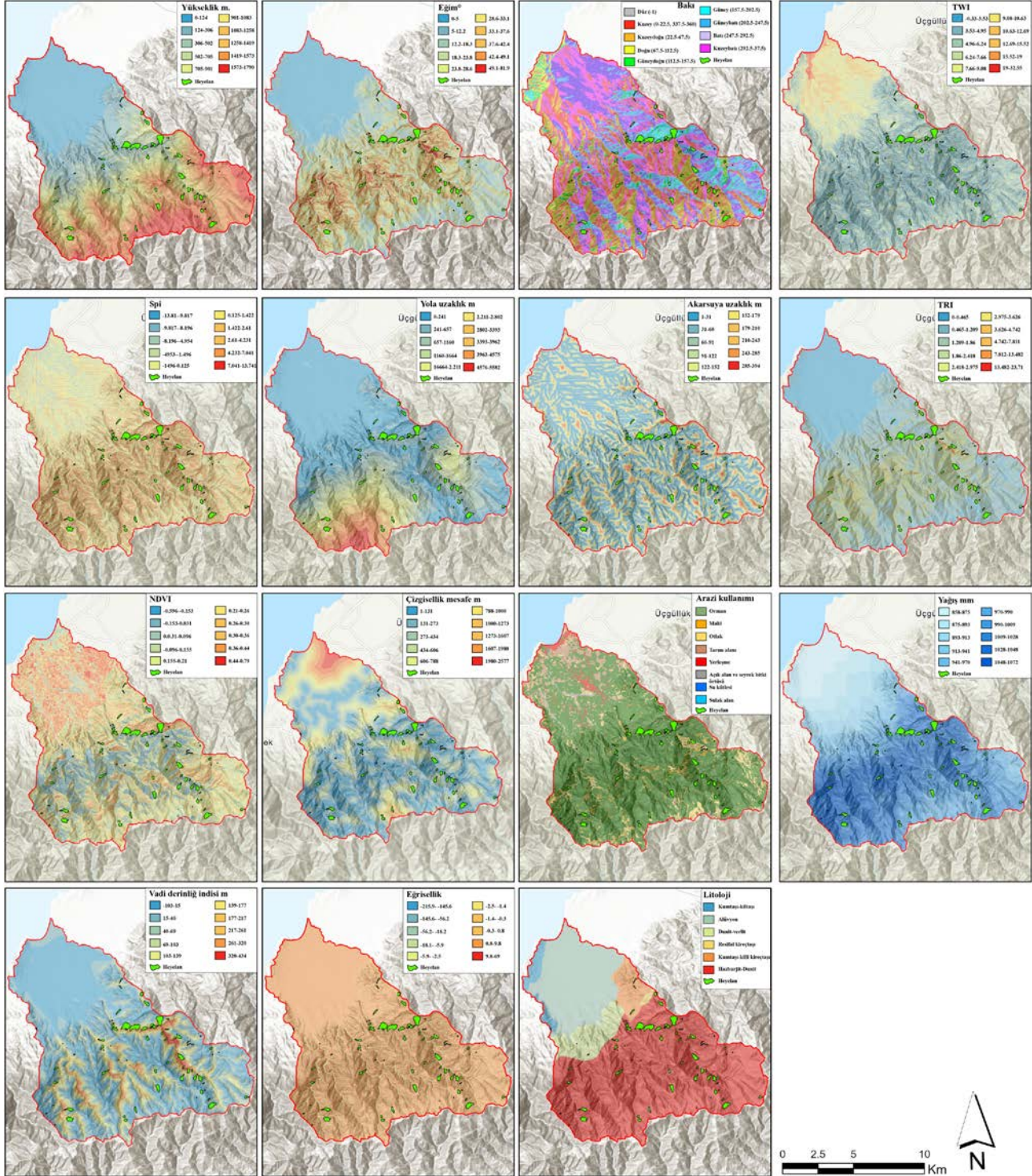
Frekans oranı yöntemi aracılığıyla 15 farklı parametre, bu parametrelerin heyelanların gerçekleşmesini tetikleme açısından ele alınmıştır. Böylece her bir parametrenin frekans oranı ile ilişkisi istatistiksel olarak belirlenmiştir. Fr değeri elde edilen her bir parametre ve alt sınıflarına normalizasyon uygulanarak, final duyarlılık haritasının oluşturulmasında kullanılmıştır. Normalizasyon değerleri sınıflandırılmış parametrelerin her bir alt sınıfına, sınıflandırılmış parametrelere yeniden uygulanarak hesaplamaya katılmıştır. Fr yöntemi sayısal sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre parametrelerin ayrı ayrı değerlendirmesi yapılacak olursa; litoloji verisi

ile heyelanların meydana gelmesinde en önemli alt sınıfların ilk olarak Hazburjit-dunit ve kumtaşı-killi kireçtaşı birimlerinin olduğu, bu birimlerin heyelan olaylarının envanter verisinde de en fazla olayların yaşandığı birimlere karşılık geldiği grlmektedir (Tablo 2). Yükseklik verisinde ise en fazla etkiye sahip sınıfların 306-502,502-705,705-901 metreler olduğu görülürken, eğim parametresinde ise 37.6-42.4, 42.4-49.1°'lik eğimlere sahip alanların heyelan olayları açısından en kritik sahalarda olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlerin; nemlilik indisinde 1-4. sırada olan sınıflar arasında görüldüğü, bu alanların heyelan olayları açısından daha duyarlı ve hassas olduğu, vadi derinliği indisinde; 217-320 m'ler seviyesinde olan derinliklerin, heyelan bakımından daha kritik ve yüksek etken olduğu, yağış parametresinde ise 990-1048 mm arasında olan sahalarda, arazi kullanım verisinde açık alanların, eğrisellik verisinde sınıflandırılmış 5. sınıfın (-5.9 - -2.5), bakı verisinde güney, güneybatı ve güneydoğuya bakan yamaçların, akarsu aşındırma indisinde 2.61-13.74 değerlerine karşılık gelen 8-9-10. sınıfların, çizgiselliklere olan mesafe parametresinde 788-1000 metre arasında olan sahalarda, akarsu mesafe verisinde 210-243 metrelerin, yola mesafe parametresinde 1664-2211 metrelerin, topografik engebelilik verisinde 0-0.465 değerlerinin ve normalize edilmiş bitki indisi verisinde ise 0.36-0.44 değerlerinin heyelanların meydana gelmesinde en fazla etkin olan alt sınıflar olduğu görülmüştür.

Frekans oranı yöntemine bağlı olarak yapılan heyelan duyarlılık analizinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde, havzada heyelana duyarlı 5 sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek heyelan duyarlılık sınıfına karşılık gelmektedir. Böylece, kantitatif açıdan bu sınıflara bağlı olarak, heyelanların havzada tekerrür etme olasılıkları ya da meydana gelme durumları ile ilgili bilgi sahibi olmamıza olanak vermektedir. Heyelana duyarlı sahalarda incelendiğinde, düşük ve çok düşük sınıflara karşılık gelen sahalarda; genel olarak eğimin düşük olduğu ovalık alanın bulunduğu sahalarda ile çevresinde yer alan düşük eğimli, alçak yamaçlarda ve rölyefin maksimum olduğu, fakat daha çok düşük eğimli aşınım

yüzeylerinin olduğu sahalara karşılık gelen güneydoğu kesimlerinde bulunur. Orta sınıfta duyarlı alanlar ise yüksek ve çok yüksek sınıfta duyarlılıkların olduğu, yüksek eğimli dik

yamaçların, dar ve derin vadilerin çevresinde, özellikle eğimin çok yüksek olmadığı sahalarda yer almaktadır (Şekil 5).



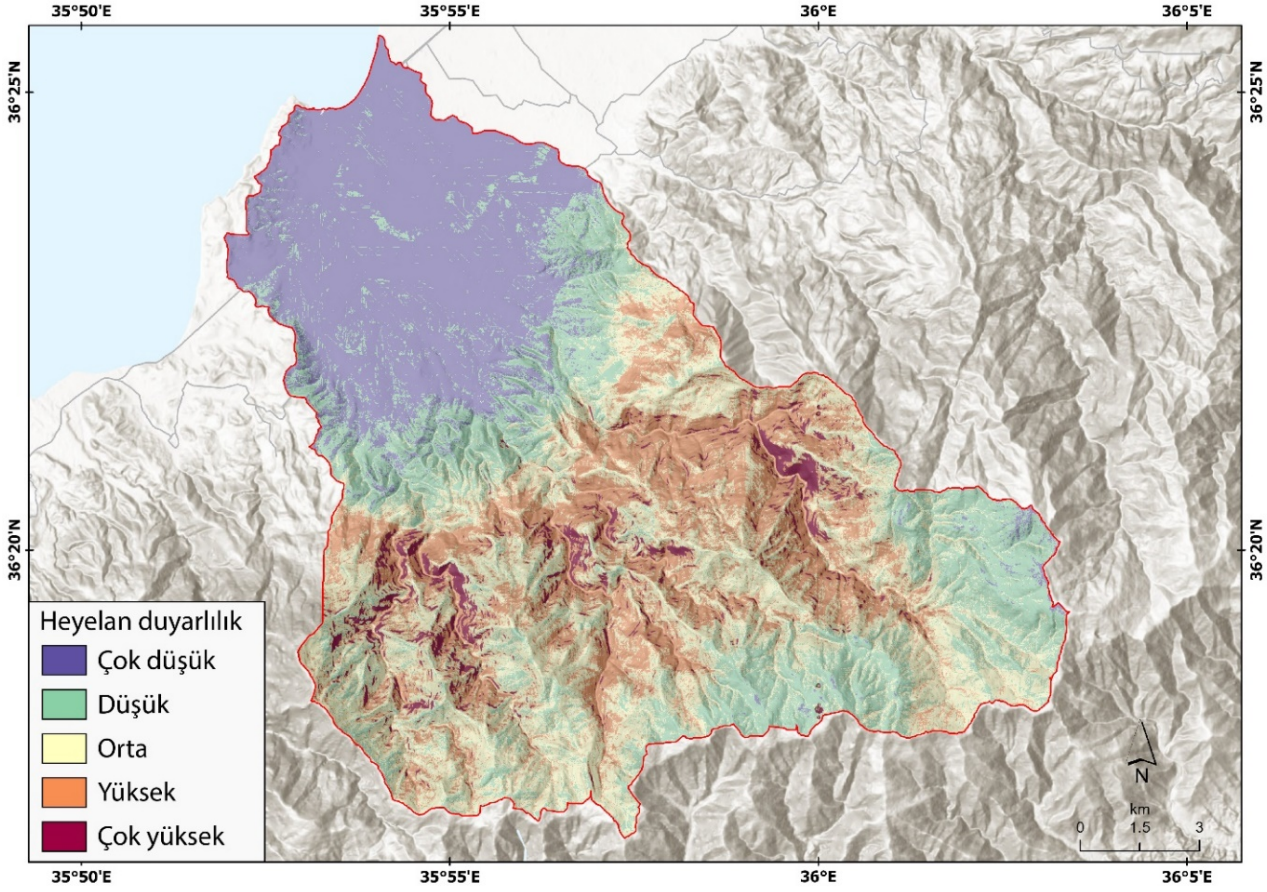
Şekil 4: Heyelan duyarlılık analizi amacıyla kullanılan parametreler ve özellikleri (yükseklik (m), eğim, bakı, topografik nemlilik indisi (TWI), akarsu aşındırma gücü (Spi), yola uzaklık (m), akarsuya uzaklık (m), topografik pürüzlülük indisi (TRI), normalize edilmiş bitki indisi (NDVI), çizgisellik mesafesi (m), arazi kullanımı, yağış (mm), vadi derinliği (m), eğrimsellik ve litoloji) / **Figure 4:** Parameters and properties used for landslide susceptibility analysis (elevation (m), slope, aspect, topographic moisture index (TWI), stream erosion power (Spi), distance to road, distance to stream, topographic roughness index (TRI), normalized vegetation index (NDVI), linearity distance, land use, precipitation, valley depth, curvature and lithology).

Tablo 2: Frekans Oranı yöntemi sayısal sonuçları / **Table 2:** Frequency ratio method numerical results.

PARAMETRE	PARAMETRE ALT SINIF	HEYELANLI ALANLARIN PİKSEL SAYISI	% ORANI	FAKTÖR ALANLARI	% ORAN	FR	NFR
LİTOLOJİ	1	1300	0.00	38759	0.03	0.14	9
	2	0	0.00	317273	0.22	0.00	0
	3	1100	0.00	98291	0.07	0.05	3
	4	0	0.00	5248	0.00	0.00	0
	5	9300	0.03	65183	0.04	0.58	39
	6	348300	0.97	945486	0.64	1.50	100
YÜKSELİTİ	1	0	0.00	358029	0.24	0.00	0
	2	44900	0.12	142717	0.10	1.28	40
	3	88100	0.24	112193	0.08	3.21	100
	4	48700	0.14	92640	0.06	2.15	67
	5	34500	0.10	94384	0.06	1.49	47
	6	30400	0.08	102156	0.07	1.22	38
	7	42200	0.12	120016	0.08	1.44	45
	8	34500	0.10	169136	0.12	0.83	26
	9	30300	0.08	174242	0.12	0.71	22
	10	6400	0.02	104787	0.07	0.25	8
EĞİM	1	800	0.00	330695	0.23	0.01	0
	2	4200	0.01	136472	0.09	0.13	2
	3	8300	0.02	177331	0.12	0.19	4
	4	20600	0.06	183004	0.12	0.46	9
	5	36500	0.10	172499	0.12	0.86	17
	6	59600	0.17	167342	0.11	1.45	28
	7	86900	0.24	147978	0.10	2.39	46
	8	76900	0.21	97071	0.07	3.23	63
	9	57800	0.16	45747	0.03	5.15	100
	10	8400	0.02	9271	0.01	3.69	72
TWI	1	70600	0.20	169315	0.12	1.70	100
	2	136500	0.38	415819	0.28	1.34	79
	3	104400	0.29	402674	0.27	1.06	62
	4	32900	0.09	187820	0.13	0.71	42
	5	8300	0.02	118029	0.08	0.29	17
	6	4500	0.01	91491	0.06	0.20	12
	7	1800	0.01	57391	0.04	0.13	8
	8	100	0.00	13621	0.01	0.03	2
	9	900	0.00	8136	0.01	0.45	27
	10	0	0.00	3045	0.00	0.00	0
VADI DERİNLİĞİ	1	27200	0.08	620542	0.42	0.18	0
	2	46700	0.13	305038	0.21	0.63	7
	3	51400	0.14	181400	0.12	1.16	15
	4	52800	0.15	127485	0.09	1.69	23
	5	43200	0.12	86126	0.06	2.05	29
	6	41800	0.12	61787	0.04	2.76	39
	7	36300	0.10	41209	0.03	3.60	52
	8	32500	0.09	25798	0.02	5.15	76
	9	26000	0.07	15779	0.01	6.73	100
	10	2100	0.01	5136	0.00	1.67	23

YAĞIŞ	1	0	0.00	104571	0.07	0.00	0
	2	0	0.00	105559	0.07	0.00	0
	3	0	0.00	80908	0.06	0.00	0
	4	1200	0.00	82826	0.06	0.06	3
	5	1800	0.01	82371	0.06	0.09	4
	6	22200	0.06	124813	0.08	0.73	36
	7	42600	0.12	171571	0.12	1.01	51
	8	106300	0.30	216676	0.15	2.00	100
	9	151200	0.42	327753	0.22	1.88	94
	10	34700	0.10	173254	0.12	0.82	41
ARAZI ÖRTÜŐÜ	Orman	202800	0.56	1190678	0.81	0.70	7
	Maki	20600	0.06	45464	0.03	1.85	19
	Otlak	90100	0.25	124846	0.08	2.95	30
	Tarım alanı	0	0.00	65111	0.04	0.00	0
	Yerleşme	0	0.00	23853	0.02	0.00	0
	Açık alan	46500	0.13	19066	0.01	9.96	100
	Su yüzeyi	0	0.00	865	0.00	0.00	0
	Su kütlesi	0	0.00	59	0.00	0.00	0
EĞRİSELLİK	1	0	0.00	1	0.00	0.00	0
	2	0	0.00	10	0.00	0.00	0
	3	0	0.00	40	0.00	0.00	0
	4	800	0.00	3188	0.00	1.02	48
	5	26200	0.07	49905	0.03	2.14	100
	6	39300	0.11	94659	0.06	1.70	79
	7	86200	0.24	275990	0.19	1.28	59
	8	110000	0.31	757428	0.52	0.59	28
	9	97500	0.27	288984	0.20	1.38	64
	10	0	0.00	95	0.00	0.00	0
BAKİ	Düz	0	0.00	1	0.00	0.00	0
	Kuzey	0	0.00	10	0.00	0.00	0
	Kuzeydoğu	0	0.00	40	0.00	0.00	0
	Doğu	800	0.00	3188	0.00	1.02	48
	Güneydoğu	26200	0.07	49905	0.03	2.14	100
	Güney	39300	0.11	94659	0.06	1.70	79
	Güneybatı	86200	0.24	275990	0.19	1.28	59
	Batı	110000	0.31	757428	0.52	0.59	28
SPI	1	0	0.00	13510	0.92	0.00	0
	2	900	0.25	25727	1.75	0.14	6
	3	18800	5.22	59362	4.04	1.29	58
	4	600	0.17	93470	6.36	0.03	1
	5	19400	5.39	240952	16.39	0.33	15
	6	60900	16.91	355652	24.19	0.70	31
	7	111700	31.02	370079	25.17	1.23	55
	8	115100	31.96	245360	16.69	1.92	85
	9	27800	7.72	50533	3.44	2.25	100
	10	4800	1.33	12696	0.86	1.54	69
ÇİZGİSELLİK MESAFESİ	1	173100	0.48	402065	0.27	0.57	7
	2	93600	0.26	363678	0.25	0.95	12
	3	36600	0.10	264855	0.18	1.77	22
	4	25500	0.07	171436	0.12	1.65	20

	5	16800	0.05	106467	0.07	1.55	19
	6	2100	0.01	70462	0.05	8.22	100
	7	9800	0.03	36233	0.02	0.91	11
	8	2500	0.01	23685	0.02	2.32	28
	9	0	0.00	19704	0.01	0.00	0
	10	0	0.00	11885	0.01	0.00	0
AKARSU MESAFESİ	1	96700	0.27	380972	0.26	0.96	41
	2	78000	0.22	284478	0.19	0.89	36
	3	65400	0.18	247982	0.17	0.93	38
	4	46600	0.13	210654	0.14	1.11	53
	5	31300	0.09	137872	0.09	1.08	50
	6	18600	0.05	87610	0.06	1.15	56
	7	11200	0.03	63131	0.04	1.38	74
	8	4800	0.01	33437	0.02	1.71	100
	9	4100	0.01	18192	0.01	1.09	51
	10	3300	0.01	5996	0.00	0.44	0
YOLA MESAFE	1	91600	0.25	726429	0.49	1.94	22
	2	129300	0.36	223889	0.15	0.42	5
	3	46400	0.13	140030	0.10	0.74	9
	4	46200	0.13	102430	0.07	0.54	6
	5	2300	0.01	81315	0.06	8.66	100
	6	18700	0.05	53865	0.04	0.71	8
	7	17800	0.05	45708	0.03	0.63	7
	8	7700	0.02	42046	0.03	1.34	15
	9	0	0.00	34358	0.02	0.00	0
	10	0	0.00	20254	0.01	0.00	0
TRI	1	1700	0.00	386862	0.26	55.72	100
	2	19100	0.05	347412	0.24	4.45	8
	3	72200	0.20	335694	0.23	1.14	2
	4	118900	0.33	241714	0.16	0.50	1
	5	93200	0.26	113156	0.08	0.30	1
	6	45600	0.13	35400	0.02	0.19	0
	7	8300	0.02	8465	0.01	0.25	0
	8	1000	0.00	1508	0.00	0.37	1
	9	0	0.00	66	0.00	0.00	0
	10	0	0.00	23	0.00	0.00	0
NDVI	1	0	0.00	22	0.00	0.00	0
	2	87800	0.24	152851	0.10	0.43	1
	3	73200	0.20	149662	0.10	0.50	1
	4	66400	0.18	189991	0.13	0.70	1
	5	60600	0.17	239637	0.16	0.97	1
	6	39000	0.11	253391	0.17	1.59	2
	7	24700	0.07	222385	0.15	2.20	3
	8	8000	0.02	160566	0.11	4.91	7
	9	300	0.00	84756	0.06	69.16	100
	10	0	0.00	17253	0.01	0.00	0



Şekil 5: Arsuz Çayı Havzası'nda frekans oranı yöntemine göre heyelan duyarlılık analizi / **Figure 5:** Landslide susceptibility analysis according to the frequency ratio method in the Arsuz Stream basin.

5 farklı sınıfa göre oluşturulan heyelan duyarlılık haritasında bu alanların dağılışı özellikleri ise; çok düşük duyarlılık sınıfı 34.9 km² ve toplam alan içerisinde yaklaşık %23.8, düşük sınıfta duyarlılık 31 km² ve toplam alan içerisinde % 21.2, orta duyarlılıkta sınıflar 45.9 km² ve toplam alan içerisinde %31.3, yüksek duyarlı alanlar 30.3 km² ve toplam alan içerisinde % 20.7, çok yüksek sınıfta duyarlılık sahaları ise 4.5 km² ve toplam alan içerisinde %3.1'lik yer kaplamaktadır (Tablo 3, Şekil 6).

3.2. Heyelan Duyarlılık Analizi Modeli Performans Doğruluğu

Üretilen duyarlılık analizi sonucuna göre elde edilen duyarlılık verisinde sonuçların doğruluk yüzdesinin sorgulanması için ROC (Alıcı işletim karakteristiği) yöntemi (Cemiloğlu vd., 2023) kullanılmıştır. Bu yöntemle mevcut heyelan envanteri alan verisi içerisine rastgele noktalar atılmıştır. Meydana gelen heyelan alan verisinden toplamda 5.198 adet nokta verisi oluşturulmuştur. Oluşturulan mevcut envanter nokta verisinden heyelan duyarlılık analiz modelinin çalıştırılması için eğitim verisi oluşturulan modelin performansının

doğruluğunu kontrol etmek için test verisi 2 gruba ayrılmıştır (Shirzadi, 2017; Utlu, 2023). Bunun sonucunda 5.198 adet heyelan envanter nokta verisi, % 70 eğitim verisi, %30'u ise test verisi olarak seçilmiştir (Utlu, 2023). Böylece, 3.639 veri eğitim, 1.559 nokta verisi test verisi olarak ayrılmıştır. Bu yöntemin hesaplanmasında (4);

(4)

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN}$$

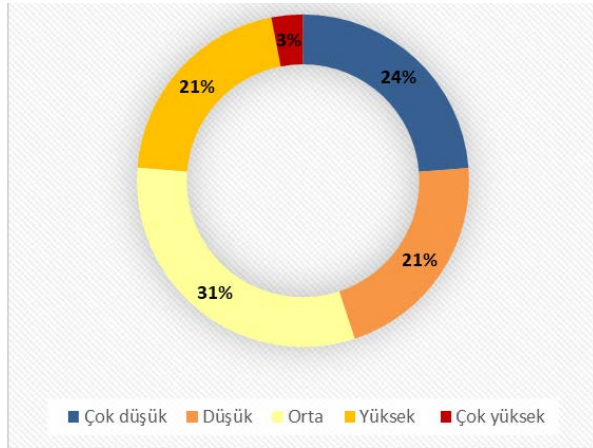
$$FPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

formülü tercih edilmektedir. Formülde ROC eğrisi üzerinde mevcut formülde olan yanlış pozitif ve doğru pozitif değerleri düşeyde ve yatayda x ve y eksenlerine dağıtır. Böylece ROC eğrisi üzerinde kalan ve değerler 1'e yaklaşması durumunda, modelin doğruluk oranı yüksektir (Shirzadi, 2017; Utlu, 2023). ROC yöntemine bağlı olarak doğruluk analizi kapsamında, Frekans Oranı (FR) yöntemine göre oluşturulan modelin 0.828 gibi oldukça yüksek bir değerde doğruluk değerine ulaşılmıştır. Buna göre

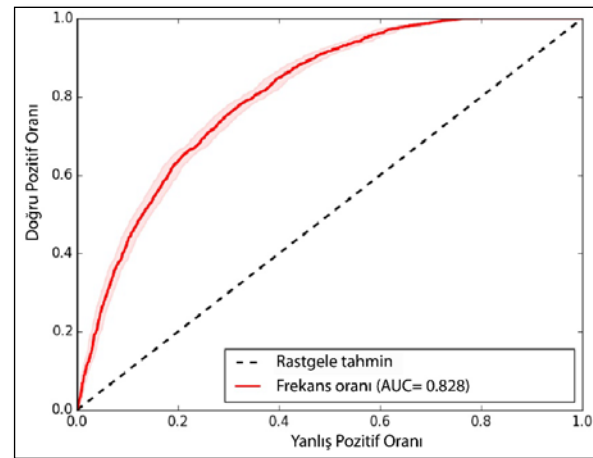
model doğruluğu yaklaşık %83 oranında bir doğruluğu sahiptir (şekil 7).

Tablo 3: Frekans oranı yöntemine göre heyelan duyarlılık sınıflarının alansal özelliklerinin dağılış yüzdesi / **Table 3:** Percentage distribution of areal characteristics of landslide susceptibility classes according to frequency ratio method.

Heyelan duyarlılık	Alan km ²	Alan %
Çok düşük	34.9	23.8
Düşük	31.0	21.2
Orta	45.9	31.3
Yüksek	30.3	20.7
Çok yüksek	4.5	3.1
Toplam	146.6	100.0



şekil 6: Frekans oranı yöntemine göre üretilen heyelan duyarlılık sınıflarının alansal özelliklerinin dağılış yüzdesi / **Figure 6:** Percentage distribution of areal characteristics of landslide susceptibility classes produced according to the frequency ratio method.



şekil 7: Heyelan duyarlılık analizi sonuç modelinin ROC eğrisi ve AUC sonuçları / **Figure 7:** ROC curve and AUC results of landslide susceptibility analysis result model.

3. SONUÇ

Arsuz Çayı Havzası içerisinde değişik tip ve boyutlarda 77 adet heyelan meydana gelmiştir. Bu heyelanların çoğunluğu yamaç stabilitesinin bozulmaya uğradığı ulaşım güzergâhları ile akarsu vadilerinde, akma ve kayma tipinde görölmektedir. Heyelanların büyük bir kısmı yüksek eğim değerlerine sahip alanlarda gelişmiş olup toplamda 2.29 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Heyelanların gelişmiş olduğu yükselti aralığı 155-1629 metre olup genel ortalaması ise 799.6 metredir. Heyelanların yoğunlaştığı saha ise Hacıahmetli Deresi'nin bulunduğu kesim olarak görölmektedir.

Çalışmada litolojik özellikler ile heyelanlar arasındaki ilişki göze çarpmaktadır. Burada, Hazburjit-dunit ve kumtaşı-killi kireçtaşı birimlerinin olduğu, bu birimlerin heyelan olaylarının envanter verisinde de en fazla olayların yaşandığı birimlere karşılık geldiği belirlenmiştir. Yükseklik verisi sonucunda ise en fazla etkiye sahip sınıfların 306-502, 502-705, 705-901 metreler olduğu görölmektedir, eğim parametresinde ise 37.6-42.4, 42.4-49.1°'lik eğimlere sahip alanların heyelan oluşumu açısından en önemli sahalardan olduğu tespit edilmiştir. Bunlar dışındaki diğer verilere göre; nemlilik indisinde 1-4. sırada olan sınıflar, vadi derinliği indisinde; 217-320 m'ler seviyesinde olan derinlikler, yağış parametresinde 990-1048 mm arasında olan sahalardan, arazi örtüsü verisinde açık alanlar, eğrisellik verisinde sınıflandırılmış 5. sınıf (-5.9 - -2.5), bakı verisinde güney, güneybatı ve güneydoğuya bakan yamaçlar, akarsu aşındırma indisinde 2.61-13.74 değerlerine karşılık gelen 8-9-10. sınıflar, çizgiselliklere olan mesafe parametresinde 788-1000 metre arasında olan sahalardan, akarsu mesafe verisinde 210-243 metreler, yola mesafe parametresinde 1664-2211 metreler, topografik engebelilik verisinde 0-0.465 değerleri ve normalize edilmiş bitki indisi verisinde ise 0.36-0.44 değerleri heyelanların meydana gelmesinde en duyarlı ve hassas alt sınıflar olarak tespit edilmiştir.

Yapılan heyelan duyarlılık analizi sonucunda; havzada heyelana duyarlı 5 sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek sınıfta heyelan duyarlılığına karşılık gelmektedir. Düşük ve çok düşük sınıflara

karşılık gelen heyelana duyarlı sahalar genel olarak eğimin düşük olduğu ovalık alanın bulunduğu sahalara ile çevresinde yer alan düşük eğimli alçak yamaçlarda ve röliefin maksimum olduğu fakat daha çok düşük eğimli aşınım yüzeylerinin olduğu sahalara temsil eden güneydoğu kesimlerinde bulunur. Orta sınıfta duyarlı alanlar ise yüksek ve çok yüksek sınıfta duyarlılıkların olduğu yüksek eğimli dik yamaçların, dar ve derin vadilerin çevresinde özellikle eğimin çok yüksek olmadığı sahalarda yer almaktadır. Tespit edilen bu alanların dağılış özellikleri ise; çok düşük duyarlılık sınıfı 34.9 km² ve toplam alan içerisinde yaklaşık %23.8, düşük sınıfta duyarlılık 31 km² ve toplam alan içerisinde % 21.2, orta duyarlılıkta sınıflar 45.9 km² ve toplam alan içerisinde %31.3, yüksek duyarlı alanlar 30.3 km² ve toplam alan içerisinde % 20.7, çok yüksek sınıfta duyarlılık sahalara ise 4.5 km² ve toplam alan içerisinde %3.1'lik yer kaplamaktadır.

Üretilen duyarlılık analizi sonucuna göre elde edilen duyarlılık verisinde Frekans Oranı (FR) yöntemine göre oluşturulan modelin, ROC yöntemine göre % 83 oranında bir doğruluğa sahip olduğu görülmüştür. Duyarlılık modelinin oluşturulmasında kullanılan envanter verisinin sahanın tamamını kapsamayı ve sadece havza ile sınırlı olması değerın yüksek çıkmasını sağlamıştır. Buna ek olarak havzada yapılacak daha detaylı arazi çalışmaları ile ayrıntılı envanter verisinin toplanılmasına ve bu da elde edilecek model sonuçlarının daha hassas doğrulukta olmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak; çalışmada kullanılan parametrelerin sayısının artırılması, bölgede meydana gelen heyelanlar ve heyelandan etkilenen alanların tespit edilmesi, geçmişte yaşanan heyelan alanlarının bilinmesi ve gerekli envanterin oluşturulması, heyelan duyarlılık haritalarından daha hassas ve doğruluk oranı yüksek sonuçların elde edilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca heyelan hassasiyetinin ve uygulanabilirliğin yüksek olması amacıyla bundan sonraki çalışmalarda, özellikle yerleşim sahalara başta olmak üzere çok yüksek ve yüksek heyelan duyarlılığına sahip alanlarda, lokal bölgeler bazında çalışılması, yüksek çözünürlüklü verilerin kullanılması, farklı parametrelerin değerlendirmeye alınması ve ileri analiz

teknikleriyle hassas değerlendirmelerin yapılması önemlidir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma; İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalında hazırlanan "Arsuz Çayı Havzası'nın (Hatay) Uygulamalı Jeomorfoloji Etüdü" adlı doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Ado, M., Amitab, K., Maji, A.K., Jasińska, E., Gono, R., Leonowicz, Z. & Jasiński, M. (2022). "Landslide Susceptibility Mapping Using Machine Learning: A Literature Survey" *Remote Sensing* 14, no. 13: 3029. <https://doi.org/10.3390/rs14133029>
- Akgün, A., Türk, N. (2010). İki ve Çok Değişkenli İstatistik ve Sezgisel Tabanlı Heyelan Duyarlılık Modellerinin Karşılaştırılması: Ayvalık (Balıkesir, Kuzeybatı Türkiye) Örneği. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 34(2), 85-112. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmd/issue/28177/295467>
- Akinci, H., Doğan, S. Kılıçoğlu, C. 2017. Landslide Susceptibility Mapping Of Canik (Samsun) District Using Bayesian Probability and Frequency Ratio Models. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 5(3), 283-299. <https://doi.org/10.15317/Scitech.2017.89>
- Arca, D., Kutoğlu, ř.H. (2017). Frekans Oranı Metodu ile Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara. Erişim adresi: https://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/23443ad7429229_ek.pdf
- Azarafza, M., Azarafza, M., Akgün, H., Atkinson, P.M., & Derakhshani, R. (2021). Deep learning-based landslide susceptibility mapping. *Scientific Report*, 11, 24112. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03585-1>
- Bonham-Carter, G.F. (1994). *Geographic Information Systems for Geoscientists*. Pergamon Press, Modeling with GIS, Oxford. Erişim adresi: <https://www.sciencedirect.com/book/9780080418674/geographic-information-systems-for-geoscientists>
- Cemiloglu, A., Zhu, L., Mohammednour, A. B., Azarafza, M., Nanekaran, Y.A. 2023. "Landslide Susceptibility Assessment for Maragheh County, Iran, Using the Logistic Regression Algorithm" *Land* 12, no. 7: 1397. <https://doi.org/10.3390/land12071397>

- Cihangir, M. E., Görüm, T. (2016). Kelkit vadisinin aşağı ığırında gelişmiş heyelanların dağılım deseni ve oluşumlarını kontrol eden faktörler. *Türk Coğrafya Dergisi* (66), 19-28. <https://doi.org/10.17211/tcd.84731>
- an, T., Duman, T. Y., Olgun, ř., örekioğlu, ř., Karakaya-Gölmez, F., Elmacı, H., Hamzaçebi, S., & Emre, Ö. (2013). Türkiye Heyelan Veri Tabanı. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi. Erişim adresi: [//https://obs.hkmo.org.tr/showmedia/resimler/ekler/85a47f65233d5d0_ek.pdf](https://obs.hkmo.org.tr/showmedia/resimler/ekler/85a47f65233d5d0_ek.pdf)
- Chen, W., Chai, H., Sun, X., Wang, Q., Ding, X., & Hong, H. (2016a). A GIS-based comparative study of frequency ratio, statistical index and weights-of-evidence models in landslide susceptibility mapping. *Arabian Journal of Geosciences*. 9 (3), 204. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2150-7>
- Chen, W., Wang, J., Xie, X., Hong, H., Van Trung, N., Bui, D.T., Wang, G., & Li, X. (2016b). Spatial prediction of landslide susceptibility using integrated frequency ratio with entropy and support vector machines by different kernel functions. *Environmental Earth Sciences*. 75 (20), 1344. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6162-8>
- Dalkes, M., Korkmaz, M. S. (2023). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Frekans Oranı Yöntemlerinin Heyelan Duyarlılık Analizinde Karşılaştırılması: Trabzon İli Akabat ve Düzköy İlçeleri Örneği. *Doğal Afetler Ve evre Dergisi*, 9(1), 16-38. <https://doi.org/10.21324/dacd.1105000>
- Değerliyurt, M. (2014). İskenderun-Arsuz İlçelerinin (Hatay) CBS Tabanlı Zemin Hareketleri Duyarlılık Analizi, *Turkish Studies*, Cilt 9, Sayı 5:655-678. doi:<http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.6765>
- Ding, Q., Chen, W., & Hong, H. (2017). Application of frequency ratio, weights of evidence and evidential belief function models in landslide susceptibility mapping. *Geocarto International* 32 (6), 619-639. <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1165294>
- Erener, A., Duzgun, H.S. (2010) Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of More and Romsdal (Norway), *Landslides*, 7, 55-68. <https://doi.org/10.1007/s10346-009-0188-x>
- Ergünay, O. (2007). Türkiye'nin afet profili. TMMOB Afet Sempozyumu, 5(7), 1-14. Erişim adresi: <https://eskisakarya.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/3885.pdf>
- Fick. E.S., Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Froude M. J., Petley D. (2018). Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 2161-2181. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2161-2018>
- Gong, W., Hu, M., Zhang, Y., Tang, H., Liu, D. & Song, Q. (2021). GIS-based landslide susceptibility mapping using ensemble methods for Fengjie County in the Three Gorges Reservoir Region, China. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03572-z>
- Gökeoğlu, C., Ercanoğlu, M. (2001) Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikler. *Yerbilimleri* 23, 189-206. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/yerbilimleri/issue/13619/165042>
- Görüm, T. (2006). Coğrafi bilgi sistemi ve istatistiksel yöntemler kullanılarak heyelan duyarlılık analizi: melen boğazı ve yakın evresi (Tez No.215614). [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yök Tez Merkezi.
- Görüm, T., Fidan, S. (2021). Spatiotemporal variations of fatal landslides in Turkey. *Landslides* 18, 1691-1705. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01580-7>
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., & Reichenbach, P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* 31, 181-216. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00078-1)
- Guzzetti, F., Mondini, A.C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., & Chang, K.T. (2012). Landslide inventory maps: New tools for an old problem. *Earth-Science Reviews*.112, 42-66. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001>
- Günini, N. Ü., Öztürk, D. (2021). Van ili heyelan duyarlılığının frekans oranı yöntemiyle analizi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 26, Sayı 3. <https://doi.org/10.17482/uumfd.969246>
- Hepdeniz, K., Soyaslan, İ. İ. (2018). CBS ve Frekans Oranı yöntemi kullanılarak Isparta-Burdur dağ yolu heyelan duyarlılığının değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2),179-186. <https://doi.org/10.29048/makufebed.414392>
- Jenks, G. F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, 186-190.
- Ke, C., He, S., & Qin, Y. (2023). Comparison of natural breaks method and frequency ratio dividing

- attribute intervals for landslide susceptibility mapping. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 82, 384. <https://doi.org/10.1007/s10064-023-03392-0>.
- Khan, H., Shafique, M., Khan, M. A., Bacha, M. A., Shah, S. U., & Calligaris, C. (2018). Landslide susceptibility assessment using Frequency Ratio, a case study of northern Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(1), 11-24. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.03.004>
- Kılıçoğlu, C. (2020). Frekans Oranı Metodu ve Bayesyen Olasılık Modeli Kullanılarak Samsun İli Vezirköprü İlçesinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(1), 138-154. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.658662>
- Lee, S., Talib, J. A. (2005). Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Environmental Geology*. 47 (7), 982–990. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-1228-z>
- Mandal, S., Mondal, S. (2019). *Statistical Approaches for Landslide Susceptibility Assessment and Prediction*, Springer International Publishing, Cham, 193 s. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93897-4>
- Mohammady, M., Pourghasemi, H. R., & Pradhan, B. (2012). Landslide susceptibility mapping at Golestan Province, Iran: a comparison between frequency ratio, Dempster–Shafer, and weights-of-evidence models. *Journal of Asian Earth Sciences*, 61, 221-236. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.10.005>
- Özdemir, A., & Altural, T. (2013). A comparative study of frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods for landslide susceptibility mapping: Sultan Mountains, SW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 64, 180-197. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.12.014>
- Pham, B.T., Nguyen-Thoi, T., Qi, C., Phong, T.V., Dou, J., Ho, L.S., Le, H.V., & Prakash, I. (2020). Coupling RBF neural network with ensemble learning techniques for landslide susceptibility mapping. *Catena* 195, 104805. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104805>
- Pourghasemi, H.R., Kornejady, A., Kerle, N., & Shabani, F. (2020). Investigating the effects of different landslide positioning techniques, landslide partitioning approaches, and presence-absence balances on landslide susceptibility mapping. *Catena* 187, 104364. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104364>
- Rahmati, O., Pourghasemi, H. R., & Zeinivand, H. (2016). Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golestan Province, Iran. *Geocarto International*, 31(1), 42–70. <https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1041559>
- Reis, S., Yalcin, A., Atasoy, M., Nisanci, R., Bayrak, T., Erduran, M., Sancar, C., Ekerin, S. (2012). Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio and analytical hierarchy methods in Rize province (NE Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 66 (7), 2063–2073. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1432-y>
- Shano, L., Raghuvanshi, T.K., & Meten, M. (2021). Landslide susceptibility mapping using frequency ratio model: the case of Gamo highland, South Ethiopia. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 623. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06995-7>.
- Shirzadi, A., Chapi, K., Shahabi, H., Solaimani, K., Kavian, A., & Ahmad, B. Bin. (2017). Rock fall susceptibility assessment along a mountainous road: an evaluation of bivariate statistic, analytical hierarchy process and frequency ratio. *Environmental Earth Sciences*, 76(4), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6471-6>
- Shu, H., Guo, Z., Qi, S., Song, D., Pourghasemi, H.R., & Ma, J. (2021). Integrating Landslide Typology with Weighted Frequency Ratio Model for Landslide Susceptibility Mapping: A Case Study from Lanzhou City of Northwestern China. *Remote Sensing*, 13, 3623. <https://doi.org/10.3390/rs13183623>
- Sun, D.L., Wen, H.J., Wang, D.Z., & Xu, J.H. (2020). A random forest model of landslide susceptibility mapping based on hyperparameter optimization using Bayes algorithm. *Geomorphology* 362, 107201. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107201>
- Taşkanat, T. (2012). Frekans Oranı Ve Kanıt Ağırlığı Metotları Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi, Kayseri Küpeli Mahallesi Örneği. *Uzal ve CBS Sempozyumu*. 1-9. <https://doi.org/10.15659/uzalcbs2022.13033>
- Turoğlu, H. (2000). Doğal Ortam Analizi ve Düzenleme-Planlama Çalışmaları. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi* (8), 201-212. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iucografya/issue/25057/264552>
- Utlı, M. (2023). Frekans Oranı ve Shannon Entropisi Yöntemi Kullanarak Ezine Çayı Havzası Taşkın Duyarlılık Analizi (Kastamonu-Bozkurt). *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* (11), 160-178. <https://doi.org/10.46453/jader.1358845>
- Van Westen, C.J. (1993). Remote Sensing and Geographic Information Systems for Geologic Hazard Mitigation. *ITC Journal-4*. Erişim adresi:

- https://www.researchgate.net/publication/209805617_Remote_Sensing_and_Geographic_Information_Systems_for_Geological_Hazard_Mitigation
- Wang, Y., Sun, D., Wen, H., Zhang, H., & Zhang, F. (2020). Comparison of Random Forest Model and Frequency Ratio Model for Landslide Susceptibility Mapping (LSM) in Yunyang County (Chongqing, China). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 4206. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124206>
- Yılmaz, I. (2009). Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat–Turkey). *Computers-Geosciences*, 35 (6), 1125–1138. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2008.08.007>
- Yılmaz, O. S. (2023). Frekans oranı yöntemiyle coğrafi bilgi sistemi ortamında heyelan duyarlılık haritasının üretilmesi: Manisa, Demirci, Tekeler Köyü örneği. *Geomatik*, 8(1), 42-54. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1108735>
- Zhou, X., Wen, H., Zhang, Y., Xu, J., & Zhang, W. (2021). Landslide susceptibility mapping using hybrid random forest with GeoDetector and RFE for factor optimization. *Geoscience Frontiers*, 12(5), 101211. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101211>

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

TEMPORAL SHORELINE CHANGES from 1984 to 2022 along BEYMELEK BEACH and BEYMELEK LAGOON, ANTALYA, TÜRKİYE

1984–2022 Yılları Arasında Beymelek Plajı ve Beymelek Lagünü Kıyı Őeridi Değişimleri, Antalya, Türkiye

Hatice KILAR^a, Olgu AYDIN^b

^a Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sakarya
hkilar@sakarya.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-2423-4712>

^b Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih–Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara
oaydin@ankara.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0001-8220-6384>

Makale Tarihçesi

Geliş 7 Haziran 2024
Kabul 3 Eylül 2024

Article History

Received 7 June 2024
Accepted 3 September 2024

Anahtar Kelimeler

Kıyı Çizgisi Değişimi, Beymelek Plajı, Beymelek Lagünü, Sayısal Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi (DSAS), Coğrafı Bilgi Sistemi (CBS)

Keywords

Shoreline change, Beymelek Beach, Beymelek Lagoon, Digital Shoreline Analysis System (DSAS), Geographic Information System (GIS)

Atıf Bilgisi / Citation Info

Kılar, H. & Aydın, O. (2024) Temporal Shoreline Changes from 1984 to 2022 along Beymelek Beach and Beymelek Lagoon, Antalya, Türkiye, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2024 (13): 40-51.

doi: 10.46453/jader.1497770

ABSTRACT

Coastal zones are important transition zones between land and sea, and the shoreline is subject to dynamic change on both spatial and temporal scales. Accurate measurement and modelling of the shoreline is therefore essential for coastal sustainability and coastal zone management. In this study, the shoreline change of Beymelek Beach and Beymelek Lagoon was analyzed over both short and long periods by using End Point Rate (EPR), Net Shoreline Movement (NSM) and Linear Regression Rate (LRR) statistics from the Digital Shoreline Analyses System (DSAS) tool. The long-term shoreline statistics of the Beymelek Beach indicates that the maximum shoreline accretion was 128.4 m for NSM and 4.3 m/yr for EPR, while the maximum shoreline erosion was -62.6 m for NSM, and -1.8 m/yr for LRR in 1984 and 2022. The maximum shoreline erosion rate of Beymelek Lagoon was -148.5 m for NSM and the maximum shoreline accretion was 5.3 m for NSM between 1984 and 2022. As a result, Beymelek Beach and Beymelek Lagoon have experienced significant shoreline changes over both short and long periods. Therefore, determining the shoreline change in the study area is crucial for making efficient decisions about the coastal zone and contributing to its sustainability.

© 2024 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1. INTRODUCTION

The coastal zone is an area of interaction between the land and the ocean (Nie et al., 2012; Shailesh Nayak, 2002; Yan et al., 2024). In addition, coastal areas are both ecologically and economically important and extremely dynamic (Dai et al., 2019). Historically, people have used coastal areas because of their favorable conditions for industrial, agricultural, recreational, and commercial activities (Ferreira

et al., 2021). Today, coastal zones host to 10% of the world's population on 2% of the global land area (Godwyn-Paulson et al., 2021). The global population density in coastal areas within 100 km was 87 people per km² in 2000, 99 people per km² in 2010, and is projected to be 134 people per km² in 2050 (Arun Kumar & Kunte, 2012; Godwyn-Paulson et al., 2021). As a result, coastal areas, which act as a transition

between land and sea, have become hotspots for human activities, making them vulnerable and fragile (Cai et al., 2022).

The shoreline is the boundary between land and sea that is constantly changing in shape and position due to dynamic environmental conditions (Kumaravel et al., 2013; Li et al., 2001; Van & Binh, 2008). Analyzing the spatial and temporal dynamics of the shoreline in coastal zones and investigating the drivers of shoreline change is critical to understanding how shoreline respond to natural and anthropogenic influences (Kuleli, 2010; Pardo-Pascual et al., 2012; Qiao et al., 2018). Shoreline changes are influenced by natural factors such as eustatic sea level change, tectonic movement, sediment supply, wind, waves, currents and tides (Aladwani, 2022; Anthony, 2015; Boukhennaf & Mezouar, 2023; Kumar, A. & Jayappa, 2009; Kumar Das et al., 2021) and anthropogenic factors such as the construction of dams, breakwaters, groins and jetties, and sand extraction (Boukhennaf & Mezouar, 2023; Kumar, A. & Jayappa, 2009; Muskananfolo & Febrianto, 2020).

Shorelines have been extracted from various datasets such as aerial photographs, field surveys, Synthetic Aperture Radar (SAR) imagery and Light Detection and Ranging (LiDAR) technology, but these datasets are expensive, time consuming and labor intensive (Esmail et al., 2019; Godwyn-Paulson et al., 2021). Landsat imagery is one of the most widely used datasets in shoreline detection methods because it is freely available, allows for large-scale shoreline monitoring, and can be integrated into Geographic Information Systems (GIS) (Boukhennaf & Mezouar, 2023; Esmail et al., 2019; Godwyn-Paulson et al., 2021; Kuleli et al., 2011; Ozturk & Sesli, 2015; Viaña-Borja & Ortega-Sánchez, 2019).

Türkiye has an extensive shoreline of approximately 8.337 km, including 1.542 km along the Mediterranean coast, 2.600 km along the Aegean coast, 2.510 km along the Marmara coast, and 1.685 km along the Black Sea coast (Ilkiliç & Aydin, 2015). Researchers are investigating significant shoreline changes on the Turkish coasts using satellite images and

the Digital Shoreline Analyze (DSAS) tool (Ataol et al., 2019; Ataol & Kale, 2022; Duru, 2017; Görmüş et al., 2021; Kılar, 2023; Kılar & Çiçek, 2019; Kuleli et al., 2011; Özpolat & Demir, 2019; Ozturk & Sesli, 2015; Uzun, 2023). This study aims to fill the gap by analyzing the shoreline changes of Beymelek Beach and Lagoon between 1984 and 2022, both spatially and temporally. Using multi-temporal Landsat images and Digital Shoreline Analysis System (DSAS), a comprehensive assessment of the shoreline change in both short (1984–1990, 1990–2000, 2000–2010, 2010–2022) and long periods (1984–2022) is investigated. The results of this study are critical for understanding the effects of both natural processes and human activities on shoreline changes and for developing strategies to ensure the sustainability of this valuable coastal ecosystem.

2. METHOD

2.1. Study area

Beymelek Beach and Beymelek Lagoon are situated in the western part of Antalya, Türkiye. The coast of Beymelek extends for approximately 9 km between 36°15'35.00"N - 30° 4'18.09"E and 36°13'10.91"N - 29°59'10.83"E (Figure 1). Furthermore, the study area is located at the Demre, district of Antalya, which is an important agricultural and tourism hub in Türkiye. The vast greenhouses begin almost 40 meters from the coast, which is very close to the beach. Demre is an ancient city known as Myra during the Roman Empire period and an important tourist destination because it is where St Nicholas or Santa Claus lived in the 4th century. The study area has Mediterranean climate which is hot and dry in summer and warm and wet in winter. The average annual temperature from 1981 to 2014 was 18.4 °C, and the average annual precipitation from 1969 to 2014 was 790.5 mm (Avcı et al., 2021). Demre Stream is an important hydrographical resource that flows into the Mediterranean Sea and affects the coastal morphology of Beymelek Beach.

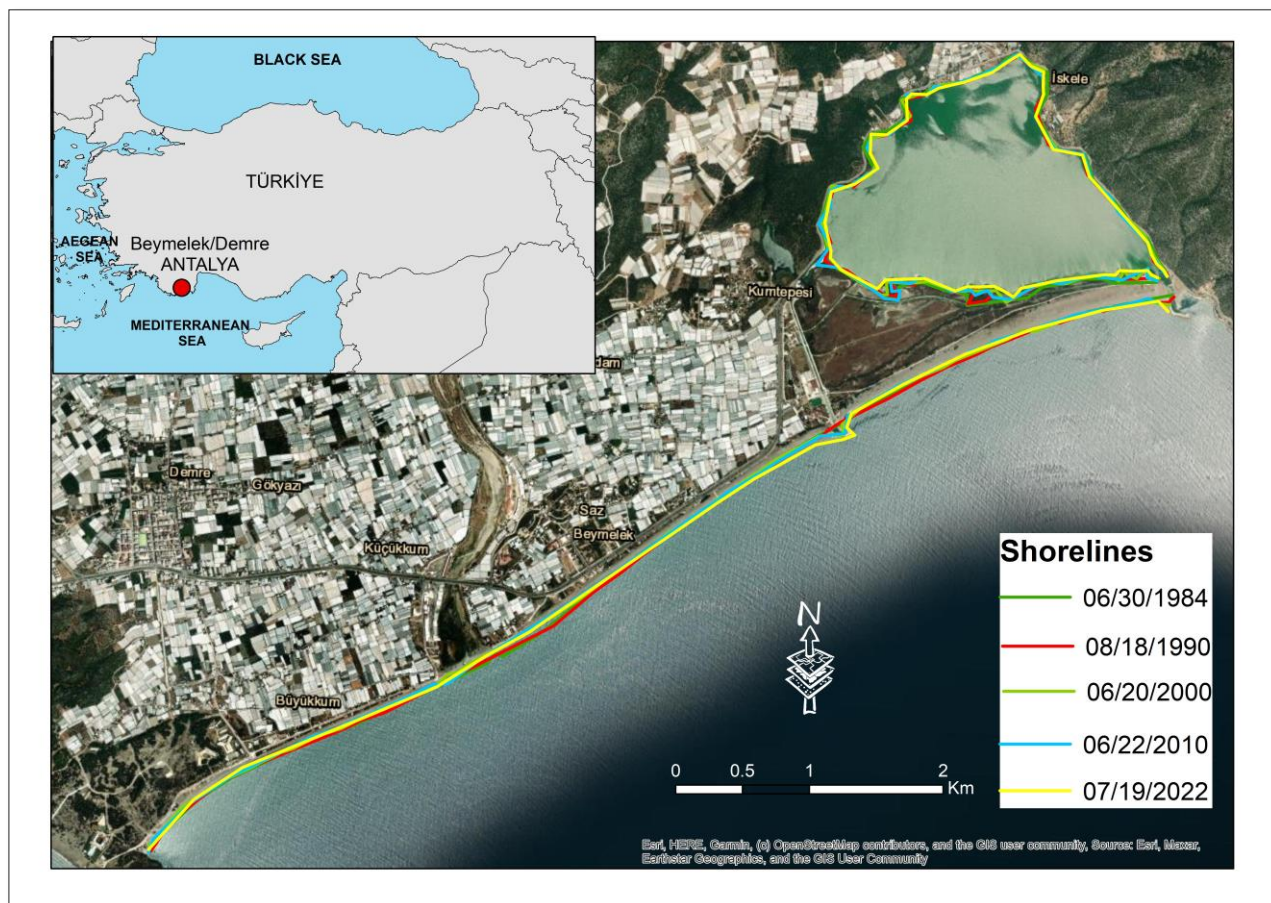


Figure 1: Study area.

2.2. Satellite images

The shorelines of Beymelek Beach and Beymelek Lagoon were extracted from Landsat 4-5 TM (30/06/1984, 18/08/1990, 26/06/2000, 22/06/2010) and Landsat 9 OLI-TIRS (19/07/2022) (<http://www.earthexplorer.usgs.gov>) (Table 1). Landsat images are an important source for medium spatial resolution earth observations and are widely used in determining shoreline changes (Abou Samra & Ali, 2021; Boukhennaf & Mezouar, 2023; Godwyn-Paulson et al., 2021; Özpolat & Demir, 2019; Rahbani & Ghaderi, 2024; Siyal et al., 2022). Additionally, the Landsat images utilized in this study were captured in June and July, months characterized by reduced cloud cover and lower wave amplitudes. It's essential to note that several factors can impact the accuracy of satellite imagery, such as spatial resolution, tidal beach slope, wave amplitude, and cloud cover (Ferreira et al., 2021).

2.3. Shoreline extraction and analysis

The shoreline of Beymelek Beach and Beymelek Lagoon was extracted from multi-temporal Landsat images using the modified normalized

difference water index (MNDWI). This index provides optimal results for shoreline extraction due to the short wavelength infrared (SWIR) and green bands. Furthermore, the MNDWI utilizes the mid-infrared (MIR) and green bands to enhance results and reduce noise along coastal zones (Darwish & Smith, 2023; Özpolat & Demir, 2019). The MNDWI formula is given below:

$$(MNDWI) \text{ (Xu, 2006)} = \frac{Green - MIR}{Green + MIR}$$

Shoreline change of the Beymelek Beach and Lagoon was analyzed over both in short (1984–1990, 1990–2000, 2000–2010, 2010–2022) and long (1984–2022) periods by using DSAS. DSAS is a software extension for ArcGIS that allows users to compute shoreline rate of change statistics from multiple historical shoreline positions (Thieler & Danforth, 2016). The DSAS tool has been widely used to investigate temporal and spatial shoreline change (Bera, 2019; Bheeroo et al., 2016; Kumar Das et al., 2021; Nassar et al., 2019; Özpolat & Demir, 2019; Sam & Balasubramanian, 2022; Siyal et al., 2022). The short-term shoreline change at Beymelek Beach and Beymelek

Lagoon was analyzed using End Point Rate (EPR) and Net Shoreline Movement (NSM) statistics, whereas long-term shoreline statistics were analyzed using EPR, NSM, and

Linear Regression Rate (LRR) statistics from the DSAS tool. Table 2 provides a description of the DSAS statistics.

Table 1: The characteristics of Landsat images obtained from the United States Geological Survey (USGS) to analyze the spatial and temporal shoreline change of Beymelek Beach and Beymelek Lagoon.

Acquisition date	Image type	Path/Row	Bands	Wavelengths (μm)	Spatial resolution (m)
30/06/1984	Landsat 4-5 TM	178/35	Band 1-Blue	0.45-0.52	30
18/08/1990	Landsat 4-5 TM	178/35	Band 2-Green	0.52-0.60	30
26/06/2000	Landsat 4-5 TM	178/35	Band 3-Red	0.63-0.69	30
			Band 4-NIR	0.76-0.90	30
22/06/2010	Landsat 4-5 TM	178/35	Band 5-SWIR 1	1.55-1.75	30
			Band 6-TIR	10.4-12.5	60
			Band 7-SWIR 2	2.08-2.35	30
			Band 1-Coastal aerosol	0.43-0.45	30
			Band 2-Blue	0.45-0.51	30
			Band 3-Green	0.53-0.59	30
			Band 4-Red	0.64-0.67	30
			Band 5-NIR	0.85-0.88	30
			Band 6-SWIR 1	1.57-1.65	30
19/07/2022	Landsat 9 OLI-TIRS	178/35	Band 7-SWIR 2	2.11-2.29	30
			Band 8-Panchromatic	0.50-0.68	15
			Band 9-Cirrus	1.36-1.38	30

Table 2: The rate of change statistics used in this study (Himmelstoss et al., 2021).

Statistic	Description	Unit
NSM	The distance between the oldest and the youngest shorelines for each transect.	m
EPR	Calculated by dividing the distance of shoreline movement by the time elapsed between the oldest and the most recent shoreline	m/yr
LRR	Determined by fitting a least-squares regression line to all shoreline points for a transect.	m/yr

3. RESULTS

3.1. Short-term shoreline analyses

The short periods of shoreline change in Beymelek Beach and Beymelek Lagoon were analyzed by using EPR and NSM statistics of the DSAS tool (Figure 2, 3, and 4). The statistical results indicate that the maximum shoreline in Beymelek Beach was detected between 2010 and 2022, with an NSM value of 115.1 m and an EPR rate of 9.5 m/yr. However, the maximum shoreline regression in Beymelek Beach was observed in 1990 and 2000 with the NSM value of -67.5 m and with the EPR rate of 9.8 m/yr (Table 3). Furthermore, the maximum shoreline

progression in Beymelek Lagoon was observed in 2010 and 2022 with the NSM value of 143.9 m and with the EPR rate of 11.9 m/yr, whereas the maximum shoreline recession was observed in 2000 and 2010 with the NSM value of -126.9 m and with the EPR rate of -12.6 m/yr (Table 4). As a result, the maximum shoreline progression was observed in both Beymelek Beach and Beymelek Lagoon between 2010 and 2022, while the maximum shoreline recession occurred in Beymelek Beach between 1990 and 2000 and in Beymelek Lagoon between 2000 and 2010. Additionally, it is important to note that between 1990 and 2000, Beymelek Beach

and Beymelek Lagoon experienced their largest shoreline recessions (Figure 2, 3, and 4).

3.2. Long-term shoreline analyses

The long-term shoreline analyses in Beymelek Beach and Beymelek Lagoon were evaluated by using EPR, NSM and LRR statistics from the DSAS tool (Table 5, 6). The statistical results show that between 1984 and 2022, the maximum shoreline progression in Beymelek Beach was 128.4 m for NSM, 4.3 m/yr for EPR and 4.1 m/yr for LRR, while the maximum shoreline regression was -62.6 m for NSM and -1.6 m/yr for EPR and -1.8 m/yr for LRR (Table 5).

Table 3: Shoreline change statistics for Beymelek Beach.

Statistic	1984-90	1990-00	2000-10	2010-22
EPR				
Average	0.7	-1.7	-0.2	0.8
Max.	8.08	9.8	5.8	9.5
Min.	-4.8	-6.8	-2.9	-2.02
NSM				
Average	4.7	-17.3	-2.1	9.9
Max.	49.5	96.7	58.1	115.1
Min.	-29.5	-67.5	-29.4	-24.4

Table 5: Shoreline change statistics of Beymelek Beach from 1984 to 2022.

Statistic	1984–2022
EPR	
Average	-0.1
Max.	4.3
Min.	-1.6
NSM	
Average	-4.8
Max.	128.4
Min.	-62.6
LRR	
Average	-0.2
Max.	4.1
Min.	-1.8

In Beymelek Lagoon, the maximum shoreline progression in 1984 and 2022 was 5.2 m for NSM, 0.1 m/yr for EPR and 0.4 m/yr for LRR, while the maximum shoreline recession was -148.4 m for NSM, -3.9 m/yr for EPR and -3.9 for LRR (Table 6). Moreover, over a period of 38 years, the maximum shoreline recession in Beymelek Beach occurred along the Demre stream, while the maximum shoreline progression occurred along antropogenically constructed coastal structures (Figure 5). In Beymelek Lagoon, the maximum shoreline recession was observed along the seaside of the Lagoon during the 38 years (Figure 6).

Table 4: Shoreline change statistics for Beymelek Lagoon.

Statistic	1984-90	1990-00	2000-10	2010-22
EPR				
Average	3.4	-0.5	0.05	1.05
Max.	20.4	10.2	5.9	11.9
Min.	-7.5	-9.2	-12.6	-2.45
NSM				
Average	20.9	-4.9	0.5	12.6
Max.	125.3	100.9	59.1	143.9
Min.	-46.4	-90.9	-126.9	-29.6

Table 6: Shoreline change statistics of Beymelek lagoon from 1984 to 2022.

Statistic	1984–2022
EPR	
Average	-0.8
Max.	0.1
Min.	-3.9
NSM	
Average	-30.4
Max.	5.2
Min.	-148.4
LRR	
Average	-0.5
Max.	0.4
Min.	-3.9

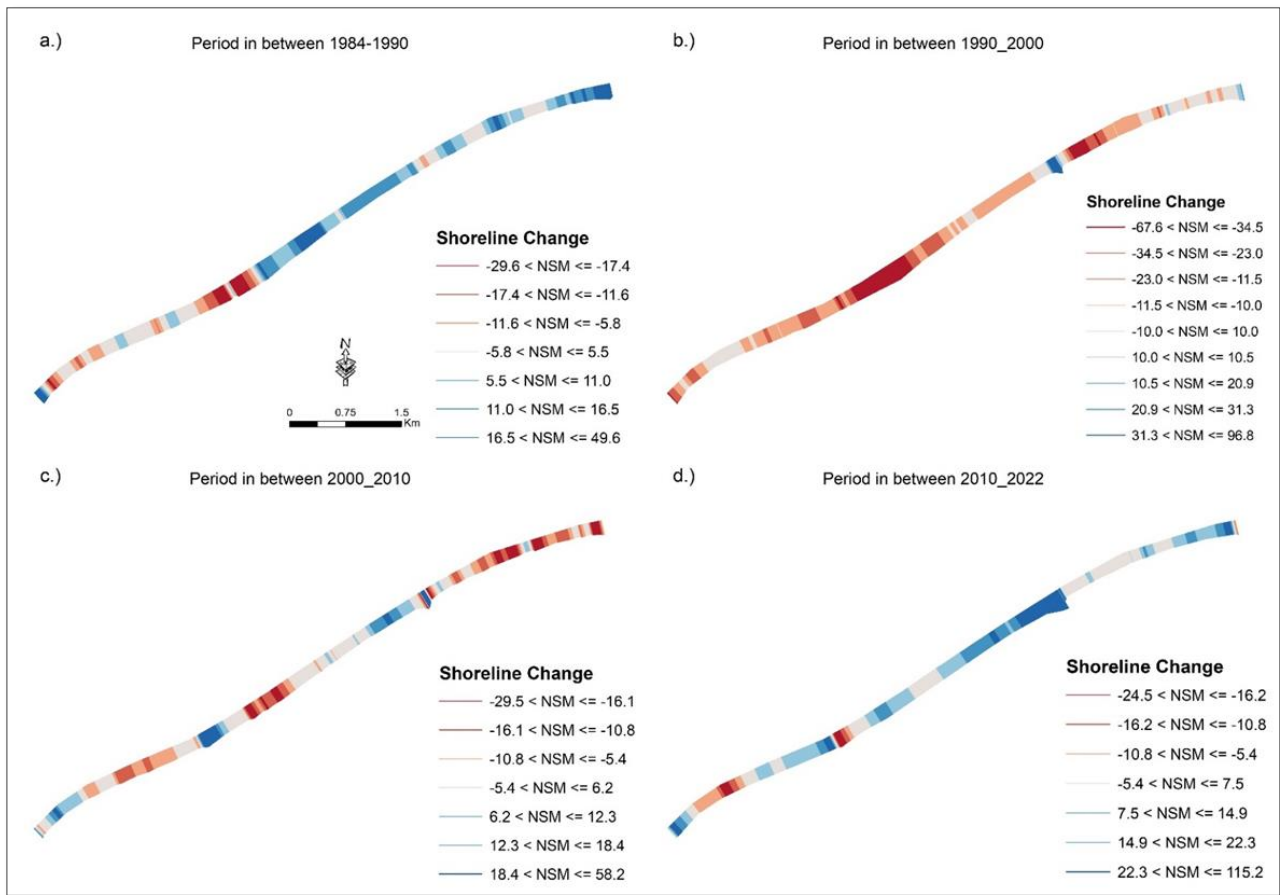


Figure 3: The Net Shoreline Movement (NSM) for Beymelek Beach was calculated for four different periods: (a) 1984–1990, (b) 1990–2000, (c) 2000–2010, and (d) 2010–2022.

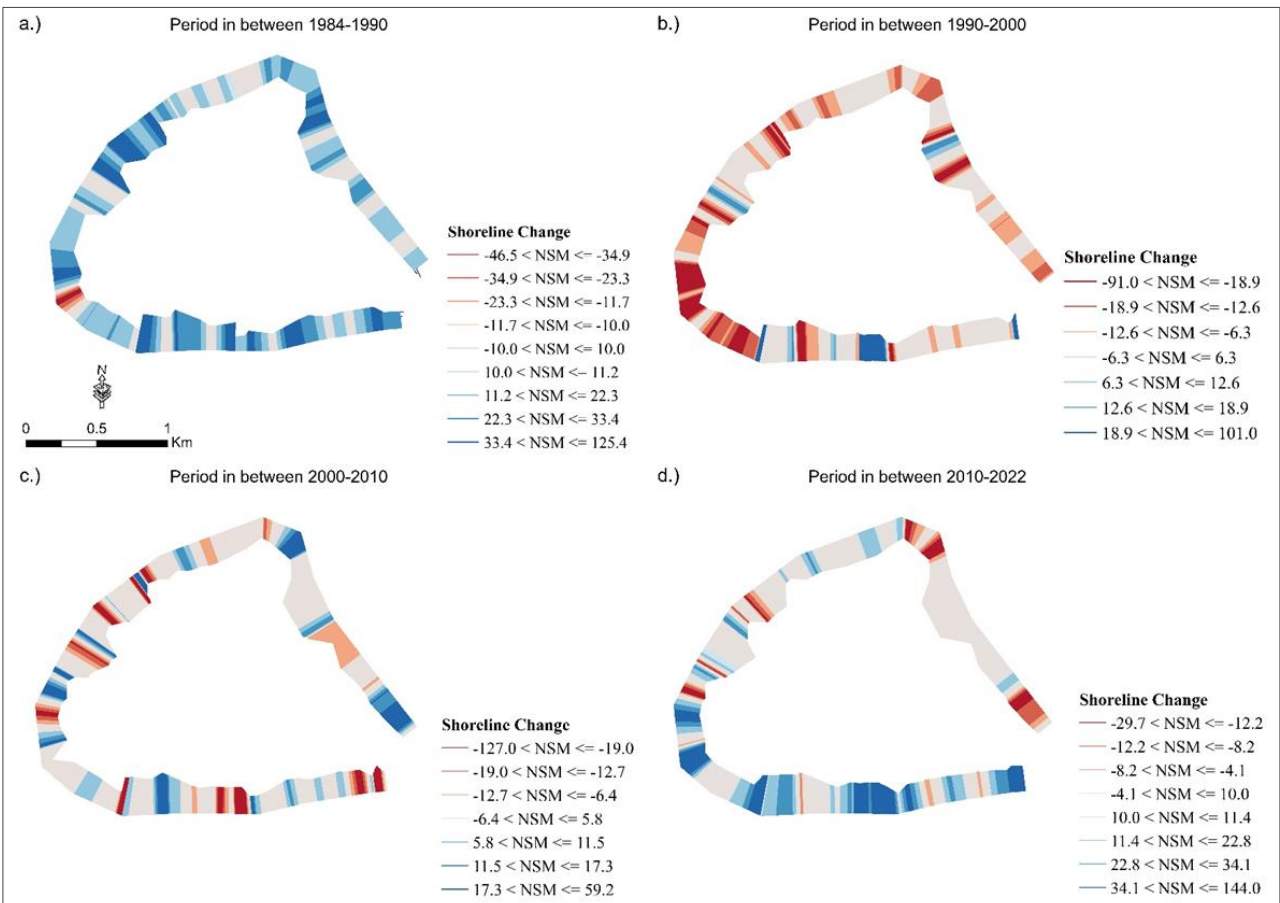


Figure 4: The Net Shoreline Movement (NSM) for Beymelek Lagoon was calculated for four different periods: (a) 1984–1990, (b) 1990–2000, (c) 2000–2010, and (d) 2010–2022.

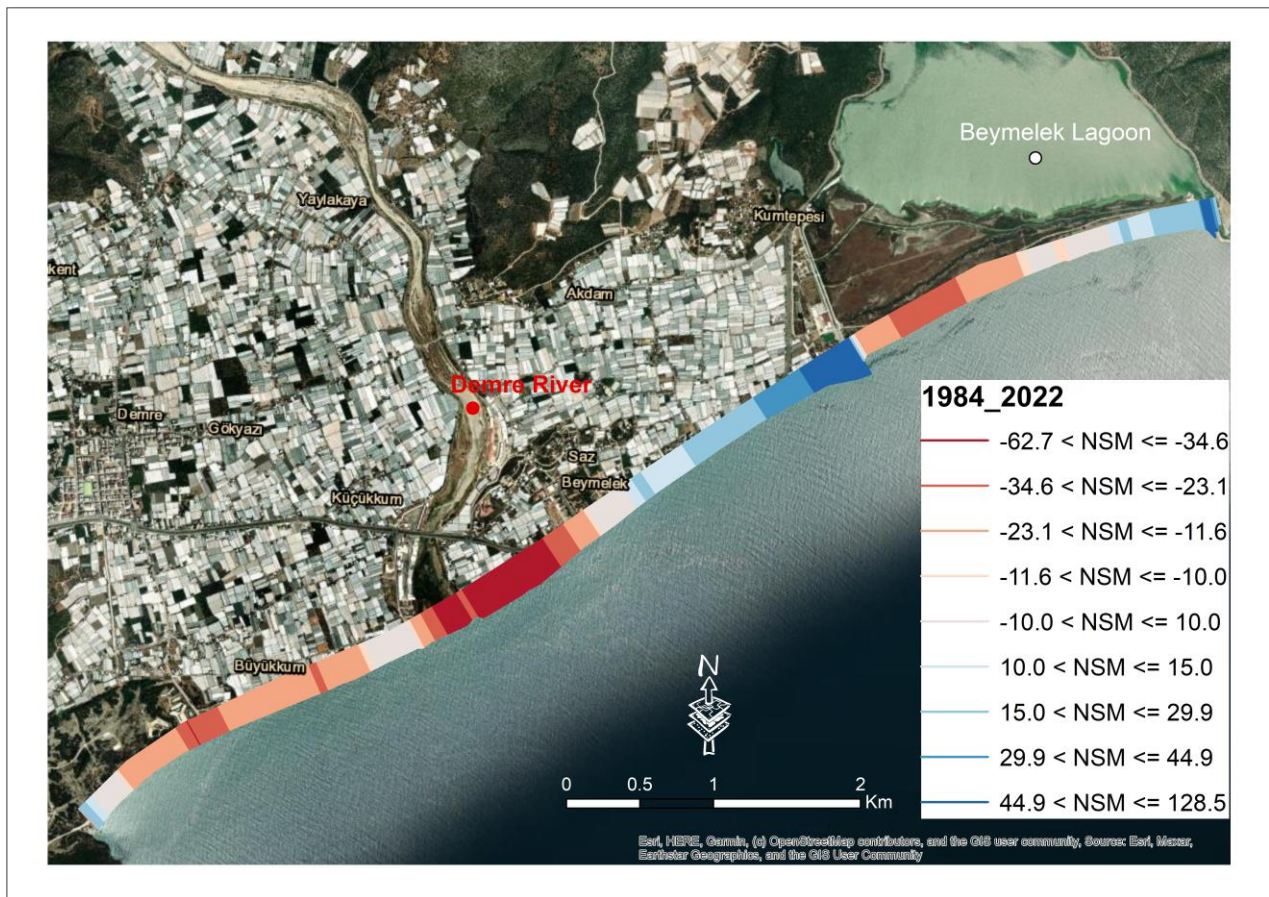


Figure 5: The Net Shoreline Movement (NSM) statistic for Beymelek Beach between 1984 and 2022.

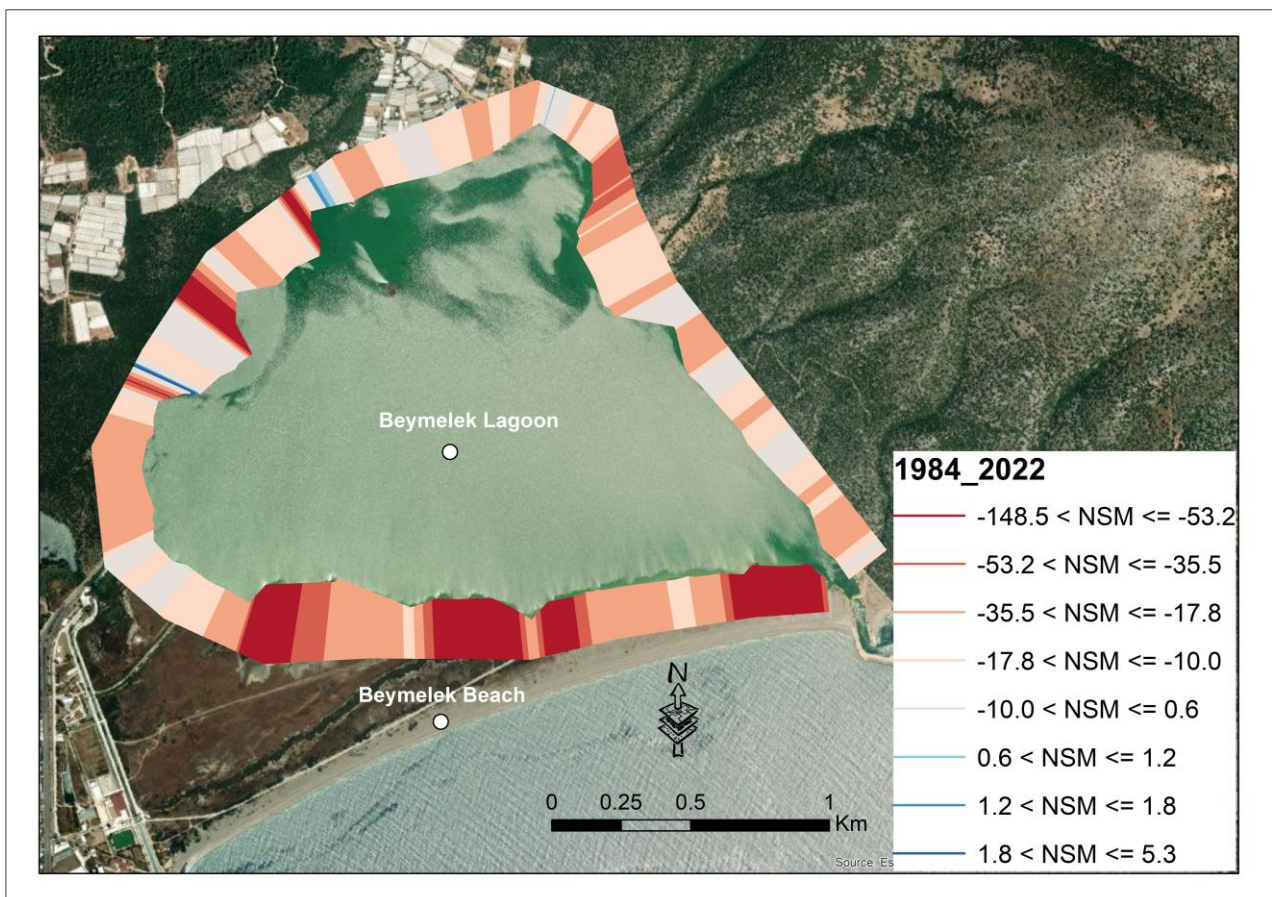


Figure 6: The Net Shoreline Movement (NSM) statistic for Beymelek Lagoon between 1984 and 2022.

4. DISCUSSION

Beymelek Beach and Lagoon, located on Türkiye's Mediterranean coast, are important for tourism, agriculture, and coastal ecology. The region boasts ideal climatic conditions, making it a prime location for recreational activities. Additionally, its proximity to Myra, an ancient Roman city, and the tomb of Saint Nicholas (Santa Claus) draws numerous tourists annually. The area is also surrounded by greenhouses, highlighting its significance for agricultural practices. Consequently, the intense tourism and agricultural activities significantly impact the shoreline dynamics over both short and long-term periods.

Short-term shoreline changes at Beymelek Beach reveal that 2010 and 2022 were recovery years, marked by a maximum shoreline progression of 115.1 m for NSM. In contrast, the maximum shoreline recession of Beymelek Beach was occurred between 1990 and 2000, with NSM value of -67.5 m and -9.8 m/yr for EPR (Table 3). This situation indicates that the coast of Beymelek experienced significant erosion in earlier periods, while accretion has been observed mostly in recent period. Similarly, Beymelek Lagoon exhibited comparable trends, with the recovery period in 2010 and 2022 showing a maximum shoreline progression of 143.9 m for NSM. In contrast, the maximum shoreline regression occurred between 2000 and 2010, with an NSM value of -126.9 m.

The long-term shoreline trend analysis of Beymelek Beach from 1984 to 2022 reveals that the mouth of Demre stream is the most significantly affected area by erosion, while the surrounding coastal structures exhibit the highest rates of accretion. Over the past 38 years, nearly the entire shoreline of Beymelek Lagoon has experienced erosion. The statistical findings of the study indicate that the shorelines of Beymelek Beach and Beymelek Lagoon are highly dynamic, undergoing substantial changes over both short and long-term periods. These findings are consistent with other shoreline change studies conducted along the Mediterranean coast (Ciritci & Türk, 2019; Kazı & Karabulut, 2023; Kılar & Çiçek, 2018; Kuleli et al., 2011; Özpolat & Demir, 2019; Yiğit et al., 2022). For example, Yiğit et al. (2022)

assessed the short and long-term shoreline changes of Konyaaltı Beach, located within the borders of Antalya on the Mediterranean coast. The statistical results indicated that Konyaaltı Beach experienced approximately 20 meters of erosion and 10 meters of accretion over both the 35-year and 5-year periods. Another significant study focused on the Göksu Delta (Ciritci & Türk, 2019; Kazı & Karabulut, 2023; Kılar & Çiçek, 2018). Shoreline analyses of these studies revealed that the areas with the highest erosion in the Göksu Delta are Altınkum, the mouth of the Göksu River, and the end parts of İncekum, while accumulation is concentrated on the east and west coasts of İncekum (İnceburun) Cape. Additionally, Özpolat and Demir (2019) evaluated the spatio-temporal shoreline changes of the Seyhan Delta along Turkey's Eastern Mediterranean coast. Their study estimated coastal erosion of the Seyhan Delta at -4,039,251 m² from 1956 to 2018, primarily due to the construction of the Seyhan Dam in 1956.

As a result, many coastal regions along the Mediterranean coast have experienced erosion over both short and long periods. Beymelek Beach and Lagoon, which are ecologically sensitive areas, are among those significantly impacted by shoreline changes due to the combined effects of natural hydrodynamic forces and human activities that disrupt sediment transport and deposition. Coastal structures, in particular, play a significant role in altering the wave and sediment dynamics along the shoreline. Additionally, sediment input from the Demre River, as well as tourism and agricultural activities implemented along the coast and lagoon, have substantial impacts on shoreline changes. These factors contribute to the dynamic nature of the coastal environment, leading to both erosion and accretion over time. Understanding the interplay between these natural and anthropogenic influences is crucial for effective coastal management and mitigation strategies. Additionally, ongoing monitoring and research are essential to understand the evolving dynamics of the shoreline and to develop adaptive strategies that can respond to changing conditions. Collaboration between local authorities, researchers, and stakeholders

is crucial to ensure the long-term sustainability of Beymelek Beach and Lagoon. In conclusion, the dynamic and significant changes observed in the shorelines of Beymelek Beach and Lagoon highlight the complex interplay between natural processes and human activities. Effective management and conservation efforts are necessary to protect these valuable coastal resources.

5. CONCLUSION

This study provides a comprehensive analysis of the temporal shoreline changes from 1984 to 2022 along Beymelek Beach and Beymelek Lagoon in Antalya, Türkiye. Using DSAS tool and multi-temporal Landsat imagery, we have quantified both short-term and long-term shoreline dynamics in this critical coastal zone.

- Short-term shoreline statistic indicates that Beymelek Beach and Beymelek Lagoon experienced maximum shoreline progression between 2010 and 2022. In this period, they both underwent a recovery process. Short-term shoreline statistics show that Beymelek Beach experienced the maximum shoreline recession between 1990 and 2000, with an NSM value of -67.5 m, followed by Beymelek Lagoon in 2000 and 2010, with an NSM value of -126.9 m (Table 3 and Table 4).
- The long-term shoreline change statistic for Beymelek Beach indicates that the maximum shoreline regression was observed at the mouth of Demre River, with an NSM value of -62.6 m. In contrast, the maximum shoreline accretion was observed along the coastal structures, with an NSM value of 128.4 m. Additionally, the long term shoreline change of Beymelek Lagoon indicates that the maximum shoreline erosion was -148.4 m for NSM, whereas the maximum shoreline accretion was 5.2 m for NSM (Table 5 and Table 6).

The study highlights the influence of natural processes and human activities on shoreline dynamics. While natural factors such as

sediment supply, wind, waves, and currents have played significant roles, anthropogenic activities, including coastal construction, tourism and agricultural practices, have markedly impacted the shoreline evolution.

Understanding these temporal shoreline changes is crucial for effective coastal zone management and sustainability. The insights gained from this study can inform the development of localized strategies to mitigate erosion, manage sediment transport, and protect the ecological and economic value of Beymelek Beach and Beymelek Lagoon. Future research should focus on integrating more detailed hydrodynamic models and higher-resolution satellite imagery to further enhance the precision of shoreline change analyses and support adaptive management strategies in response to ongoing and future coastal changes.

ACKNOWLEDGEMENTS

Makalenin hazırlanma sürecinde herhangi bir kurumdan ve kişiden maddi – manevi destek alınmamıştır.

REFERENCES

- Abou Samra, R. M., & Ali, R. R. (2021). Applying DSAS tool to detect coastal changes along Nile Delta, Egypt. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 463–470. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.11.002>
- Aladwani, N. S. (2022). Shoreline change rate dynamics analysis and prediction of future positions using satellite imagery for the southern coast of Kuwait: A case study. *Oceanologia*. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2022.02.002>
- Anthony, E. J. (2015). Wave influence in the construction, shaping and destruction of river deltas: A review. *Marine Geology*, 361, 53–78. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.12.004>
- Arun Kumar, A., & Kunte, P. D. (2012). Coastal vulnerability assessment for Chennai, east coast of India using geospatial techniques. *Natural Hazards*, 64(1), 853–872. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0276-4>
- Ataol, M., & Kale, M. M. (2022). Shoreline changes in the river mouths of the Ceyhan Delta. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(2). <https://doi.org/10.1007/s12517-022-09516-2>

- Ataol, M., Kale, M. M., & Tekkanat, İ. S. (2019). Assessment of the changes in shoreline using digital shoreline analysis system: a case study of Kızılırmak Delta in northern Turkey from 1951 to 2017. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8591-7>
- Avci, P., Bayarı, C. S., & Özyurt, N. N. (2021). Assessing the effect of climate change on groundwater use in Demre coastal aquifer (Antalya, Turkey), coupled use of climate scenarios and numerical flow modeling. *Environmental Earth Sciences*, 80(6), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09517-6>
- Bera, R. (2019). Quantitative analysis of erosion and accretion (1975 – 2017) using DSAS – A study on Indian Sundarbans. *Regional Studies in Marine Science*, 28, 100583. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100583>
- Bheeroo, R. A., Chandrasekar, N., Kaliraj, S., & Magesh, N. S. (2016). Shoreline change rate and erosion risk assessment along the Trou Aux Biches–Mont Choisy beach on the northwest coast of Mauritius using GIS-DSAS technique. *Environmental Earth Sciences*, 75(5), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5311-4>
- Boukhennaf, A., & Mezouar, K. (2023). Long and short-term evolution of the Algerian coastline using remote sensing and GIS technology. *Regional Studies in Marine Science*, 61, 102893. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102893>
- Cai, H., Li, C., Luan, X., Ai, B., Yan, L., & Wen, Z. (2022). Analysis of the spatiotemporal evolution of the coastline of Jiaozhou Bay and its driving factors. *Ocean and Coastal Management*, 226(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106246>
- Ciritci, D., & Türk, T. (2019). Automatic Detection of Shoreline Change by Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing in the Göksu Delta, Turkey. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 47(2), 233–243. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-00947-1>
- Dai, C., Howat, I. M., Larour, E., & Husby, E. (2019). Remote Sensing of Environment Coastline extraction from repeat high resolution satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 229(November 2018), 260–270. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.04.010>
- Darwish, K., & Smith, S. (2023). Landsat-Based Assessment of Morphological Changes along the Sinai Mediterranean Coast between 1990 and 2020. *Remote Sensing*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/rs15051392>
- Duru, U. (2017). Shoreline change assessment using multi-temporal satellite images: a case study of Lake Sapanca, NW Turkey. *Environ Monit Assess*, 189(8). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6112-2>
- Esmail, M., Mahmud, W. E., & Fath, H. (2019). Assessment and prediction of shoreline change using multi-temporal satellite images and statistics: Case study of Damietta coast, Egypt. *Applied Ocean Research*, 82(March 2018), 274–282. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2018.11.009>
- Ferreira, T. A. B., Aquino da Silva, A. G., Reyes Perez, Y. A., Stattegger, K., & Vital, H. (2021). Evaluation of decadal shoreline changes along the Parnaíba Delta (NE Brazil) using satellite images and statistical methods. *Ocean and Coastal Management*, 202 (August 2020). <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105513>
- Godwyn-Paulson, P., Jonathan, M. P., Roy, P. D., Rodríguez-Espinosa, P. F., Muthusankar, G., Muñoz-Sevilla, N. P., & Lakshumanan, C. (2021). Evolution of southern Mexican Pacific coastline: Responses to meteo-oceanographic and physiographic conditions. *Regional Studies in Marine Science*, 47(2021), 101914. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101914>
- Görmüş, T., Ayat, B., Aydođan, B., & Tătui, F. (2021). Basin scale spatiotemporal analysis of shoreline change in the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 252(May 2020). <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107247>
- Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2021). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1 User Guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2021–1091. U.S. Geological Survey, 104.
- İlkiliç, C., & Aydın, H. (2015). Wind power potential and usage in the coastal regions of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.010>
- Kazı, H., & Karabulut, M. (2023). Monitoring the shoreline changes of the Göksu Delta (Türkiye) using geographical information technologies and predictions for the near future. *International Journal of Geography and Geography Education*, 50, 329–352. <https://doi.org/10.32003/igge.1304403>
- Kılar, H. (2023). Shoreline change assessment using DSAS technique: A case study on the coast of Meriç Delta (NW Türkiye). *Regional Studies in Marine Science*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102737>

- Kılar, H., & Çiçek, İ., (2018). Gökü Deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracı ile belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(1), 89–104. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000192
- Kılar, H., & Çiçek, İ. (2019). Kıyı Çizgisinin Gelecekteki Konumunun Belirlenmesinin Önemi: Gökü Deltası Örneği, Mersin (Türkiye). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 17(1), 193–216. <https://doi.org/10.33688/aucbd.559328>
- Kuleli, T. (2010). Quantitative analysis of shoreline changes at the Mediterranean Coast in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167(1–4), 387–397. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1057-8>
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., & Dihkan, M. (2011). Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey. *Ocean Engineering*, 38(10), 1141–1149. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2011.05.006>
- Kumar, A. & Jayappa, K. S. (2009). Long and Short-Term Shoreline Changes Along Mangalore Coast, India. *Int. J. Environ. Res.*, 3(2), 177–188.
- Kumar Das, S., Sajan, B., Ojha, C., & Soren, S. (2021). Shoreline change behavior study of Jambudwip island of Indian Sundarban using DSAS model. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 961–970. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.09.004>
- Kumaravel, S., Ramkumar, T., Gurunanam, B., Suresh, M., & Dharanirajan, K. (2013). An Application of Remote Sensing and GIS Based Shoreline Change Studies-A Case Study in the Cuddalore District, East Coast of Tamilnadu, South India. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 2, 2278–3075. <http://www.gisdevelopment.net/magazine/>
- Li, R., Di, K., & Ma, R. (2001). A comparative study of shoreline mapping techniques. *GIS for Coastal Zone Management*, August 2004, 27–34. <https://doi.org/10.1201/9781420023428-9>
- Muskananfolo, M. R., & Febrianto, S. (2020). Spatio-temporal analysis of shoreline change along the coast of Sayung Demak, Indonesia using Digital Shoreline Analysis System. *Regional Studies in Marine Science*, 34, 101060. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101060>
- Nassar, K., Mahmud, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., & Negm, A. (2019). Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources and Geotechnology*, 37(1), 81–95. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2018.1448912>
- Nie, H., Tao, J., & Du, M. (2012). Study on coastal zone sustainable development and its application. *Applied Mechanics and Materials*, 170–173, 2280–2283. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.170-173.2280>
- Özpolat, E., & Demir, T. (2019). The spatiotemporal shoreline dynamics of a delta under natural and anthropogenic conditions from 1950 to 2018: A dramatic case from the Eastern Mediterranean The spatiotemporal shoreline dynamics of a delta under natural and anthropogenic conditions from. *Ocean and Coastal Management*, 180(November), 104910. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104910>
- Ozturk, D., & Sesli, F. A. (2015). Shoreline change analysis of the Kizilirmak Lagoon Series. *Ocean and Coastal Management*, 118, 290–308. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.03.009>
- Pardo-Pascual, J. E., Almonacid-Caballer, J., Ruiz, L. A., & Palomar-Vázquez, J. (2012). Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision. *Remote Sensing of Environment*, 123, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.02.024>
- Qiao, G., Mi, H., Wang, W., Tong, X., Li, Z., Li, T., Liu, S., & Hong, Y. (2018). 55-year (1960–2015) spatiotemporal shoreline change analysis using historical DISP and Landsat time series data in Shanghai. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 68(March 2017), 238–251. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.02.009>
- Rahbani, M., & Ghaderi, D. (2024). Long term investigation on shoreline changes of an Island, inside a Gulf (Hormuz Island). *Regional Studies in Marine Science*, 71(June 2023), 103399. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103399>
- Sam, C., & Balasubramanian, G. (2022). Geodesy and Geodynamics Coastal transgression and regression from 1980 to 2020 and shoreline forecasting for 2030 and 2040, using DSAS along the southern coastal tip of Peninsular India. *Geodesy and Geodynamics*, June, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2022.04.004>
- Shailesh Nayak. (2002). Use of satellite data in coastal zone programmes. *Indian Cartographer*, 5, 147–157.
- Siyal, A. A., Solangi, G. S., Siyal, Z. ul A., Siyal, P., Babar, M. M., & Ansari, K. (2022). Shoreline change assessment of Indus delta using GIS-DSAS and satellite data. *Regional Studies in Marine Science*, 53, 102405. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102405>

- Thieler, E. R., & Danforth, W. W. (2016). Historical Shoreline Mapping (II): Application of the Digital Shoreline Mapping and Analysis Systems (DSMS / DSAS) to Shoreline Change Mapping in Puerto Rico. Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/4298256>
- REFERENCES Linked references are available o. Journal of Coastal Research, 10(3), 600–620.
- Uzun, M. (2023). Riva (İstanbul) Kıyılarında Doğal ve Antropojenik Etkenlerle Değişen Kıyı Çizgisinin DSAS Aracı ile Analizi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 2023(11), 95–113. <https://doi.org/10.46453/jader.1335105>
- Van, T. T., & Binh, T. T. (2008). Shoreline Change Detection To Serve Sustainable. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, 1–6.
- Viaña-Borja, S. P., & Ortega-Sánchez, M. (2019). Automatic methodology to detect the coastline from Landsat images with a new water index assessed on three different Spanish Mediterranean deltas. Remote Sensing, 11(18). <https://doi.org/10.3390/rs11182186>
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing, 27(14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
- Yan, J., Miao, C., Su, F., & Zhao, Y. (2024). Ecological Informatics Association mining of coastline change and land use patterns to enhance conservation. Ecological Informatics, 80(February), 102544. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102544>
- Yiğit, A. Y., Kaya, Y., & Şenol, H. İ. (2022). Monitoring the change of Turkey's tourism city Antalya's Konyaaltı shoreline with multi-source satellite and meteorological data. Applied Geomatics, 14(2), 223–236. <https://doi.org/10.1007/s12518-022-00431-5>

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

DİCLE NEHRİ'NİN GENÇ DRYAS VE HOLOSEN'DEKİ SICAK-SOğUK İKLİM DÖNGÜLERİNE TEPKİSİ

The Dicle River's response to the Younger Dryas and warm-cold climate cycles in the Holocene

Uğur DOğAN

Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara
geoankara@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-1300-3484>

Makale Tariğesi

Geliş 26 Temmuz 2024

Kabul 11 Eylül 2024

Article History

Received 26 July 2024

Accepted 11 September 2024

Anahtar Kelimeler

Akarsu tepkisi, Dicle Nehri, Genç Dryas, Holosen, iklim değişikliği

Keywords

River response, Dicle River, Younger Dryas, Holocene, climate change

Atıf Bilgisi / Citation Info

Doğan, U. (2024) Dicle Nehri'nin Genç Dryas ve Holosen'deki Sıcak-Soğuk İklim Döngülerine Tepkisi / The Dicle River's response to the Younger Dryas and warm-cold climaye cycles in the Holocene, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2024 (13): 52-70.

doi: 10.46453/jader.1523018

ÖZET

Bu çalışma Yukarı Dicle Havzasında, Dicle Nehri vadisinin Bismil ve Batman arasında kalan kesiminde yapılmıştır. Çalışmada Dicle Nehri'nin Genç Dryas'daki soğuk ve Holosen'deki soğuk-sıcak iklim döngülerine tepkisinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Dicle vadisinde bulunan 14 höyüğe ait arkeolojik veriler incelenmiştir. Nehrin 5-7 m sekisi üzerinde bulunan höyüklerdeki yerleşme ve terkedilme dönemleri ile küresel iklim döngüleri arasındaki ilişki sorgulanmıştır. Bazı höyüklerde yerleşme dönemi sırasında ve sonrasındaki nehir yatağının konumu belirlenmiştir. Ayrıca Dicle Nehri ve kollarının 5-7 m sekisi üzerinde yer alan arkeolojik yerleşmelere olan (taşkın vb.) etkileri de saptanmıştır. Böylece bu sekiler üzerinde bulunan höyüklerdeki yerleşme ve kesinti dönemleri ile nehrin kazma ve biriktirme dönemleri arasındaki ilişki ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen veriler işığında Dicle Nehri ve kollarının Genç Dryas ve Holosen'deki soğuk iklim döngülerinde yataklarını görece kazdıkları, sıcak iklim döngülerinde ise vadi tabanında biriktirme yaptıkları sonucuna varılmıştır. Bu duruma bağlı olarak da yerleşmelerin nehrin kazma dönemlerinde vadi tabanlarında kurulabildiği sonucuna ulaşılmıştır.

ABSTRACT

This study was carried out in the Upper Dicle (Tigris) Basin, particularly in the section between Bismil and Batman of the Dicle Valley. In this study, it is aimed to reveal response to cold climate in the Younger Dryas and cold-warm climate cycles in the Holocene of the Dicle River. For this purpose the data of a total of 14 mounds in the Dicle valley were evaluated. The relationship between has been examined settlement and abandoned periods of the mounds was located on the ~5-7 m terraces of the river and global climate changes. In some mounds, the location of the river bed was determined during and after the settlement period. In addition, the effects (floods, etc.) on the archaeological settlements located 5-7 m above the Tigris River and its tributaries were also determined. Thus, the relationship between the settlement and abandoned periods in the mounds was located on the terraces and the incision/ aggradation periods of the river was revealed. In the light of the obtained data, it was concluded that the Dicle River and its tributaries, incised their beds during the Younger Dryas and the cold periods of the Holocene and, accumulated during the warm periods in the valley floor. Accordingly, it was concluded that settlements could be established on the valley floors during the incision periods of the river.

© 2024 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŞ

Akarsuların Genç Dryas ve Holosen'deki görece kısa süreli iklim döngülerine tepkisini aydınlatmak için yapılan çalışmaların sayısı hızla artmaktadır (Wilkinson, 1999; Doğan, 2005; Thorndycraft ve Benito, 2006; Macklin vd., 2010; Benito vd., 2015; Berger vd., 2016a, 2016b; Kuzucuğlu vd., 2004; von Suchodoletz vd., 2018; Karadoğan vd., 2019; Depreux vd., 2022). Genç Dryas soğuk evresinden sonraki en soğuk ve kurak evre Holosen'deki 8.2 binyıl olayı olarak tanımlanmıştır (Alley vd., 1997; Ariztegui vd., 2000; Rohling vd., 2002; Alley ve Agustsdottir, 2005; Wenninger vd., 2006; Thomas vd., 2007; Pross vd., 2009; Lewis vd., 2016). Genç Dryas soğuk iklim dönemi, Bolling-Allored ve Holosen sıcak dönemleri (Günümüzden nce (G) 12900-11700 yılları) arasında yaşanmış ve yaklaşık 1200 yıl sürmüştür (Rasmussen vd., 2006). İngiltere'de yapılan bir çalışmada yüksek bölgelerde Genç Dryas'ta yıllık sıcaklıkların yaklaşık 2.6-4.6 °C düştüğü tahmin edilmektedir (Vincent vd., 2010). Benzer Şekilde İsviçre Alplerindeki buzul ilerlemelerinin 2-4 °C soğumayı işaret ettiği belirtilmiştir (Ivy-Ochs vd., 2009). Kuzeybatı Avrupa akarsularında yapılan çalışmalarda bu dönemde bazı akarsuların örgülü akış deseni gösterirken, bazılarının menderesli akışı korudukları (Kasse vd., 2017) ve seki oluşumlarının Genç Dryas-Holosen geçişinde olduğu saptanmıştır (Tebbens vd., 1999; Kasse vd., 2017). Dicle Nehri vadisinde Diyarbakır yakınında yapılmış olan bir çalışmada radyokarbon yaş verilerine göre Son Buzul Maksimumu'na kadar birikmiş olan alüvyonun, Son Buzul Maksimumu ve Genç Dryas boyunca yarılarak sekiye (+3.5 m'de) dönüştüğü saptanmıştır (Karadoğan vd., 2019).

Holosen içerisinde ise bin yıllık döngüler halinde olan ve birkaç yüzyıl süren soğuk iklim döngüleri meydana gelmiştir (Bond vd., 1997; Mayewski vd., 2004; Teller vd., 2002). Bunlardan en önemlisi büyük buzul gllerinden kaynaklanan ve Hudson Boğazi'nden kuzey Atlantik'e olan yaygın tatlısu girdisine bağlı olarak termohalin dolaşımının yavaşlaması sonucunda oluşan 8.2 binyıl soğuma olayıdır (Rasmussen vd., 2006; Alley vd., 1997; Klitgaard-Kristensen vd., 1998; Barber vd., 1999; Johnsen vd., 2001; Leverington vd., 2002;

Risebrobakken vd., 2003; Thomas vd., 2007; Rohling ve Palike, 2005; Ebessen vd., 2008; Fleitmann vd., 2008). Maksimum evresi günümüzden 8.2 binyıl önce yaşanmış olan bu olay, günümüzden önce 8400-7800 yılları arasında meydana gelmiştir (Ebessen vd., 2008). Sofular mağarasından elde edilen veride genel olarak nemli olduğu saptanan 9600 ile 5400 yılları arasında 8400-7600 yıllarına denk gelen zaman diliminin kurak olduğu gösterilmiştir (Göktürk vd., 2011). Nar Gölünde de 8200 yılında zirve yapan bir kurak evre saptanmıştır (Dean vd., 2015). Bunlardan farklı olarak Çatalhöyük'te yapılan bir çalışmada, bazı çekincelerle birlikte, G 8300-8100 yılları arasında yaz buharlaşmasının en düşük seviyede olduğu, kış yağışının yaklaşık olarak aynı kaldığı ve dolayısıyla mevsimselliğin azaldığı saptanmıştır (Lewis vd., 2016).

Birleşik Krallık (Macklin vd., 2010), Almanya (Hoffmann vd., 2008) ve Akdeniz havzası (Benito vd., 2015) akarsularında yapılan çalışmalarda akarsu taşkın frekanslarının sıkladığı evrelerin Holosen'deki soğuk dönemlere denk geldiği saptanmıştır. Güney Kıbrıs'ta kaba sediman içeren taşkın depoları Erken Neolitik Khirokitia arkeolojik yerleşmesinin bir bölümünü tahrip etmiş ve yerleşmenin alansal olarak yeniden düzenlenmesine neden olmuştur (Berger vd., 2016b; Depreux vd., 2022). Fas'taki Charef Nehri'nin Holosen depolarında yapılan bir çalışmada ise G 8200 yıl ve yaklaşık 7500 yıl önce kurak koşullar altında oluşmuş olan iki ana kazılma fazı saptanmıştır (Depreux vd., 2022). Bu alışma (Depreux vd., 2022), 8.2 binyıl olayı sırasında kuzey Afrika'da kurak koşullar altında akarsu kazmasını ortaya koyan ilk çalışma olması açısından dikkat çekicidir.

Türkiye'de bazı akarsu havzalarında yapılmış olan çalışmalarda da akarsuların Holosen iklim değişimlerine tepki verdiği saptanmıştır (Courty, 1994; Rosen, 1998; Kuzucuğlu vd., 2004, Doğan, 2005, 2018; Karadoğan vd., 2019). Kuzucuğlu vd. (2004) Fırat Nehri havzasında çalışma yapan tüm yazarların G 8. binyılda (Halaf döneminde) Fırat Nehri'nin yatağını kazdığı ve akarsu yatağında daralma meydana geldiği konusunda benzer sonuçlara ulaştıklarını belirtmiştir. Aynı havzada M 5. ve 4. binyılda ve M 3 binyılın ortasında akarsu debisindeki ve mevsimsel yağış Őiddetindeki

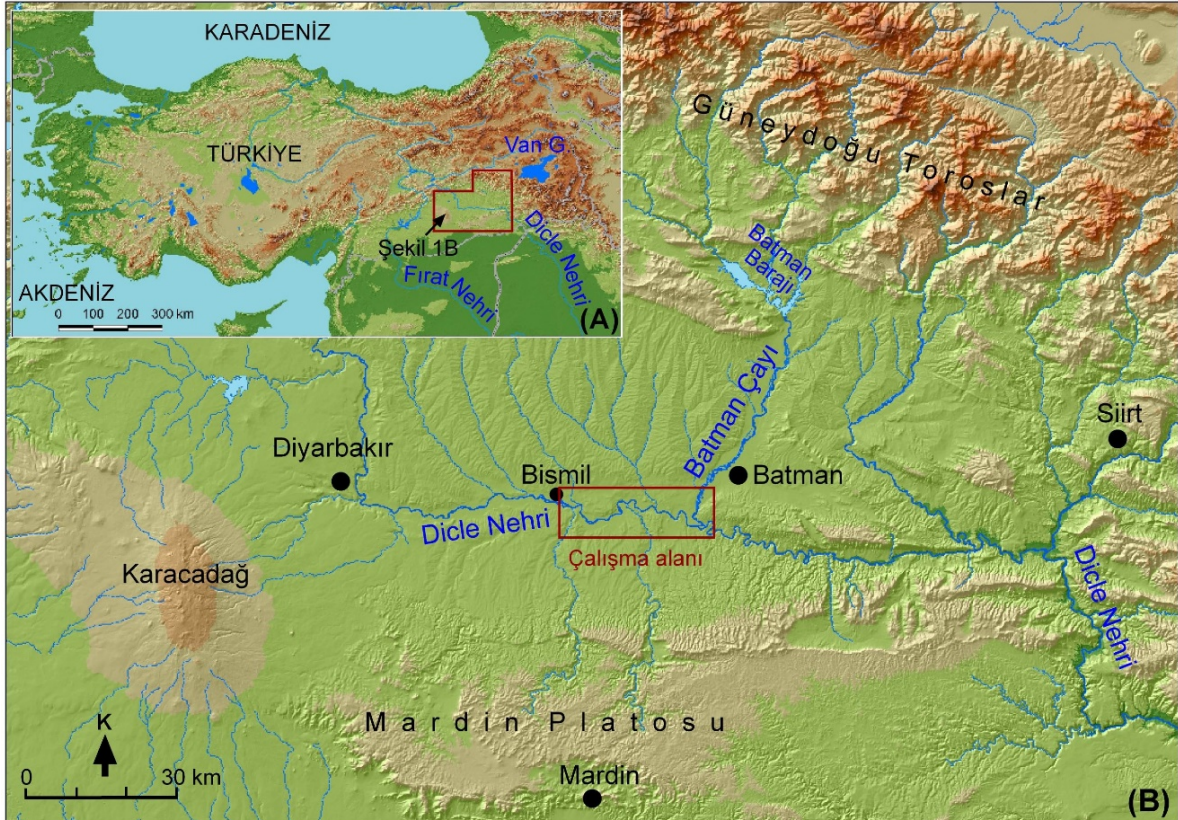
artış, yerleşmeleri tahrip eden taşkınlara yol açmıştır (Courty, 1994; Wilkinson, 1999; Kuzucuoğlu vd., 2004).

Holosen'deki soğuk iklim döngülerinden biri olan 4.2 binyıl olayı ise birçok çalışmaya konu olmuş (Bond vd., 1997; Zanchetta vd., 2016; Bini vd., 2018) ve Ortadoğu'daki medeniyetlerin, özellikle de Akkad devletinin yaklaşık G 4170'lerde çöküşü bu dönemle ilişkilendirilmiştir (Weiss vd., 1993; Cullen vd., 2000).

Dicle Nehri vadisinde Diyarbakır yakınlarında ve Erken Holosen'de +3 m'de seki oluştuğu, M 2. binyılın ikinci yarısı boyunca oluşan taşkınlarda kalın siltlerin birikmesiyle önceki kanal yatağının +5 m'ye yükseldiği, Demir ağı'nda ise yarılma aşınma ve birikme evrelerinin oluştuğu saptanmıştır (Karadoğan vd., 2019). Doğan'ın (2005) Dicle Nehri'nin Bismil ile Batman arasında kalan kesiminde jeomorfolojik ve arkeolojik veriler işığında yaptđı çalışmada ise Holosen içerisinde iklim döngüleriyle ilişkili üç kazılma ve üç birikme evresi saptanmıştır. Bu çalışmada vadi tabanında M 6000'ler birikme, 6000-5500 yılları arası kazılma, 5500-4000 yılları arası birikme, 4000-2650 yılları arası kazılma, 2650-1200 yılları arası birikme ve 1200

yılından sonrası kazılma evresi olarak belirlenmiştir.

Bu alışma da, Yukarı Dicle Havzasında, Dicle Nehri vadisinin Bismil ve Batman arasında kalan kesiminde, Doğan'ın (2005) alışmasıyla aynı sahada yapılmıştır (şekil1). Doğan'ın (2005) yapmış olduğu çalışmanın üzerinden geçen uzun yıllar içerisinde Dicle Nehri vadisindeki höyüklerde devam eden ve bazılarında sonradan başlayan kazılardan elde edilen arkeolojik veriler, yeni radyokarbon yaşları, bazı arkeolojik verilerden yapılmış olan yeni değerlendirmeler ve uydu görüntülerinin sunduğu imknlar beni bu çalışmaya sevk etmiştir. Bu alışmada Dicle Nehri'nin soğuk bir dönem olan Genç Dryas ve Holosen'deki soğuk-sıcak iklim döngülerine tepkisinin yeni jeomorfolojik ve arkeolojik veriler işığında detaylandırılması hedeflenmiştir. Aynı zamanda bugün 5-7 m Geç Pleyistosen ve Holosen sekileri halinde olan eski taşkın ovası depoları üzerinde bulunan höyüklerdeki yerleşme ve kesinti dönemleri ile nehrin vadi tabanındaki kazma ve biriktirme dönemleri arasındaki ilişkinin de kronolojik olarak ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Son yıllarda bu alandaki vadi tabanının bir kısmının baraj gölü altında kalması bu çalışmanın önemini artırmaktadır.



şekil 1: Çalışma alanının konum haritası / Figure 1: Location map of the study area.

2. YÖNTEM

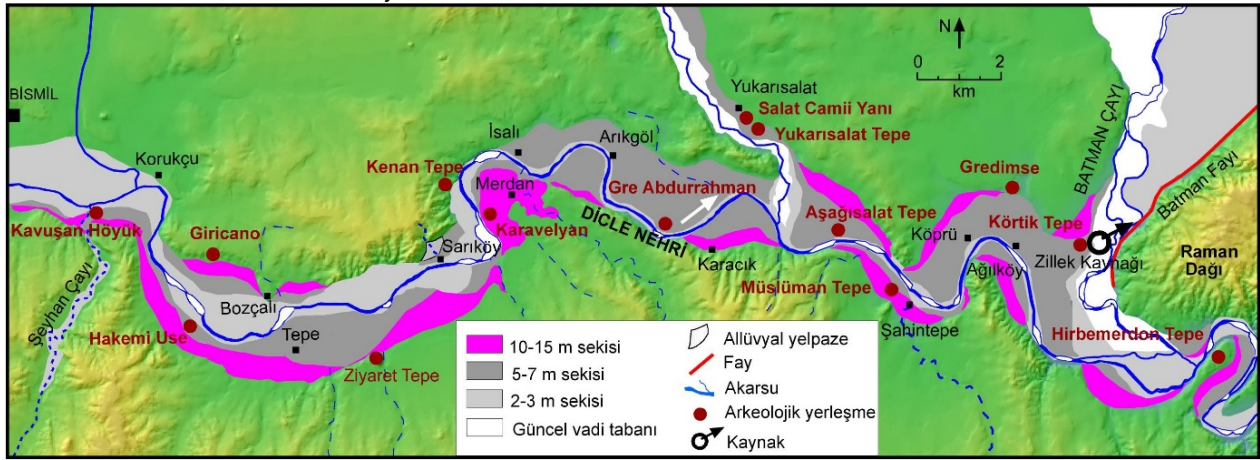
Çalışma alanında bulunan höyükler vadi tabanında ve yüksek sekiler üzerindeki olmak üzere iki kısımda incelenmiş, bu höyüklerdeki iskan edilme ve yerleşimin kesintiye uğradığı dönemler saptanmıştır. Bazı höyüklerdeki taşkın depoları ve akarsu aşındırmaları için önceki çalışmalardan da faydalanılmıştır. Dicle vadisinde bulunan toplam 14 höyüğe ait veri incelenmiştir. Doğan (2005) tarafından hazırlanmış olan jeomorfoloji haritası yeniden gözden geçirilmiştir. Bazı höyüklerin yakın çevresinin detay jeomorfolojik özellikleri farklı yıllarda çekilmiş olan uydu görüntüleri ve özellikle bazı dönemlerdeki uydu görüntülerinde izlenebilen eski kanal/yatak izleri de dikkate alınarak Google Earth görüntüleri üzerine işlenmiştir. İki höyüğün akarsu evrimiyle ilişkisini göstermek için kesitler oluşturulmuştur. Aşağı Salat höyüğünün Doğan (2005) tarafından çizilmiş olan kesiti üzerinde her bir yerleşim evresinde höyüğün yükseltisinin veya taşkın ovasının üst kesiminin o dönemdeki akarsu seviyesinden olan

yüksekliliği yaklaşık olarak gösterilmiştir. Son olarak vadi tabanındaki höyüklerde yerleşme dönemleri ve kesintileri Holosen küresel iklim döngüleri ile karşılaştırılmıştır.

Barajlarla kontrol edilen ve tarımsal sulamada yoğun olarak faydalanılan Dicle Nehri'nin derinliğı yaz aylarında bazı taşlık (riffle) kesimlerinde 0,3 m'ye kadar düşmektedir. Bu nedenle morfometrik ölçümlerde güncel dolu yatak seviyesi dikkate alınmıştır.

3. DICLE NEHRİ'NİN İKLİM DEĞİŞİMLERİNE TEPKİSİ VE ARKEOLOJİK YERLEŐİMLER

Dicle Nehri'nin Bismil ve Batman arasında kalan kısmında Doğan (2005) nehir seviyesinden 40 m (T1), 30 m (T2), 10 m (T3), 4–5 m (T4) ve 2–3 m (T5) yukarda bulunan 5 seki basamağı saptanmış ve haritalanmıştır. Bu çalışmada ise akarsuyun Genç Dryas ve Holosen'deki iklim döngülerine tepkisini detaylandırmak için yalnızca 5-7 m sekisi (eski 4-5 m sekisi) ve 2-3 m sekilerinin oluşum süreçleri değerlendirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Çalışma alanının jeomorfoloji haritası / Figure 2: Geomorphological map of the study area.

Çalışma alanı içerisinde yer alan 15 höyüğe ait kazı sonuçları ve bu sonuçlara ilişkin değerlendirmeler incelenmiş, bu höyüklerdeki yerleşme ve kesinti dönemleri belirlenmiştir (Tablo 1). Bununla birlikte, yalnızca 5-7 m sekisi üzerinde bulunan höyüklerdeki yerleşme ve kesinti dönemlerini, iklim döngülerine bağılı olarak nehrin yatak deseninde ve vadi tabanındaki kazılma-birikme süreçlerinde meydana gelmiş olan değıışimlerle ilişkilendirebilme ihtimali bulunmaktadır. Elbette akarsuların yatak desenlerinin değıışmesi ve taşkınlar üzerinde insanların da etkisinden söz edilebilir (Wilkinson, 1999;

Kuzucuoğlu, 2002; Kuzucuoğlu vd., 2004; Macklin vd., 2010). Bu nedenle yüksek sekiler üzerinde olan höyüklerdeki yerleşme ve kesinti dönemleri, 5-7 m sekisi üzerinde yer alan höyüklerdeki kesinti dönemlerinin savaş, yangın vb. beşeri faaliyetlerle ilişki olup olmadığını anlamak için kullanılmıştır.

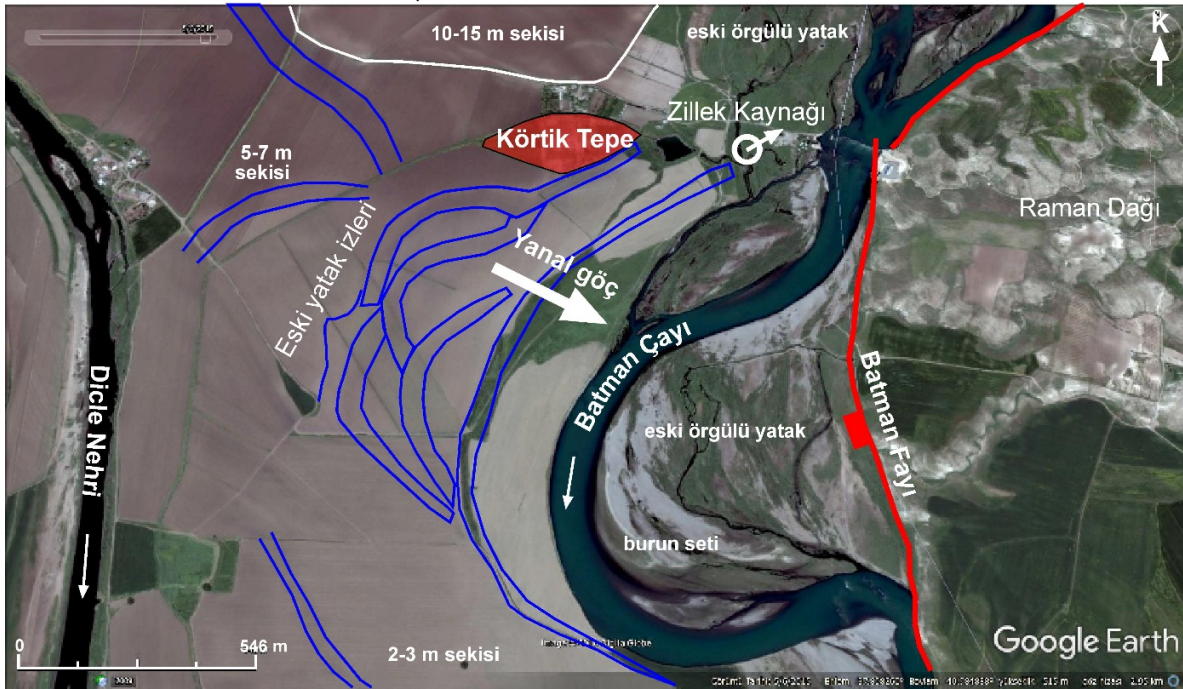
5-7 m sekileri üzerinde yer alan ve bu çalışmada değerlendirilen höyüklerden Körtik Tepe Batman Çayı kenarında, Salat Camii Yanı Salat Çayı kenarında, Hakemi Use, Aşağı Salat, Kavuşan ve Gre Abdurrahman ise Dicle Nehri kenarında yer almaktadır. 5-7 m sekisinden

daha yukarda bulunan höyükler ise Karavelyan, Giricano, Hirbemerdon, Müslüman-tepe, Ziyaret Tepe, Kenan Tepe'dir. 5 m sekisi üzerinde yer alan höyüklerin tamamında yerleşme dönemlerinde kesintiler saptanmışken, daha yüksek seviyelerde yer alan höyüklerde görece daha devamlı yerleşme dönemleri dikkati çekmektedir (Tablo 1).

3.1. Körtik Tepe

Çalışma alanı içerisindeki en eski yerleşme Körtik Tepe'dir. Bir Epipaleolitik ve Seramiksiz Erken Neolitik dönem yerleşmesi olan höyük (Benz vd., 2012; Kartal vd., 2018), Batman

Çayı'nın sağ yakasında yer alan 5-7 m (Son Buzul Çağı) sekisi üzerinde kurulmuştur (Şekil 2 ve 3). Höyükte yapılan radyokarbon tarihlendirmelerinden elde edilen kalibre edilmiş yaşlar yerleşim katmanlarının MÖ 10450 ile 9280 yılları arasına ait olduğunu göstermiştir (Benz vd., 2012). Bu yaş verisi Körtik Tepe'de yerleşmenin Genç Dryas içerisinde kurulduğunu ve Erken Holosen'de sona erdiğini göstermektedir. Höyüğün üzerinde kurulduğu sekinin seviyesi Batman Çayı'nın yatağından 5 m yukardadır ve yaklaşık 2 km uzaktadır.



Şekil 3: Körtik Tepe çevresinin jeomorfoloji haritası / **Şekil 3:** Geomorphological map of the Körtik Tepe surroundings.

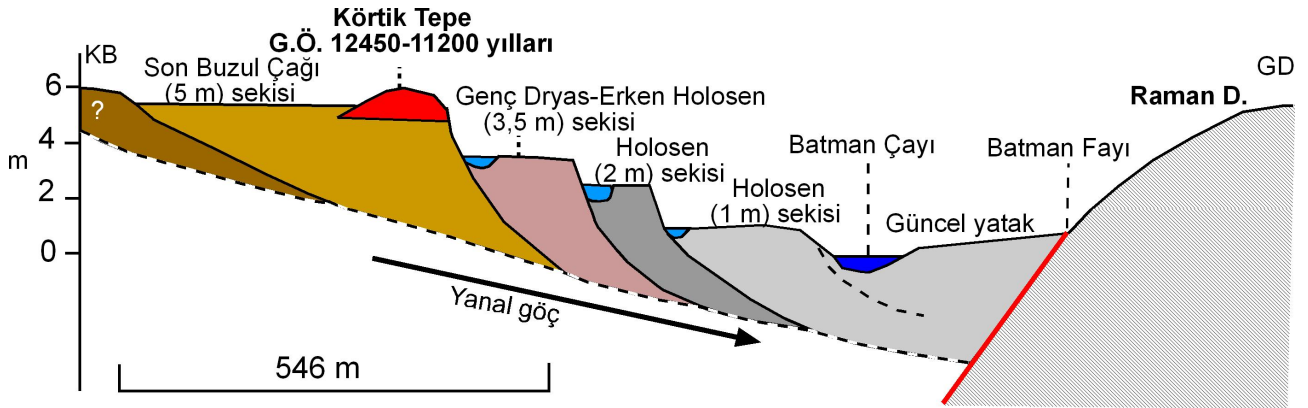
Höyük çevresinin jeomorfolojik durumu incelendiğinde, höyük ile Batman Çayı arasında eski akarsu yatağı/kanalı izlerinin var olduğu saptanmıştır (bakınız 2009, 2011, 2016 yılı Google Earth görüntüleri; Şekil 3). Düşük menderesli akarsu kıvrımlarından oluşan bu izler bugünkü Batman Çayı'na doğru olan asimetric yanal menderes göçünü karakterize etmektedir (Schumm vd., 2000; Burbank ve Anderson, 2001). Bu durum Batman Çayı yatağının bu kesimde Batman Fayı'nın kontrolünde olduğunu gösterir. Terk edilmiş akarsu kanallarından bir tanesi Körtik Tepe höyüğünü doğrudan güneydoğudan sınırlar. Bu kanal izi höyükteki Epipaleolitik yerleşmesinin Batman Çayı kenarında, akarsuyun bankı

üzerine kurulduğunu göstermektedir. Bu veri höyük çevresinin paleocoğrafyasını anlamak açısından oldukça önemlidir. Bugünkü akışın aksine Genç Dryas'a ait olandan daha düşük seviyede bulunan diğer kanal izlerinin de düşük menderesli akarsuyu göstermesi, bu izlerin benzer iklim döngülerinde oluştuğunu göstermektedir. Sonuç olarak bu veriler Körtik Tepe Höyüğü'nün üzerine kurulduğu eski vadi tabanı deposunun Genç Dryas öncesine ait olduğunu ve Batman Çayı'nın Genç Dryas'ta yatağını kazarak bu depoyu 5-7 m sekisine dönüştürdüğünü göstermektedir. Holosen'de ise iki seki oluşumu görülmektedir (Şekil 4). Bu sekilerden en genci çayın üzerine barajın yapılmasından önceki taşkın ovasıdır.

Tablo 1: Dicle Vadisinin Bismil-Batman arasında kalan kesimindeki Körtik Tepe (Benz vd., 2010, 2012), Hakemi Use (Tekin, 2009, 2020), Salat Camii Yanı (Miyake, 2010), Salat Tepe (Ökse vd., 2006, 2011), Aşağı Salat (Akçay, 2017), Kavuşan (Kozbe vd., 2008), Gre Abdurrahman (Özkaya vd., 2011), Karavelyan (Tekin, 2010), Gredimse (Karg, 2002), Giricano (Schachner, 2002; Schachner ve Schachner, 2002; Bartl, 2012), Hirbemerdon (Laneri, 2010; Laneri, vd., 2015), Müslüman Tepe (Ay, 2002, 2021; Ay vd., 2013), Ziyaret Tepe (Matney vd., 2015), Kenan Tepe (Parker vd., 2009) höyüklerinde yerleşme dönemleri. Yerleşme dönemleri mavi renk ile gösterilmiştir. Vadi tabanında bulunan höyükler turuncu, seki üzerinde yer alanlar yeşil renk ile gösterilmiştir. Kısaltmalar; PPN-A: Seramiksiz Neolitik-A, PPN-B: Seramiksiz Neolitik-B, PN: Seramikli Neolitik, ETÇ: Erken Tunç Çağı, OTÇ: Orta Tunç Çağı, GTÇ: Geç Tunç Çağı, EDÇ: Erken Demir Çağı, ODÇ: Orta Demir Çağı, GDÇ: Geç Demir Çağı.

Table 1: Settlement periods of Körtik Tepe (Benz et al., 2010, 2012), Hakemi Use (Tekin, 2009, 2020), Salat Camii Yanı (Miyake, 2010), Salat Tepe (Ökse et al., 2006, 2011), Aşağı Salat (Akçay, 2017), Kavuşan (Kozbe et al., 2008), Gre Abdurrahman (Özkaya et al., 2011), Karavelyan (Tekin, 2010), Gredimse (Karg, 2002), Giricano (Schachner, 2002; Schachner ve Schachner, 2002; Bartl, 2012), Hirbemerdon (Laneri, 2010; Laneri, et al., 2015), Müslüman Tepe (Ay, 2002, 2021; Ay et al., 2013), Ziyaret Tepe (Matney et al., 2015), Kenan Tepe (Parker et al., 2009) mounds in the Tigris Valley between Bismil and Batman. Settlement periods are shown with blue colour. The mounds on the valley floor are shown with orange colour, and those on the terraces are shown with green colour. Abbreviations; PPN-A: Pre-Pottery Neolithic -A, PPN-B: Pre-Pottery Neolithic-B, PN: Pottery Neolithic, ETÇ: Early Bronze Age, OTÇ: Middle Bronze Age, GTÇ: Late Bronze Age, EDÇ: Early Iron Age, ODÇ: Middle Iron Age, GDÇ: Late Iron Age.

Arkeolojik Dönemler	Epi-paleolitik	PPN-A	PPN-B	PN		E. Kalkolitik	G. Kalkolitik	ETÇI	ETÇII	ETÇIII	OTÇ	GTÇ	EDÇ	ODÇ	GDÇ	Hele nistik	Roma	Orta Çağ
MÖ/MS	20000-10000	10000-8500	8500-6900	6900-5100	5950-5100	5100-4200	4200-3100	3100-2650	2650-2300	2300-2000	2000-1600	1600-1100	1100-900	900-750	750-330	330-146	146-476	476-1453
Kültürel evreler				Hassuna-Samarra	Halaf	Ubeyd	Uruk			Akkad ve 3. Uruk dönemi	Eski Asur	Orta Asur Dönemi	Demir Çağı	Yeni Asur-İmparatorluk evresi				
Höyükler																		
Körtik Tepe	10450-9280																	
Hakemi Use				6100-5950										860-612				14.yy
Salat Camii Yanı				6500-6200														
Salat Tepe											2000-1550							
Aşağı Salat						4500-4000	3300-3200	2900-2800						883-612				11-14. yy
Kavuşan										2200-2000		MÖ 14 yy - MÖ. 330			330-200			12-14. yy
Gre Abdurrahman														883-612				
Karavelyan (Hıncıka)					5800-5700							1300-1170		880-612				
Gredimse																		
Giricano																		12-14. yy
Hirbemer-don								3000-2500		2150-2000	2000-1700	1700-1350	1050-950	950-610	600-300			12. yy
Müslüman Tepe							Orta ve Geç								600'e kadar			
Ziyaret Tepe																		12. yy
Kenan Tepe						4650	3600	3000			1800		1050-900					



Şekil 4: Körtik Tepe ve Batman Çayı yatağı arasında kalan kesimin jeomorfolojik kesiti. Seki yaşları için seki basamağında bulunan alüvyonun depolanma yaşı esas alınmıştır / **Figure 4:** Geomorphological cross-section in between Körtik Tepe and Batman Stream. For terrace ages, the deposition age of the alluvium in the terrace step is taken as basis.

Batman Çayı yakın zamana kadar bank sabitliği düşük ve yüksek taşkın riski taşıyan örgürlü bir yatakta akmaktaydı. Çay üzerine 1999 yılında yapılmış olan Batman Barajı'nın taşınan sedimanı tutmasına bağlı olarak akarsuyun yatak deseni örgülden düşük menderesliye dönmüştür. Bu durum eski tarihli uydu (1999 yılı öncesi ve sonrasına ait Google Earth görüntüleri) ve hava fotoğraflarında açıkça görülmektedir. Körtik Tepe ve yakın çevresinde çay boyunca Erken Holosen'den itibaren tekrar yerleşmenin kurulmamasının nedeni yüksek oranda yatak yükü taşıyan Batman Çayı'nın yatağını Genç Dryas'taki kadar derine kazamamasıyla ilgili olabilir. Körtik Tepe'yi sınırlayan yatak izi dışındaki yatak izleri ise bu sığ kazılma dönemlerini temsil ediyor olabilir.

3.2. Salat Camii Yanı ve Salat Tepe

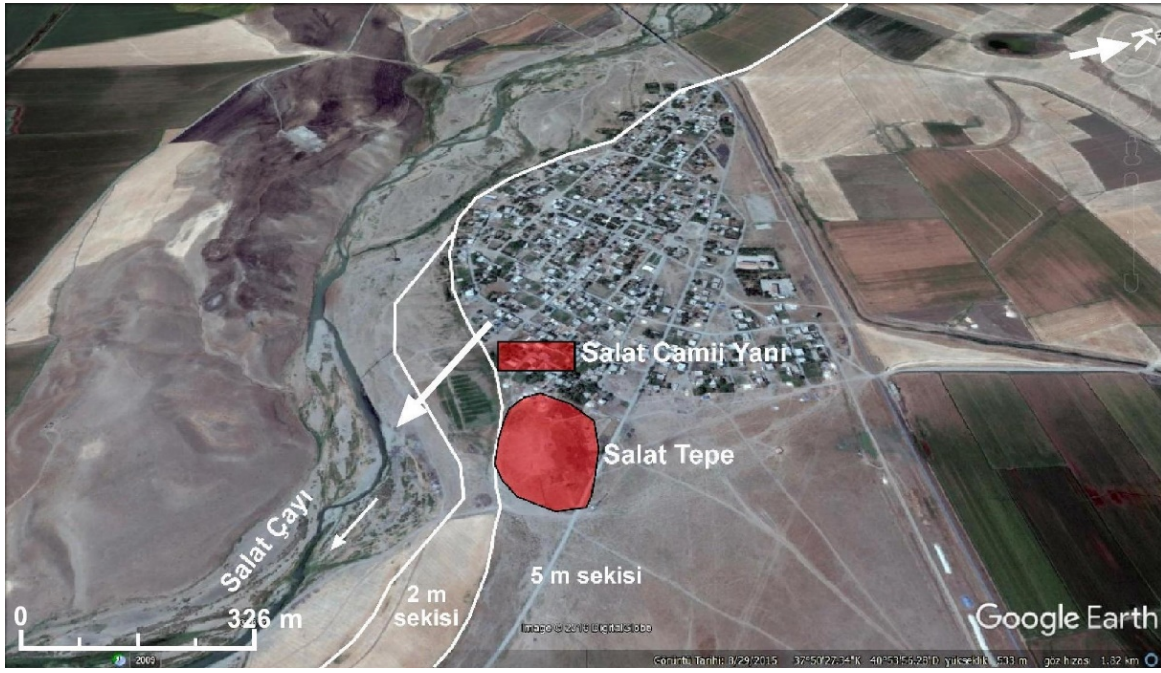
Salat Camii Yanı höyüğü Dicle Nehri'ne kuzeyden karışan Salat Çayı'nın sol yakasında, 5 m sekisi üzerinde yer alır (Şekil 5). Salat Köyü'nün içerisinde yer alan ve görece düz bir yerleşim alanı halinde olan höyükteki ilk yerleşme seramikli Neolitik dönemin ilk evresinde MÖ 6500-6200 yılları arasında kurulmuş ve terkedilmiştir. Sonraki yerleşme evreleri ise Orta Demir Çağı (MÖ 883-612 yılları arasında) ve Orta Çağ'da gerçekteşmiştir. Kesin bir kanıt olmamakla birlikte, ilk yerleşim evresinin Holosen'de 8.2 olayına, sonraki yerleşme evrelerinin de yine soğuk dönemlere rastlaması, bu höyükteki yerleşme evreleri ile Salat Çayı arasında bir ilişki olduğunu düşündürmektedir. Bir başka ifadeyle, bu dönemlerde Salat Çayı'nın yatağını kazdığı ve taşkın riskinin düşük olduğu söylenebilir. Bu höyüğün hemen güneyindeki Salat Tepe

höyüğündeki yerleşim evreleri farklılık göstermektedir (Tablo 1). Bunun nedeni olarak Salat Tepe'nin, Salat Camii Yanı yerleşmesine göre biraz yüksekte kurulmuş ve yüksek bir höyük olması gösterilebilir.

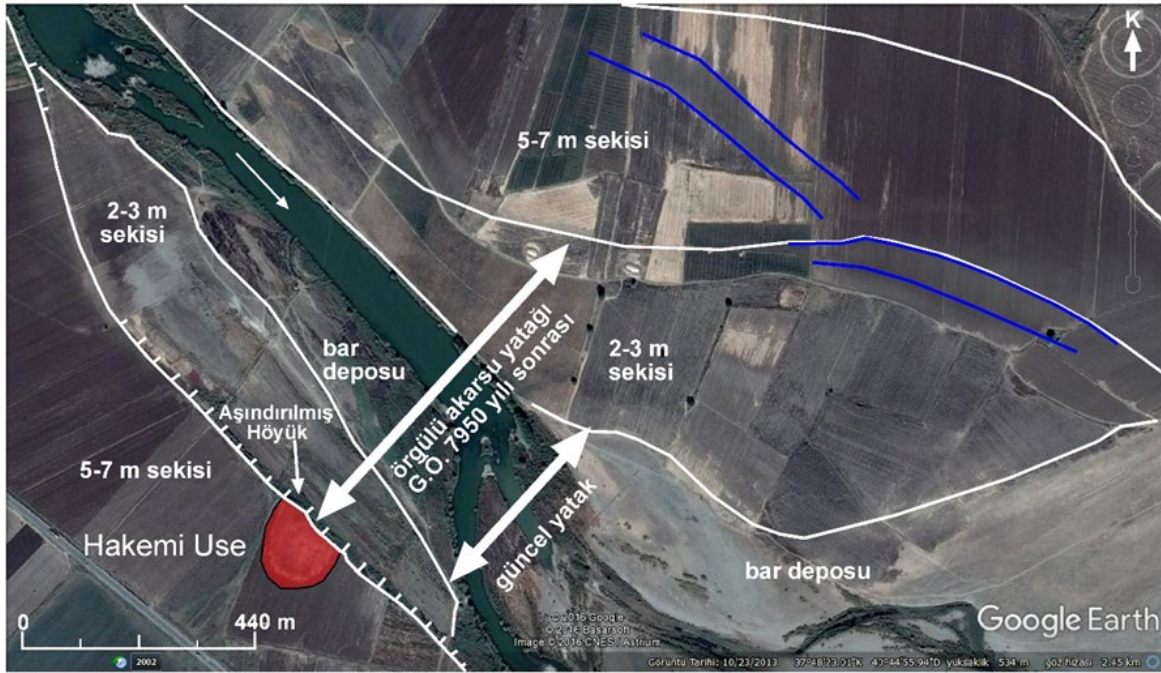
3.3. Hakemi Use

Hakemi Use, Dicle Nehri yatağının güneyinde (sağ yakasında), bugünkü nehir yatağından 500 m uzaklıkta ve 5-7 m sekisi (5,5 m'de) üzerinde yer alır (Şekil 6). Höyük aralarında 200 m olan Hakemi Use I ve II olmak üzere iki bağımsız yerleşmeden oluşmaktadır. Hakemi Use I'deki ilk yerleşme geç Neolitik Dönem'de MÖ 6100 ile 5950 yılları arasında olmuştur. Uzun bir aradan sonraki yerleşme dönemi ise Geç Asur Dönemi'ne (MÖ 880 ile 612 yılları arası) aittir. Hakemi Use II ise yalnızca Orta Çağ'da (MS 14. yy) iskân edilmiştir (Tekin, 2020). Kültür katmanı kalınlığı yaklaşık 4 m olan Hakemi I höyüğünün kuzey kenarı Dicle Nehri tarafından kısmen aşındırılmıştır (Kuzucuoğlu, 2002; Doğan, 2005).

Hakemi Use'deki Geç Neolitik Dönem yerleşme evresi Holosen içerisindeki en önemli soğuk dönemlerden biri olan 8.2 binyıl soğuk-kurak olayı sırasında gerçekteşmiştir. 8.2 binyıl olayına yol ačan kuraklığın yaklaşık GÖ 8600 ve 7800 yılları arasında egemen olduğu bilinmektedir (Rohling ve Pälিকে, 2005; Fleitmann vd., 2008; Kotthoff vd., 2008; Geraga vd., 2010). Örneđin Sofular Mağarası'ndan elde edilen veride GÖ 8400-7600 yıllarına denk gelen zaman diliminin kurak olduğu gösterilmiştir (Göktürk vd., 2011). Kazıdan elde edilen radyokarbon yaşlarına göre yaklaşık günümüzden 8050 yıl önce Hassuna/Samarra Dönemi'nde başlayan yerleşme yaklaşık 100-



Şekil 5: Salat Camii Yanı ve Salat Tepe çevresinin jeomorfoloji haritası / **Figure 5:** Geomorphological map of the Salat Camii Yanı and Salat Tepe surroundings.



Şekil 6: Hakemi Use çevresinin jeomorfoloji haritası / **Figure 6:** Geomorphological map of the Hakemi Use surroundings.

150 yıl sürmüş ve günümüzden yaklaşık 7900 yıl önce sona ermiştir (Tekin, 2020). Dolayısıyla yerleşme zamanı tam olarak 8.2 binyıl olayının etkisini gösterdiği zaman dilimi içerisinde gerçekleşmiştir. Dicle Nehri'nin o dönemdeki bankı üzerinde (bugünkü nehir seviyesinden yaklaşık 3 m yüksek) kurulmuş olan yerleşme 8.2 binyıl olayıyla ilgili olarak akarsuyun yatağını kazdığı ve dolayısıyla yerleşmeyi tehdit etmeyecek derecede stabil olan düşük menderesli dar bir yatakta aktığı dönemde kurulmuş olmalıdır (Şekil 7). Yerleşmenin

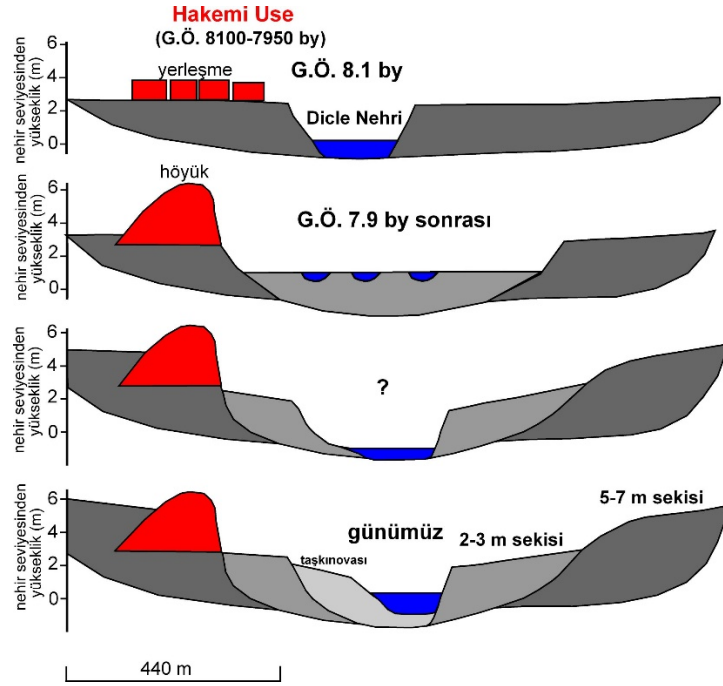
yüksek oranda yatak yükü taşıyan, eğimi ve taşkın riski fazla olan örgütlü bir akarsu yatağı kenarında kurulma ihtimali zordur. Böyle bir akarsu yatağı ancak yerleşmenin terk edilmesi için bir gerekçe olabilir.

Höyüğün üzerine kurulduğu erken Holosen taşkın ovasının seviyesi bugünkü akarsu seviyesinden 2,5-3 m yukardadır. Buna göre höyük çevresindeki güncel taşkın ovasının nehirden olan yükseltisi dikkate alındığında, yaklaşık 8 bin yıldan beri Erken Holosen sekisi

üzerindeki taşkın sedimanı birikiminin 3 m'yi bulduğu söylenebilir.

Hakemi Use yakınında 5-7 m sekisi ile güncel akarsu yatağı arasında 2-3 m sekisi yer almaktadır. Bu veri 8.2 binyıl önce 5-7 m sekisinin oluşumunu sağlayan vadi tabanındaki kazılmanın ardından akarsu yatağına olan sediman girdisinin arttığı, akarsuyun örgüldü bir yatak desenine sahip olduğu ve ardından tekrar

vadi tabanı kazılmasının gerçekteştiği bir dönemi temsil etmektedir. Elbette Dicle Nehri yatağındaki bu olaylar dizisi Holosen içerisinde birden fazla tekrar etmiş olmalıdır. Muhtemelen diğer kazılma ve birikme süreçlerinin ise görece dar bir vadi tabanında gerçekteşmesi ve 5-7 m sekisinin oluşturduğu stabil bank yapısı bu süreçlere ait yerşekillerinin korunmasını engellemiş olmalıdır.



şekil 7: Hakemi Use höyüğü çevresinin yerleşme dönemi ve sonrasındaki jeomorfolojik gelişim evreleri.

Figure 7: Geomorphological evolution stages of Hakemi Use mound surroundings during the settlement period and after.

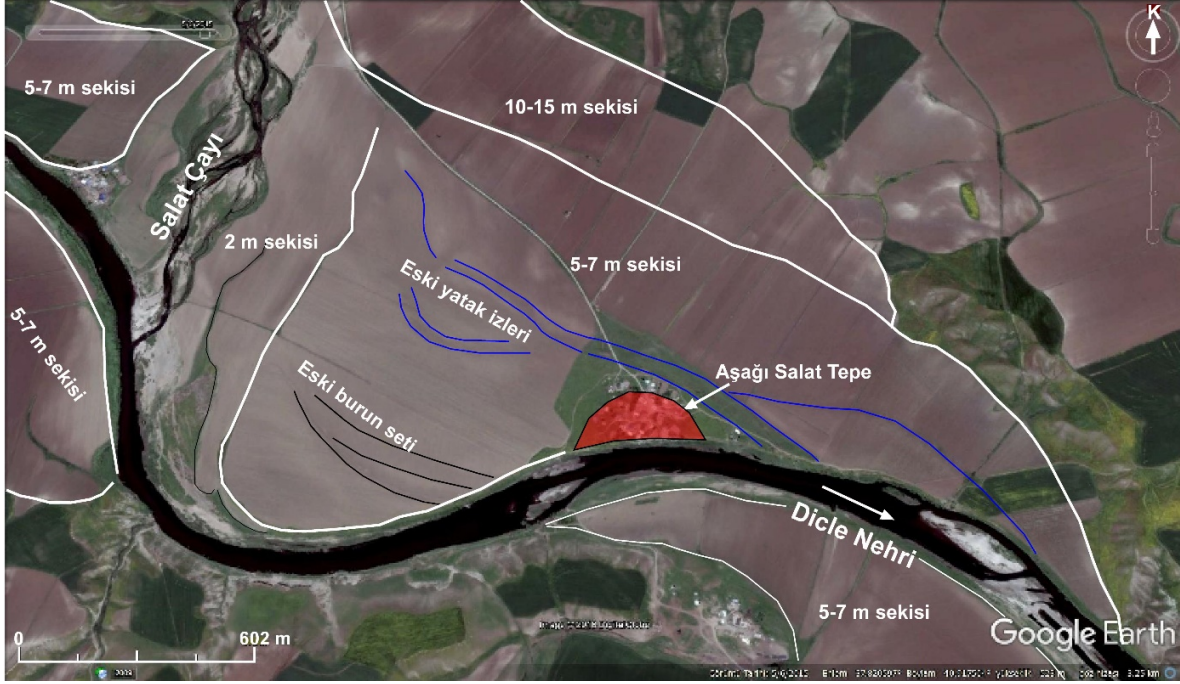
3.4. Aşağı Salat

Aşağı Salat yerleşimi Dicle Nehri'nin sol yakasında 5-7 m sekisi üzerinde bulunmaktadır (şekil 8). Radyometrik tarihlendirmenin yapılmamış olduğu höyükteki yerleşme dönemleri arkeolojik buluntularla yorumlanmıştır. Höyükteki yerleşme evreleri yeni bir değerlendirmeye göre Geç Ubeyd, Geç Uruk, Geç Uruk-Erken Bronz Çağı geçişi, Erken Demir Çağı, Yeni Asur ve Orta Çağ olarak belirlenmiştir (Akçay, 2017). En güçlü yerleşme evrelerinin ise Geç Uruk-Erken Bronz Çağı geçişi ve Yeni Asur periyotlarının olduğu saptanmıştır (Akçay, 2017). Bugün üzerinde Aşağı Salat Köyü bulunan höyüğün güney kesimi nehir tarafından aşındırılmıştır. Bu höyüğe ait kültür depoları, bazı kültür katmanlarını örten taşkın depoları ve höyüğün üzerinde yer aldığı sekinin detaylı kesiti ve açmalarda saptanan taşkın katmanlarına ait kesitler Doğan (2005)

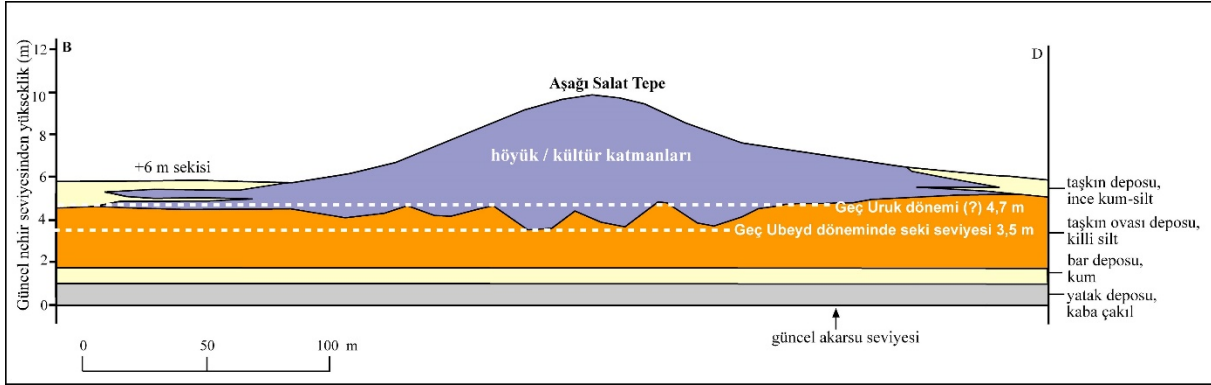
tarafından çizilmiştir. Höyükteki ilk yerleşme evresi buzul kayıtlarına göre Holosen'deki zayıf bir soğuk bir evreye denk gelen Geç Ubeyd döneminde (MÖ ~4500-4000 yılları arası) olmuştur. İlk yerleşmenin kurulduğu dönemde nehrin bank yüksekliği o günkü nehir seviyesine göre 1,8 m'yi, bugünkü nehir seviyesine göre ise 3,5 m'yi bulmuştu (şekil 9). Doğan'ın (2005) çizmiş olduğu kesite göre taşkınların geç Ubeyd döneminde devam ettiği ve taşkın depolarının bu döneme ait kültür depolarıyla yanal geçişli olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum höyükte erken Ubeyd yerleşim evresinin zayıf olmasının (Akçay, 2017) nedenini açıklamaktadır. Dolayısıyla bugünkü 5-7 m sekisinin yaklaşık 2,5 metrelik üst katmanları taşkınlarla Geç Ubeyd dönemi ve sonrasında yani yaklaşık son 6500 yıl içerisinde çökelmiştir. Arkeolojik verilerden Geç Ubeyd katmanı ile Geç Uruk dönemleri arasında bir yerleşim kesintisinin

olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum söz konusu bu zaman diliminin sıcak bir döneme, yani akarsuya sediman girdisinin yüksek olduğu ve taşkınların etkili olduğu bir evreye denk

gelmesiyle ilgili görünmektedir. Doğan'ın (2005) çizdiği kesitte de bu iki dönem arasında taşkın sedimanlarının bank üzerinde depolanmaya devam ettiği anlaşılmaktadır.



şekil 8: Aşağı Salat höyüğü çevresinin jeomorfoloji haritası / **Figure 8:** Geomorphological map of the Aşağı Salat mound surroundings.



şekil 9: Aşağı Salat höyüğünün kesiti ve yerleşme dönemlerinde taşkın ovasının güncel nehir seviyesinden yüksekliği (Doğan 2005'den düzenlenerek alınmıştır) / **Figure 9:** Cross-section of the Aşağı Salat mound and height of the floodplain during the two settlement periods according to current river level (modified from Doğan 2005).

Höyükte yerleşmenin kuvvetli olduğu Geç Uruk-Erken Bronz Çağı geçişinin (MÖ 3300-2900 yılları arası) son bölümü Holosen içerisinde soğuk bir evreye denk gelmektedir. Doğan (2005) tarafından höyükte saptanmış olan ve o günkü arkeolojik değerlendirmelere göre Erken Bronz Çağı'na atfedilmif olan taşkınlarla ait steril ince kum-silt katmanları bu yerleşme döneminin görece sıcak olan erken döneminde gerçekleşmiş olmalıdır. Ayrıca sekinin seviyesinin Geç Ubeyd ile geç Uruk dönemleri arasındaki taşkınlarla yaklaşık 1 m daha yükselmesinin bu alanı yerleşme açısından görece daha güvenli hale getirmiş olduğu söylenebilir.

Jeoarkeolojik açıdan dikkate değer önemli bulgulardan biri Erken Bronz Çağı ile Erken Demir Çağı arasında bir yerleşim dönemi katmanının olmamasıdır. Bu dönemde yerleşme kesintisinin olması bu iki yerleşim katmanı arasında iki sıcak evrenin olmasıyla ilgili olabilir. Günümüzden 3300 yıl öncesine denk gelen sıcak evrenin, hemen öncesi ve sonrasına göre daha sıcak bir dönem olduğu söylenebilir (Alley, 2000).

Höyükte Erken Demir Çağı/Geç Asur dönemi ve Orta Çağ yerleşmelerinin kurulmasında ise bu dönemlerin Holosen içerisinde akarsuyun yatağını kazdığı soğuk evrelere denk gelmesi ve taşkın depolarıyla seki seviyesinin giderek

yükselmiş olması etkili olmuştur. Bu durum da vadi tabanında Erken Demir Çağı/Geç Asur dönemi ve Orta Çağ yerleşmeleri açısından taşkın riskinin görece düşük olduğu daha güvenli bir ortamın oluşmasını sağlamıştır. Doğan (2005) makalesinde höyükte en kalın steril taşkın depolarını her ne kadar Demir Çağı ve Orta Çağ katmanları sonrasında oluştuğunu göstermiş olsa da, bu alanda Orta Çağ yerleşmesine ait herhangi bir kanıt gösterilmediği için, bu taşkın depoları Geç Asur dönemi sonrasına da ait olabilir.



Şekil 10: Kavuşan höyük çevresinin jeomorfoloji haritası / **Figure 10:** Geomorphological map of the Kavuşan mound surroundings.

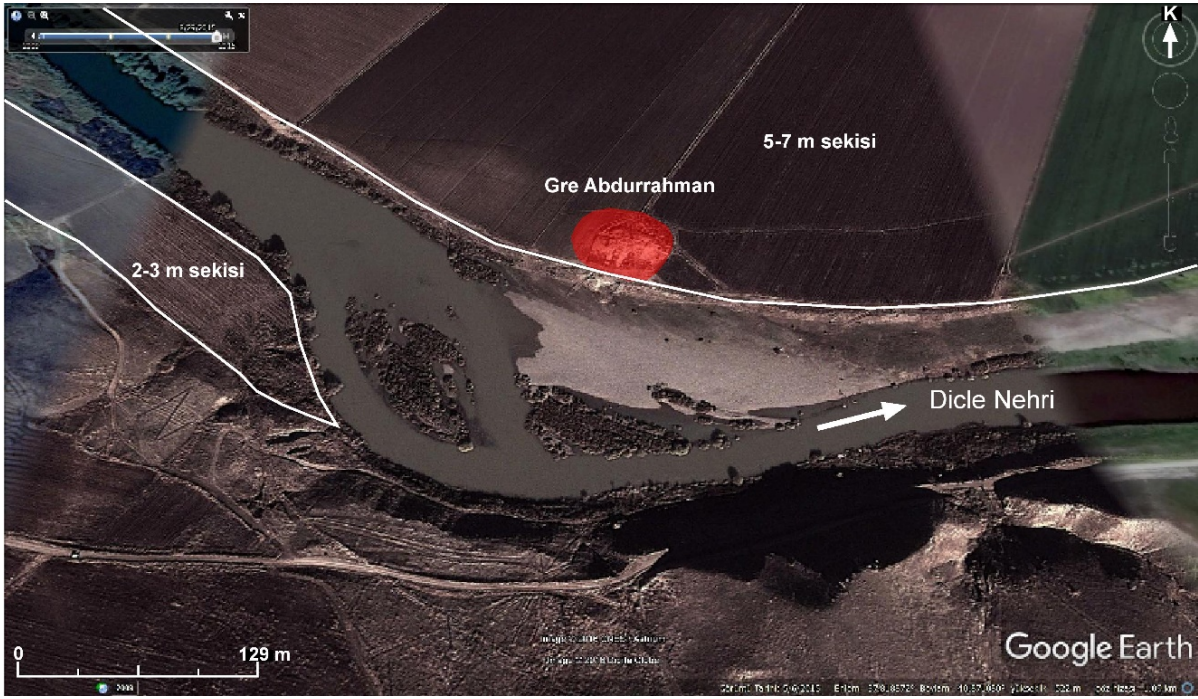
Kavuşan Höyük'te Erken Tunç Çağı III ve Post-Asur Dönemi'ne (Hellenistik Çağ'a) kadar kesintisiz yerleşme saptanmıştır. Höyükte, Hellenistik ile Orta Çağ arasındaki bir boşluğun (MS 3. yy ile 12. yy arası) ardından, Orta Çağ'a ait kültür katmanı saptanmıştır (Kozbe vd., 2008). Höyükteki kültür katmanları arasında -3.28 m ile -3.64 m seviyesinde bir çakıllı kumlu katman saptanmıştır. Bu katman MÖ III. binyılın sonunda bölgede görülen sel oluşumuna atfedilmiştir (Kozbe vd., 2008). Doğan (2005) ise bu sel katmanının sediman özelliğinden dolayı Şeyhan Çayı'nın bir taşkınına ait olduğu sonucuna varmıştır. Bu taşkın deposu Holosen içerisindeki soğuk dönemlerden biri olan 4.2 binyıl olayı öncesindeki sıcak evrede meydana gelmiş olan bir taşkınla ilişkili olabilir.

3.5. Kavuşan Höyük

Kavuşan Höyük, Bismil'in 10 km güneydoğusunda Dicle Nehri'nin sağ yakasında ve 5-7 m sekisinin üzerinde yer alır (Şekil 10). Bu seki Şeyhan Çayı'nın Dicle Nehrine kavuştuğu yerde, çayın alüvyal yelpazesinin akarsu tarafından kesilmesi sonucunda oluşmuştur. Höyüğün kuzey tarafının 2-3 m sekisindeki eski akarsu yatak depolarının birikme sürecinde ve sonraki zaman diliminde aşındırılmış olduğu anlaşılmaktadır.

3.6. Gre Abdurrahman

Gre Abdurrahman yerleşimi Dicle Nehri'nin sol yakasında 5-7 m sekisi üzerinde yer alır (Şekil 11). Bu höyükteki kazılar Doğan'ın (2005) bu sahayla ilgili yapmış olduğu jeomorfolojik-jeoarkeolojik çalışmasından sonra gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle Gre Abdurrahman, Dicle Nehri'nin Holosen'deki iklim değişimlerine tepkisini anlamak açısından yeni veriler sunmaktadır. 5 m sekisi üzerinde yaklaşık 5 m'lik bir yükseltiye sahip olan höyükteki ilk yerleşim Orta Demir Çağı'nda (Asur İmparatorluk Dönemi; MÖ 9-7 yy) gerçekleşmiştir. Höyüğün ikinci kullanım evresi ise mezar olarak kullanılmış olduğu Orta Çağ'dır (Özkaya vd., 2011).



Şekil 11: Gre Abdurrahman höyük çevresinin jeomorfoloji haritası / **Figure 11:** Geomorphological map of the Gre Abdurrahman mound surroundings.

Höyükteki kazı sırasında üç farklı seviyede ve höyükte tahribata yol açan taşkınlarla ilişki olduğu düşünölen çakıl katmanları saptanmıştır (Özkaya vd., 2011). Çakıl katmanları, kazı açmalarının höyük yüzeyinin farklı kesimlerinde yer alması ve dolayısıyla birbirinden farklı yüzey kotlarına sahip olmaları nedeniyle her açmada birbirinden farklı derinliklerde saptanmıştır. Örneğin A19 açmasında 122-181 cm, 214-236 cm ve 295 cm derinlikte sellerle ilişki olduğu düşünölen üç çakıl katmanına rastlanmış ve sonuncu seviyenin yer yer 450 cm derinliğe kadar indiği belirtilmiştir (Özkaya vd., 2011). Höyüğün üzerine kurulduğu seki yüzeyinin ve höyüğün yükseltisinin bugünkü nehir seviyesinden olan yüksekliği göz önüne alındığında, bu çakılları biriktiren nehir koşullarını anlamlandırmak oldukça zordur. Örneğin höyüğün en yüksek yerindeki açmalar olan A1, A2 ve A4'de çakıl katmanının 63-68 cm derinlikte başladığı saptanmıştır. Bir başka ifadeyle, en üstteki çakıl katmanı güncel nehir seviyesinden yaklaşık 10 m yukarda bulunmaktadır. Nehir kenarında kurulmuş olan diğer höyüklerden elde edilmiş veriler ve 5-7 m sekisinin kesiti dikkate alındığında, Gre Abdurrahman'da saptanmış olan çakıl depolarını jeomorfolojik olarak açıklamak güçtür. Çakıl boyutundaki materyal akarsuyun yatağı içerisinde çökebilir. Bu nedenle eğer bu çakıl katmanlarını Dicle Nehri'nin yatak deposu

olarak kabul edecek olursak, nehrin Geç Asur döneminden itibaren bugünkü seviyesinden yaklaşık 10 m yukardaki bir seviyede aktığını kabul etmek gerekir. Böyle bir durumda da bu yatak depolarının yalnızca höyükte değil, höyük çevresinde de görülmesi ve höyüğü gömülü hale getirmesi gerekirdi. Dolayısıyla Gre Abdurrahman'da saptanmış çakıl katmanlarının özellikle üst kotlarda yer alan iki tanesinin kökeni tartışmaya açıktır. Diğer taraftan alt seviyede yer alan üçüncü katman nehrin yatak deposu olabilir. Höyükteki kazı sonuçlarının yayımlandığı makalede (Özkaya vd., 2011) Resim 3'te görölen çakıl katmanının akarsu yatağında çökeldiği anlaşılmaktadır. Bu fotoğrafın çekildiği A4 açmasının taban seviyesinin 365 cm derinlikte olması, bu katmanın sekiye ait bir katman olabileceğini de göstermektedir.

Höyükte saptanmış olan tüm çakıl katmanlarının gerçekten nehrin yatak depoları olduklarını kabul edecek olursak Geç Asur Dönemi yerleşmesinin ve belki de Orta Çağ yerleşmesinin sona ermesinde, Dicle Nehri yatağında önemli miktarda bir alüvyon birikmesinin veya vadi tabanında meydana gelmiş olan bir yatak terkinin (avulsion) etkili olduğu sonucu ortaya çıkar. Bu durumda da nehir kenarında 5-7 m sekisi üzerinde bulunan ve diğer höyüklerde saptanmayan bu depolar ancak Gre Abdurrahman höyüğünün bulunduğu

çevrenin yerel koşullarıyla açıklanabilir. Tüm bu tartışmaya açık duruma rağmen Gre Abdurrahman'da Geç Asur dönemine ve Orta Çağ'a tarihlendirilmiş olan katmanlar, diğeri höyüklerde olduğu gibi insanların nehrin Holosen içerisindeki soğuk evrelerde yatağını kazmasına bağlı olarak buraya yerleştiklerini göstermektedir.

4. TARTIşMA

Elde ettiğimiz bulgular önceki çalışmalarda da (Doğan, 2005; Karadoğan vd., 2019) olduğu gibi, Dicle Nehri ve kollarının Genç Dryas ve Holosen iklim döngülerine tepki verdiğini göstermektedir. Bu çalışmada önceki çalışmalardaki sonuçlardan daha detaylı jeoarkeolojik ve jeomorfolojik veri ve sonuçlara ulaşılmıştır.

Batman Çayı kenarında yer alan Körtik Tepe'ye Epipaleolitik ve Akeramik Neolitik Dönem'de yerleşilmiştir (Benz vd., 2010, 2012; Kartal, vd., 2018). Höyüğü güneydoğusundan sınırlayan düşük menderesli akarsu yatak izi ve höyükteki yerleşim evresi, höyüğün üzerinde kurulduğu sekideki alüvyon birikiminin Genç Dryas öncesinde olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda bu akarsu yatağı Körtik Tepe'nin Batman Çayı'nın tam kenarında kurulmuş olduğunu ve yerleşme süresince, yani soğuk bir dönem olan Genç Dryas'ta ve Holosen başında akarsuyun yatağını derine kazdığını göstermektedir. Dolayısıyla höyüğü güney ve güneydoğudan sınırlayan bugünkü 5-7 m sekisinin yamacı Batman Çayı yatağında Genç Dryas sırasında gerçekte derine kazma sürecinin sonucunda oluşmuş olmalıdır. Batman Çayı kenarındaki Geç Pleyistosen (5-7 m sekisi) ve Holosen sekilerinin Dicle Nehri sekilerine göre düşük seviyelerde görülmesi, örgülü akış sergileyen Batman Çayı yatağında görece kalın bir yatak yükünün birikmesi ve bu sahada etkin olan karstik-tektonik sübsidansla (Doğan, 2005) ilgili olmalıdır. Karadoğan vd.'de (2019) Dicle vadisinde Diyarbakır şehrinde yaptıkları sondajda Son Buzul Maksimumuna kadar birikmiş olan alüvyonun, Son Buzul Maksimumu ve Genç Dryas boyunca yarılarak sekiye (+3.5 m'de) dönüştüğünü saptamıştır. Bu bulgular Dicle Nehri'nin Genç Dryas'ta Avrupa akarsularının çoğunun (Tebbens vd., 1999; Kasse vd., 2017) tersine bir tepki verdiğini

göstermektedir. Bir başka ifadeyle, Dicle Nehri ve kolları Genç Dryas'ta yatağını kazarken, çoğu Avrupa akarsuyu bu dönemde yatağında biriktirme yapmış ve yatağını Genç Dryas-Holosen geçişinde kazmıştır (Tebbens vd., 1999; Kasse vd., 2017).

Bu çalışmada ulaşılan bulgulara göre Dicle Nehri kenarındaki 5-7 m sekisinin ise Geç Glasyal dönem-Genç Dryas vadi kazılmasından sonra vadi tabanında biriken sedimanın 8.2 binyıl olayı sırasında yarılarak sekiye dönüştüğü ve sonraki taşkın evrelerinde üzerinde çökelen alüvyonla bugünkü yükseltisini kazandığı sonucuna varılmıştır. 8.2 binyıl sekisinin oluşum süreci ve sonrasında geçirdiği aşamaları Hakemi Use ve Aşağı Salat höyüklerinden elde edilen verilerden izlemek mümkündür. Bu veriler Geç Neolitik Dönemde (Hassuna/Samarra), Hakemi Use Tepe yerleşmesinin (Tekin, 2020) 8.2 binyıl olayı sırasındaki soğuk evrede, nehrin yatağını kazmasına bağlı olarak oluşmaya başlayan seki üzerinde kurulduğunu göstermektedir. Yerleşmenin kurulduğu sıradaki taşkın ovası/seki seviyesi bugünkü nehir seviyesinden 2.5-3 m yukarda bulunmaktadır. Dicle vadisinde Diyarbakır şehrinde yapılmış olan çalışmada ise Erken Holosen'de +3 m'de bir seki oluştuğu saptanmıştır (Karadoğan vd., 2019). Bu bulgu bizim çıkarımımızı doğrulamaktadır. Benzer şekilde Fırat Nehri havzasında yapılan çalışmalarda da Nehrin 8 by önceye kadar taşkınlarla silt biriktirdiği, günümüzden 8 binyıl önce (Hassuna/Samarra döneminde) Fırat Nehri'nin yatağını kazdığı ve akarsu yatağında daralma meydana geldiği saptanmıştır (Courty, 1994; Kuzucuoğlu vd., 2004). Habur Çayı vadisinde de aynı bulguya ulaşılmıştır (Rosen, 1998; Kuzucuğlu vd., 2004). Suriye'de Balık Vadisi'nde yer alan ve Türkiye sınırına yaklaşık 30 km uzaklıkta bulunan Tell Sabi Abyad yerleşmesinde 8.2 binyıl olayı sırasındaki kuraklığa bağlı olarak ani bir kültürel değişikliğin olduğu saptanmıştır (van der Plicht vd., 2011).

Dicle vadi tabanında Geç Neolitik Dönemi yerleşmesinden sonra Geç Ubeyd dönem yerleşmesine (Aşağı Salat) kadar geçen yaklaşık 1500 yıllık zaman diliminde herhangi bir yerleşmeye ait kültür katmanı saptanmamıştır. Bu dönem Fırat Nehri vadisinde MÖ 5. ve 4. binyılda akarsu debisinde ve mevsimsel yağış

şiddetinde gerçekleşmiş olan artışın yerleşmeleri tahrip ettiği döneme karşılık gelmektedir (Courty, 1994; Kuzucuoğlu vd., 2004). Dicle vadi tabanında da bu dönemde yerleşmenin olmaması taşkınlarla ilişkili olabilir.

Aşağı Salat kazılarında elde edilen veriler 8.2 binyıl önce oluşmaya başlayan sekinin (bugünkü 5-7 m sekisi) zerinde taşkın sedimanlarının birikmesiyle yükseltisinin giderek arttığı grlmektedir. Arkeolojik katmanlar ve taşkın depoları arasındaki ilişki Geç Ubeyd dönemi başlarında (~ M. 3300'lerde) ~ 1 m artarak 3,5 m'ye çıktığını, Geç Uruk zamanında ise ~ 1 m artarak ~4,5 m'yi bulduğunu, Orta Demir ağı'nda ise yaklaşık bugünkü seviyesine ulaştığını göstermektedir. Demir ağı sonrasında da bu yükselmenin zayıf bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. Geç Ubeyd dönemi yerleşmesi Holosen içerisindeki G 6 binyıl olayına denk gelirken, Geç Ubeyd-Erken Bronz ağı yerleşmesi 5.1 bin yıl soğuk olayına denk gelmiştir. Dicle Nehri vadi tabanında Geç Ubeyd-Erken Bronz ağı yerleşmesinin sona ermesi akarsu yatağının örgülü akış desenine dönüşmesi ve taşkın sıklığındaki artışla ilgili olmalıdır. Doğan'ın (2005) Aşağı Salat kazılarında saptamış olduğu steril taşkın katmanları bu ıkarımımızı desteklemektedir. Dicle vadisindeki bulgumuzu destekler şekilde Fırat Vadisi'nde de düşük taşkın frekansı döneminde Geç Kalkolitik ve Bronz ağı köylerinin bugünkü 8 m sekisinin üzerine yerleştiği saptanmıştır (Kuzucuoğlu vd., 2004).

Dicle Nehri'nin 5-7 m sekisindeki gelişime benzer bir gelişim aşamasının Salat ayı'nın 5 m sekisinde de meydana gelmiş olabileceği önerilebilir.

Dicle Nehri vadi tabanında Erken Bronz ağı ile Demir ağı (Yeni Asur) dönemi arasında (M 2900 ile 900 yılları arası) Kavuşan Höyük'te bulunmuş olan kültür katmanları dışında bir yerleşim evresine rastlanmamıştır. Kavuşan Höyük'te M 3. binyılın sonlarına tarihlendirilen ve şeyhan ayı'na ait olduğunu düşündüğümüz yaklaşık 32 cm kalınlığındaki taşkın sedimanı (Doğan, 2005; Kozbe vd., 2007) bölgede etkili olan bir sıcak kurak dönem veya alüvyal birikme evresiyle ilgili olmalıdır. Bununla birlikte, Kavuşan Hygn zerine kurulmuş olduğu 5-7

m sekisinin höyükteki ilk yerleşim evresi sırasında görece yüksek olması, höyükteki yerleşme dönemleriyle vadi tabanındaki kazılma-birikme dönemleri arasında bir ilişki kurmamızı güçleştirmektedir. Doğan'ın (2005) alışmasında Aşağı Salat yerleşiminde Geç Bronz ağı yerleşmesinin olduğu kabul edilmişse de sonra yapılan bir çalışmada (Akçay, 2017) Erken Bronz ağı I ile Demir ağı yerleşmesi arasında başka bir kültür katmanının olmadığı sonucuna varılmıştır. Fırat Havzası'nda ise bu döneme ait daha detaylı verilere ulaşılmıştır. şanlıurfa'daki Titriş Höyük'te akarsuyun M 3. binyılın ortasında önceki döneme göre geniş yatak içerisinde aktığı ve yüksek enerjili ani taşkınlar yaptığı belirlenmiştir (Wilkinson, 1999). Balık vadisinde ise bu taşkın evresi sonrasında M 2. binyılın başlarındaki kısa dönemli yatak kazılmalarının yerleşmelerin büyümesine yol açtığı belirlenmişse de (Wilkinson, 1999), Kazane Höyük'te yapılmış olan çalışmada M 3. binyılın sonlarında akışın mevsimsel hale gelmesi ve su tablasının alçalmasını (Rosen, 1997) takiben Holosen dolgusunun yarıldığı sonucuna varılmıştır (Courty, 1994; Kuzucuoğlu vd., 2004). M 2. binyılın başında Fırat Nehri yatağının Titriş ve Kurban Höyük yakınlarında daralmış olması da (Wilkinson, 1999) bu bulguyu desteklemektedir. Bu bulgular Fırat Nehri ve kollarının soğuk kurak bir dönem olan 4.2 binyıl olayına tepki vererek yatağını kazdığını göstermektedir. Dicle Nehri'nin 4.2 binyıl soğuk dönemiyle ilgi yatağını kazdığına dair kesin bir kanıt bulunmamaktadır. Bununla birlikte 8.2 bin yıl sekisinden sonra oluşan 2-3 m sekisi belki de 4.2 binyıl soğuk dönemi sırasındaki vadi tabanı kazılmasının bir sonucu olabilir.

Bu veriler 5-7 m sekisi üzerinde kurulmuş olan Hakemi Use, Salat Camii Yanı, Aşağı Salat ve Gre Abdurrahman höyüklerinde kurulmuş olan Geç Asur ve Orta ağ yerleşmelerinin de önceki yerleşme evrelerine benzer şekilde iklimin soğuk olduğu (2.7 binyıl olayı ve Küçük Buz ağı, Alley, 2000) ve akarsuların yatağını kazdığı sırasında gerçekleştiğini göstermektedir.

Tüm bu veriler tıpkı Fırat Nehri gibi, Dicle Nehri'nin de soğuk-kurak dönemlerde yatağını kazdığını ve sıcak dönemlerde taşkın frekansının artmasıyla birlikte vadi tabanında

alüvyon biriktirdiğini göstermektedir. Yükseltisi 2000 m'yi aşan Güneydoğu Toros Dağları'na düşen yağış miktarı ve kar örtüsünün erime hızının Dicle Nehri'nin akımı veya taşkınları üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Özellikle yaz sıcaklıklarında meydana gelen dönemsel bir artış kar erimelerini hızlandırıp taşkınlara yol açacağı gibi, yaz sıcaklıklarındaki düşme hem kar erime hızını, hem de buharlaşmayı azaltarak görece daha düzenli bir akış rejiminin oluşmasına yol açabilir. Bu durum, sıcak evrelerde eğimi fazla olan akarsularda taşkınlara yol açan kuvvetli bahar akışlarına ve bol sediman taşınmasına yol açarken, soğuk evrelerde görece stabil veya yatağını derine kazma eğiliminde olan akarsuları destekler. Dolayısıyla, soğuk evrelerde Dicle vadisinde azalan buharlaşma, yaklaşık olarak aynı kalan yağış, akımın görece daha düzenli olmasını ve artan akıma oranla azalan sediman girdisine yol açarak vadi tabanında kazılmayı tetiklemiş olabilir (Doğan, 2010, 2011). Örneğin 8.2 bin yıl iklim olayı ile ilgili olarak Türkiye'de yapılmış çalışmaların çoğunda bu dönemin soğuk kurak olduğu belirlenmiş (Göktürk vd., 2011; Meibach vd., 2016) olmakla birlikte, Çatalhöyük'te yapılmış olan bir çalışmada yaz buharlaşmasının düşük olduğu, kış yağışının yaklaşık olarak aynı kaldığı, dolayısıyla da mevsimselliğin azaldığı gösterilmiştir (Lewis vd., 2016).

5. SONUÇ

Bismil ve Batman arasında Dicle Nehri ve kollarının Genç Dryas ve Holosen'deki soğuk iklim döngülerinde yataklarını görece kazdıkları, sıcak iklim döngülerinde ise biriktirme yaptıkları sonucuna varılmıştır. 5-7 m sekileri üzerinde, aynı veya farklı zamanlarda kurulmuş olan arkeolojik yerleşmelerin kurulma ve terk edilme zamanlarının büyük bir kısmının akarsuların iklim döngülerine tepkisiyle ilişkili olabileceği sonucuna varılmıştır. Yerleşme zamanları Genç Dryas ve Holosen'deki soğuk iklim döngülerindeki seki oluşma ve/veya vadi tabanındaki derine kazılma sürecine denk gelirken, yerleşmenin terk edilme zamanlarının sıcak evrelerde vadi tabanında alüvyon biriktiği, yatağın genişlediği ve dolayısıyla taşkın evrelerine denk geldiği anlaşılmaktadır. Bu duruma bağlı olarak yerleşmelerin nehrin yatağını derine kazma dönemlerinde vadi

tabanlarına indiği, biriktirme dönemlerinde ise görece yüksek sahalara çekildiği veya başka sahalara göç ettiği düşünülmektedir.

KATKI BELİRTME

Tablo 1'de gösterilmiş olan arkeolojik dönemler ve kültürel evreler çizelgesindeki katkıları için Eyyüp AY'a ve makalenin hazırlanması sırasındaki katkıları nedeniyle Halil TEKİN'e teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Akçay, A. (2017). A Late Uruk-Early Bronze Age Transitional Period Cemetery In The Upper Tigris Region: Aşağı Salat. OLBA XXV, 49-90. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/olba/issue/47138/593122>
- Alley, R. B., Ágúsdóttir, A. M. (2005). The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climate change. *Quaternary Science Reviews* 24, 1123-49. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.12.004>
- Alley, R. B., Mayewski, P. A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K. C., Clark, P. U. (1997). Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology* 25, 483-486.
- Alley, R.B. (2000). Gisp 2 ice core temperature and accumulation data. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series 2004-013, NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO-USA: <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/2475>.
- Ariztegui, D., Asioli, A., Lowe, J. J., Trincardi, F., Vigliotti, L., Tamburini, F., Chondrogianni, C., Accorsi, C. A., Bandini Mazzanti, M., Mercuri, A. M., van der Kaars, S., McKenzie, J. A., Oldfield, F. (2000). Palaeoclimate and the formation of sapropel S1: inferences from Late Quaternary lacustrine and marine sequences in the central Mediterranean region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 158, 215-40. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00051-1](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00051-1)
- Ay, E. (2002). 2000 Yılı Müslüman Tepe (Sahintepe) Kazısı. Tuna, N., Velibeyoğlu, J. (Eds.), Salvage Project of the Archaeological Heritage of the Ilisu-Carchemish Dam Reservoirs Activities in 2000. ODTÜ, s. 491-515, Ankara.
- Ay, E. (2021). A Hurrian-Mitanni Temple in Müslüman Tepe in The Upper Tigris and New Findings. *Gaziantep University Journal of Social Sciences* 20(2), 338-361. <https://doi.org/10.21547/jss.800086>

- Ay, E., Ay, A., Tarhan, Ç. M. (2013). Müslüman Tepe kazıları 2005-2008. Diyarbakır Müze Müdürlüğü (Ed.) içinde, Ilısu Barajı ve HES projesi arkeolojik kazıları 2004-2008 çalışmaları. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.
- Barber, D. C., Dyke, A., Hillaire-Marcel, C., Jennings, A. E., Andrews, J. T., Kerwin, M. W., Bilodeau, G., McNeely, R., Southon, J., Morehead, M. D., and Gagnon, J. M. (1999). Forcing of the cold event 8200 years ago by catastrophic drainage of Laurentide lakes. *Nature* 400, 344–348. <https://www.nature.com/articles/22504>
- Bartl, P.V. (2012). Giricano and Ziyaret Tepe: Two Middle Bronze Age Sites in the Upper Tigris Region. *Studien zur Urbanisierung Nordmesopotamiens, Serie D Supplementa* Herausgegeben von Peter Pfälzner, Band 1, ss. 191. Harrassowitz Verlag, Wiesbaden. https://www.academia.edu/1511265/Giricano_a_nd_Ziyaret_Tepe_Two_Middle_Bronze_Age_sites_in_the_Upper_Tigris_Region
- Benito, G., Macklin, M.G., Zielhofer, C., Jones, A.F., Machado, M.J. (2015). Holocene flooding and climate change in the Mediterranean. *Catena* 130, 13-33. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.11.014>
- Benz, M., Coşkun, A., Hajdas, I., Deckers, K., Riehl, S., Weninger, B., Özkaya, V. (2012). Methodological Implications Of New Radiocarbon Dates From The Early Holocene Site Of Körtik Tepe, Southeast Anatolia. *Proceedings of the 6th International Radiocarbon and Archaeology Symposium*, edited by Boaretto, E., ve Rebollo Franco, N. R., *RADIOCARBON* 54 (3-4), 291-304. <https://doi.org/10.1017/S0033822200047081>
- Benz, M., Coşkun, A., Weninger, B., Kurt, W.A., Özkaya, V. (2010). Stratigraphy and radiocarbon dates of the PPNA of Körtik Tepe, Diyarbakır. 26. Arkeometri Sonuçları Toplantısı s. 81-100, İstanbul. https://www.researchgate.net/publication/236855421_Stratigraphy_and_radiocarbon_dates_of_the_PPNA_site_of_Kortik_Tepe_Diyarbakir
- Berger, J.-F., Delhon, C., Magnin, F., Bonte, S., Peyric, D., Thiebault, S., Guilbert, R., Beeching, A. (2016a). A fluvial record of the mid-Holocene rapid climatic changes in the middle Rhone valley (Espeluche-Lalo, France) and of their impact on Late Mesolithic and Early Neolithic societies. *Quatern. Sci. Rev.* 136, 66–84. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.11.019>
- Berger, J-F., Lespez, L., Kuzucuoğlu, C., Glais, A., Hourani, F., Barra, A., Guilaine, J. (2016b). Interactions between climate change and human activities during the early to mid-Holocene in the eastern Mediterranean basins. *Clim. Past*, 12, 1847–1877. <https://doi.org/10.5194/cp-12-1847-2016>, 2016.
- Bini, M., Zanchetta, G., Oiu, A.P., Cartier, R., Català, A. vd., (2018). The 4.2 ka BP event in the Mediterranean Region: an overview. *Climate of the Past* 15, 555–577. <https://doi.org/10.5194/cp-15-555-2019>, 2019.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I., Bonani, G. (1997). A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates. *Science* 278, 1257-1266. DOI: [10.1126/science.278.5341.1257](https://doi.org/10.1126/science.278.5341.1257)
- Burbank, D.W. and Anderson, R.S. (2001). *Tectonic geomorphology*. Oxford: Blackwell Science, 247.
- Courty, M-A. (1994). Le Cadre paléogéographique des occupations humaines dans le bassin du Haut-Khabur (Syrie du Nord-Est). *Premiers résultats. Paléorient* 20(1), 21-59. <https://www.jstor.org/stable/41492566>
- Cullen, H. M., deMenocal, P. B., Hemming, S., Hemming, G., Brown, F. H., Guilderson, T., Sirocko, F. (2000). Climate change and the collapse of the Akkadian Empire; evidence from the deep sea. *Geology*, 28(4), 379–382. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28<379:CCATCO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28<379:CCATCO>2.0.CO;2)
- Dean, J.R., Jones, M.D., Leng, M.J., Noble, S.R., Metcalfe, S.E., Sloane, H.J., Sahy, D., Eastwood, W.J., Roberts, C.N. (2015). Eastern Mediterranean hydroclimate over the late glacial and Holocene, reconstructed from the sediments of Nar lake, central Turkey, using stable isotopes and carbonate mineralogy. *Quaternary Science Reviews* 124, 162–74. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.023>
- Depreux, B., Berger, J-F., Lefèvre, D., Wackenheim, Q., Andrieu Poneil, V., Vinai, S., Degeai, J-P., El Harradji, A., Boudad, L., Sanz Laliberté, S., Michel, K., Limondin Lozouet, N. (2022). First fluvial archive of the 8.2 and 7.6–7.3 ka events in North Africa (Charef River, High Plateaus, NE Morocco). *Scientific Reports* 12:7710 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11353-y>
- Doğan, U. (2005). Holocene fluvial development of the Upper Tigris Valley (Southeastern Turkey) as documented by archaeological data. *Quaternary International* 129 (2005) 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2004.04.008>
- Doğan, U. (2010). Fluvial response to climate change during and after the Last Glacial Maximum in Central Anatolia, Turkey. *Quaternary International* 222, 221-229. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.08.004>
- Doğan, U. (2011). Climate-controlled river terrace formation in the Kızılırmak Valley, Cappadocia

- section, Turkey: Inferred from Ar–Ar dating of Quaternary basalts and terraces stratigraphy. *Geomorphology* 126, 66–81. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.10.028>
- Doğan, U. (2018). Jeoarkeoloji: Aşıklı Hyk rneği. *Jeomorfololi Derneği Blteni* 1, 8–18. <http://jd.org.tr/tr/icerik/b-lten>
- Ebbesen, H., Kuijpers, A., Moros, M., Lloyd, J., Seidenkrantz, M.-S., Troelstra, S. (2008). The 8.2 ka cooling event related to extensive melting of the Greenland Ice Sheet. *Climate of the Past Discussions* 4, 1219–1235. <https://doi.org/10.5194/cpd-4-1219-2008>
- Fleitmann, D., Mudelsee, M., Burns, S. J., Bradley, R. S., Kramers, J., Matter, A. (2008). Evidence for a widespread climatic anomaly at around 9.2ka before present, *Paleoceanography*, 23, 1–6. <https://doi.org/10.1029/2007PA001519>
- Geraga, M., Ioakim, Chr., Lykousis, V., Tsaila-Monopolis, St., Mylona, G. (2010). The high-resolution palaeoclimatic and palaeoceanographic history of the last 24,000 years in the central Aegean Sea, Greece. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 287, 101–15. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.01.023>
- Göktürk, O. M., Fleitmann, D., Badertscher, S., Cheng, H., Edwards, R. L., Leuenberger, M., Fankhauser, A., Tüysüz, O., Kramers, J. (2011). Climate on the southern Black Sea coast during the Holocene: implications from the Sofular Cave record, *Quaternary Sci. Rev.*, 30, 2433–2445. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.05.007>
- Hoffmann, T., Lang, A., Dikau, R. (2008). Holocene river activity: Analysing 14C-dated fluvial and colluvial sediments from Germany. *Quatern. Sci. Rev.* 27, 2031–2040. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.014>
- Ivy-Ochs, S., Kerschner, H., Maisch, M., Christl, M., Kubik, P.W., Schlchter, C. (2009). Latest Pleistocene and Holocene glacier variations in the European Alps. *Quaternary Science Reviews* 28 (21-22), 2137-2149. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.03.009>
- Johnsen, S. J., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N., Steffensen, J. P., Clausen, H. B., Miller, H., Masson-Delmotte, V., Sveinbjornsdottir, A. E., White, J. (2001). Oxygen isotope and palaeotemperature records from six Greenland ice-core stations: Camp century, Dye-3, GRIP, GISP2, Renland and NorthGRIP. *Journal of Quaternary Science* 16, 299–307. <https://doi.org/10.1002/jqs.622>
- Karadoğan, S., Kuzucuoğlu, C., Dumoulin, J-P. (2019). Diyarbakır Kenti Civarında Taraça Kayıtlarına Göre Son Buzul Maksimumundan Beri Dicle Nehri Vadisinin Jeomorfolojik Evriminin Kronolojisi. *Researcher: Social Science Studies* 7(2), 177-184. [DOI:10.29228/rssstudies.13257](https://doi.org/10.29228/rssstudies.13257)
- Karg, N. (2002). “2000 Yılı Gredimse (Ilisu) Kazı alışmaları.” N. Tuna ve J. Velibeyoğlu (eds). *Ilisu ve Karkamış Baraj Glleri Altında Kalacak Arkeolojik ve Kültür Varlıklarını Kurtarma Projesi 2000 Yılı alışmaları*. Ankara: 699-722.
- Kartal M., Kartal G., Coşkun A., Carter T., şahin F., zkaya V. (2018). Chipped stone assemblages of Körtik Tepe (Turkey). *Journal of Archaeological Science: Reports* 19, 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.02.017>
- Kasse, C., van Balen, R.T., Bohncke, S.J.P., Wallinga, J., Vreugdenhil, M. (2017). Climate and base-level controlled fluvial system change and incision during the last glacial–interglacial transition, Roer river, the Netherlands– western Germany. *Geologie en Mijnbouw* 96 (2), 71–92. <https://doi.org/10.1017/njg.2016.50>
- Klitgaard-Kristensen, D., Sejrup, H. P., Hafliğason, H., Johnsen, S., Spurk, M. (1998). A regional 8200 cal. yr BP cooling event in northwest Europe, induced by final stages of the Laurentide ice-sheet deglaciation? *Journal of Quaternary Science* 13, 165–169. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1417\(199803/04\)13:2<165::AID-JQS365>3.0.CO;2-%23](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1417(199803/04)13:2<165::AID-JQS365>3.0.CO;2-%23)
- Kotthoff, U., Pross, J., Mller, U. C., Peyron, O., Schmiel, G., Schulz, H., Bordon, A. (2008). Climate dynamics in the borderlands of the Aegean Sea during formation of sapropel S1 deduced from a marine pollen record. *Quaternary Science Reviews* 27, 832–45. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.12.001>
- Kozbe, G., ğtle, İ., İşler, S. (2008). Kavuşan Hyk Kazısı, 2007. 30. Kazı Sonuçları Toplantısı 2. Cilt, s. 199-216, Ankara.
- Kuzucuoğlu, C. (2002). Preliminary observation on the Tigris Valley terraces between Bismil and Batman. In: Tuna, N., Velibeyoğlu, J. (Eds.), *Salvage Project of the Archaeological Heritage of the Ilisu-Carchemish Dam Reservoirs Activities in 2000*. METU, pp. 759–771, Ankara.
- Kuzucuoğlu, C., Dumoulin, J-P., Saulnier-Copard, S. (2018). Geomorphological and Palaeoenvironmental Setting of Aşıklı Hyk. zbaşaran. M., Duru, G., Stiner, M., *The Early Settlement at Aşıklı Hyk. Essays in Honor of Ufuk Esin*, Ege Yayınları, pp.15-42, 978-605-9680-83-7. <https://paris1.hal.science/hal-03939316>
- Kuzucuoğlu, C., Michel, F., Damase, M. (2004). Holocene terraces in the Middle Euphrates Valley, between Halfeti and Karkemish

- (Gaziantep, Turkey) [Terrasses holocènes dans la moyenne vallée de l'Euphrate entre Halfeti et Karkemish (Gaziantep, Turquie)]. In: Quaternaire, vol. 15, n°1-2, 2004. Fluvial Archives Group. Clermond-Ferrant 2002. pp. 195-206; doi: <https://doi.org/10.3406/quate.2004.1767>
- Laneri, N. (2010). Hirbemerdon Tepe Arkeoloji Projesi 2009. 32. Kazı Sonuçları Toplantısı 4. Cilt s.65-75, İstanbul.
- Laneri, N., Schwartz, M., Ur, J., D'agostino, A., Berthon, R., Hald, M.M., Marsh, A. (2015). Ritual and Identity in Rural Mesopotamia: Hirbemerdon Tepe and the Upper Tigris River Valley in the Middle Bronze Age. *American Journal of Archaeology* 119 (4), 533–64. <https://doi.org/10.3764/aja.119.4.0533>
- Leverington, D. W., Mann, J. D., Teller, J. T. (2002). Changes in the bathymetry and volume of glacial Lake Agassiz between 9200 and 7700 14C yr BP. *Quaternary Research* 57, 244–252. <https://doi.org/10.1006/qres.2001.2311>
- Lewis, J.P., Leng, M.J., Dean, J.R., Marciniak, A., Bar-Yosef-Mayer, D.E., Wu, X. (2016). Early Holocene palaeoseasonality inferred from the stable isotope composition of *Unio* shells from Çatalhöyük, Turkey. *Environmental Archaeology*, DOI:10.1080/14614103.2015.1116216
- Macklin, M.G., Jones, A.F., Lewin, J. (2010). River response to rapid Holocene environmental change: evidence and explanation in British catchments. *Quaternary Science Reviews* 29, 1555–1576. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.06.010>
- Macklin, M.G., Lewin, J. (2003). River sediments, great floods and centennial-scale Holocene climate change. *Journal of Quaternary Science* 18, 101–105. <https://doi.org/10.1002/jqs.751>
- Matney, T., Greenfield, T., Köroğlu, K., Macginnis, J., Proctor, L., Rosenzweig, M., Wicke, D. (2015). Excavations at Ziyaret Tepe, Diyarbakır Province, Turkey, 2011-2014 Seasons. *Anatolica* XLI, 125-176. DOI: 10.2143/ANA.41.0.3127291
- Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Stager, J.C., Karle, N.W., Maascha, K.A., vd. (2004). Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62, 243–255. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2004.07.001>
- Miebach, A., Nienstrath, P., Roeser, P., Litt, T. (2016). Impacts of climate and humans on the vegetation in northwestern Turkey: palynological insights from Lake İznik since the Last Glacial. *Clim. Past*, 12, 575–593. <https://doi.org/10.5194/cp-12-575-2016>
- Miyake, Y. (2010). 2009 Salat Camii Yanı Kazıları (Diyarbakır İli, Bismil İlçesi). 32. Kazı Sonuçları Toplantısı 2. Cilt, s.282-293, İstanbul.
- Ökse, A., T., Görmüş, A., Koızumı, T., Yaşın-Meier, D., Soyukaya, N. (2011). Ilısu Barajı - Salat Tepe 2010 Yılı Kazısı. 33. Kazı Sonuçları Toplantısı 1. Cilt, s.173-188, Malatya.
- Ökse, A.T., Görmüş, A., İnal, N. (2006). Ilısu Barajı - Salat Tepe 2005 Yılı Kurtarma Kazısı. 28. Kazı Sonuçları Toplantısı 1. Cilt, s. 51-64, Çanakkale.
- Özkaya, V., Coşkun, A., Şahin, F.S. (2011). Gre Abdurrahman 2010 Yılı Kazısı. 33. Kazı Sonuçları Toplantısı 1. Cilt s.295-314, Malatya.
- Parker, B. J., Foster, C. P., Nicoll, K., Kennedy, J. R., Graham, P., Smith, A., Hopwood, D. E., Hopwood, M., Butler, K., Healey, E., Uzel, M. B., Jensen, R. (2009). The Upper Tigris Archaeological Research Project (UTARP): A Preliminary Report from the 2007 and 2008 Field Seasons at Kenan Tepe. *Anatolica* 35, 85-152. DOI: [10.2143/ANA.35.0.2038073](https://doi.org/10.2143/ANA.35.0.2038073)
- Pross, J., Kotthoff, U., Müller, U. C., Peyron, O., Dormoy, I., Schmiedl, G., Kalaitzidis, S., Smith, A.M. (2009). Massive perturbation in terrestrial ecosystems of the Eastern Mediterranean region associated with the 8.2 kyr B.P. climatic event. *Geology* 37, 887–90. <https://doi.org/10.1130/G25739A.1>
- Rasmussen, S.O., Andersen, K.K., Svensson, A.M., Steffensen, J.P., Vinther, B.M., Clausen, H.B., Siggaard-Andersen, M.-L., Johnsen, S.J., Larsen, L.B., Dahl-Jensen, D., vd. (2006). A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *J. Geophys. Res.* 111, 1–16. <https://doi.org/10.1029/2005JD006079>
- Risebrobakken, B., Jansen, E., Andersson, C., Mjelde, E., Hevrøy, K. (2003). A high-resolution study of Holocene paleoclimatic and paleoceanographic changes in the Nordic Seas. *Paleoceanography* 18, 1–14. <https://doi.org/10.1029/2002PA000764>
- Rohling, E.J., Mayewski, P.A., Abu-Zied, R.H., Casford, J.S.L., Hayes, A. (2002). Holocene atmosphere-ocean interactions records from Greenland and the Aegean Sea. *Climate Dynamics* 18, 587–93. <https://doi.org/10.1007/s00382-001-0194-8>
- Rohling, E.J., Palike, H. (2005). Centennial-scale climate cooling with a sudden cold event around 8,200 years ago. *Nature* 434, 975–979. <https://www.nature.com/articles/nature03421>
- Rosen, A.M. (1997). The geoarchaeology of Holocene environments and land use at Kazane Höyük, SE Turkey. *Geoarchaeology* 12, 395-416. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6548\(199707\)12:4<395::AID-GEA6>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6548(199707)12:4<395::AID-GEA6>3.0.CO;2-W)
- Rosen, A.M. (1998). Early to Mid-Holocene Environmental Changes and Their Impact on Human Communities in Southeastern Anatolia. In: Issar, A.S., Brown, N. (eds) *Water, Environment*

- and Society in Times of Climatic Change. Water Science and Technology Library, vol 31. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3659-6_10
- Schachner, A. (2002). 2000 Yılı Giricano Kazıları Ön Raporu. N. Tuna - J. Velibeyoğlu (eds), Salvage Project of the Archaeological Heritage of the Ilisu and Carchemish Dam Reservoirs, Activities in 2000, s.549-611, Ankara.
- Schachner, A., Schachner, S. (2002). 2000–2001 Yılı Gricano Kazıları, 24. Kazı Sonuçları Toplantısı, s. 447-460, Ankara.
- Schumm S. A., Dumont J., Holbrook J. M. (2000). Active Tectonics and Alluvial Rivers. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tebbens, L.A., Veldkamp, A., Westerhoff, W., Kroonenberg, S.B. (1999). Fluvial incision and channel downcutting as a response to Lateglacial and Early Holocene climate change: the lower reach of the River Meuse, The Netherlands. *Journal of Quaternary Science* 14, 59–75. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1417\(199902\)14:1<59::AID-JQS408>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1417(199902)14:1<59::AID-JQS408>3.0.CO;2-Z)
- Tekin, H. (2007). Hakemi Use (Diyarbakır) 2006 Yılı Kazıları. 29. Kazı Sonuçları Toplantısı 1. Cilt, s. 1-10, Kocaeli.
- Tekin, H. (2009). Hakemi Use 2008 Yılı Kazılarında Keřfedilen Geç Assur Dönemi Mezarları. *Edebiyat Fakóltesi Dergisi* 26 (2), 193-211. https://dergipark.org.tr/tr/pub/huefd/issue/41209/506241#article_cite
- Tekin, H. (2010). Diyarbakır'da Yeni Bir Halaf Yerleşimi: Karavelyan (Hınıka) 2009 Yılı Kazıları. 32. Kazı Sonuçları Toplantısı 2. Cilt, s.350-36, İstanbul.
- Tekin, H. (2020). Hakemi Use Excavations Within The Ilisu Project. *Antolia* 46, 147-165. <https://doi.org/10.36891/antolia.702456>.
- Teller, J. T., Leverington, D. W., Mann, J. D. (2002). Freshwater out bursts to the oceans from glacial Lake Agassiz and their role in climate change during the last deglaciation. *Quaternary Sci. Rev.* 21, 879–887. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(01\)00145-7](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(01)00145-7)
- Thomas, E. R., Wolff, E. W., Mulvaney, R., Steffensen, J. P., Johnsen, S. J., Arrowsmith, C., White, J. W. C., Vaughn, B., Popp, T. (2007). The 8.2 ka event from Greenland ice cores. *Quaternary Science Reviews* 26,70–81. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.07.017>
- Thorndycraft, V.R., Benito, G. (2006). The Holocene fluvial chronology of Spain: evidence from a newly compiled radiocarbon database. *Quaternary Science Reviews* 25, 223–234. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.07.003>
- Van der Plicht, J., Akkermans, P.M.M.G., Nieuwenhuysse, O., Kaneda, A, Russell, A. (2011). Tell Sabı Abyad, Syria: Radiocarbon Chronology, Cultural Change, And The 8.2 Ka Event. *RADIOCARBON* 53(2), 229–243. <https://doi.org/10.1017/S0033822200056514>
- Vincent, P. J., Lord, T. C., Telfer, M. W., Wilson, P. (2010). Early Holocene loessic colluviation in northwest England: new evidence for the 8.2ka event in the terrestrial record? *Boreas*, <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2010.00172.x>
- Von Suchodoletz, H., Gartner, A., Zielhofer, C., Faust, D. (2018). Eemian and post-Eemian fluvial dynamics in the Lesser Caucasus. *Quaternary Science Reviews* 191, 189-203. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.05.012>
- Weiss, H., Courty, M. A., Wetterstrom, W., Guichard, F., Senior, L., Meadow, R. A., Curnow, A. (1993). The genesis and collapse of third millennium north Mesopotamian civilization. *Science*, 261, 995-1004. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.261.5124.995>
- Wenninger, B., Alram-Stern, E., Bauer, E., Clare, L., Danzeglocke, U., Joris, O., Kubatzki, C., Rollefson, G., Todorov, H., van Andel, T. (2006). Climate forcing due to the 8200 cal yr BP event observed at Early Neolithic sites in eastern Mediterranean. *Quaternary Research* 66, 401–20. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2006.06.009>
- Wilkinson, T.J. (1999). Holocene valley fills of Southern Turkey and Northwestern Syria: recent geoarchaeological contributions. *Quaternary Science Reviews* 18, 555–571. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(98\)00097-3](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(98)00097-3)
- Zanchetta, G., Regattieri, E., Isola, I., Drysdale, R.N., Bini, M., Baneschi, I., Hellstrom, J.C. (2016). The so-called “4.2 event” in the central Mediterranean and its climatic teleconnections. *Alpine and Mediterranean Quaternary* 29, 5 – 17. <https://amq.aiqua.it/index.php/amq/article/view/91>



Araştırma Makalesi / Research Article

EVALUATION OF POTENTIAL FLOOD AREAS IN THE BASIN OF LAKE LADİK THROUGH AHP AND GIS INTEGRATION, (SAMSUN, TÜRKİYE)

Ladik Gölü Havzası'ndaki Potansiyel Taşkın Alanlarının AHP ve CBS Entegrasyonu ile Değerlendirilmesi (Samsun, Türkiye)

Fatih OCAK^a, Muhammet BAHADIR^b

^a Samsun Üniversitesi, Kavak Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama, Samsun

fatih.ocak@samsun.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-1088-3762>

^b Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya, Samsun

muhammet.bahadir@omu.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0001-5068-4250>

Makale Tarihi

Geliş 10 Temmuz 2024

Kabul 12 Eylül 2024

Article History

Received 10 July 2024

Accepted 12 September 2024

Anahtar Kelimeler

Taşkın, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Ladik Gölü Havzası, Samsun

Keywords

Flood, Analytical Hierarchy Process (AHP), Geographic Information Systems (GIS), Basin of Lake Ladik, Samsun

Atıf Bilgisi / Citation Info

Ocak, F. & Bahadır, M. (2024)

Evaluation of Potential Flood Areas in the Basin of Lake Ladik through AHP and GIS Integration, (Samsun, Türkiye), Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2024 (13): 71-93.

doi: 10.46453/jader.1513212

ÖZET

Taşkınlar küresel ölçekte birçok ülkenin sorunudur. Türkiye'de özellikle yaz aylarında Karadeniz Bölgesi kıyı kuşağında büyük taşkınlar meydana gelmektedir. Yaşanılan taşkınların sayısı ve tahrip etme güçleri her geçen gün artmaktadır. Taşkınların oluşumunu engellemek mümkün değildir. Ancak bir afet karakterine dönüşmesini engellemek için gerekli önlemleri almak mümkündür. Taşkın ve benzeri doğal afetler için son zamanlarda duyarlılık analizleri gerçekleştirilmekte ve sonuçları karar vericilere yardımcı olmaktadır. Bu çalışma kapsamında Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Samsun iline bağlı Ladik Gölü Havzası'nda birden çok coğrafi faktörün bir arada kullanılmasıyla taşkın duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanılmıştır. Bu kapsamda dokuz (9) farklı coğrafi faktör (eğim, bakı, litoloji, toprak, havza boyutu, arazi kullanımı, yeryüzü şekilleri, yağış ve drenaj yoğunluğu) kullanılarak havzanın taşkın duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda taşkın için düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört (4) farklı düzey belirlenmiş ve havzanın %36,77'si düşük, %30,03'ü orta, %11,43'ü yüksek ve %21,77'si çok yüksek düzeyde gerçekleşmesi muhtemel taşkınlara karşı duyarlı çıkmıştır. Ayrıca elde edilen taşkın duyarlılığı sonuçları ile daha öncesinde yaşanmış olan taşkın olaylarının karşılaştırılması yapılmıştır. Böylece analiz sonuçları ile doğal gerçeklik korele edilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında ise sahada taşkın afeti öncesinde alınması gereken önlemler ve risk yönetimine yönelik yaklaşımlar sunulmuştur.

ABSTRACT

Floods are a problem in many countries on a global scale. In Turkey, especially in the summer months, large floods occur in the Black Sea Region coastal belt. The number and the destructive power of experienced floods are increasing day by day. It is not possible to prevent the occurrence of floods. But it is possible to take the necessary measures to prevent it from turning into a disaster. Recently, susceptibility analyses have been carried out for floods and similar natural disasters and the results help decision-makers. Within the scope of this study, flood susceptibility analysis was carried out by using multiple geographical factors together in the Basin of Lake Ladik of Samsun Province in the Black Sea Region. In the study, Analytical Hierarchy Process (AHP), Geographic Information Systems (GIS), and Remote Sensing (RS) techniques were used, which are multi-criteria decision-making methods. In this context, flood susceptibility analysis of the basin was carried out by using nine (9) different geographical factors (slope, aspect, lithology, soil, basin size, land cover, landforms, precipitation, and drainage density). As a result of the study, for floods, there were identified four (4) different levels as low, medium, high, and very high; 36.77% of the basin was found to be low, 30.03% was medium, 11.43% was high and 21.77% was found to be susceptible to possible floods at a very high level. The results of the study are also important for decision-makers make in flood risk planning.

1. INTRODUCTION

In the last few decades, natural disasters such as climate change, floods and flash floods, earthquakes, tsunamis, typhoons, volcanic eruptions, and landslides due to the negative effects of anthropogenic activities have caused serious losses of life and property all over the world (Parker et al., 2007; Gashaw & Legesse, 2011; Stefanidis & Stathis, 2013; Singh et al., 2020; De Risi et al., 2022; Singh et al., 2020). The increase in natural disasters has revealed the necessity of examining disasters separately, taking different measures according to their type, and improving existing disaster prevention studies. Especially in natural disaster management studies, where a holistic approach is exhibited, this distinction becomes important in terms of evaluating natural disasters within themselves.

While various natural disasters with different effects occur in different places around the world; among these natural disasters, floods cause the most destruction, and loss of life and property after earthquakes. According to the International Emergency Events Database (EMDAT), 2023 data managed by the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 399 natural disasters occurred, 86,473 people lost their lives and 93.1 million people were affected globally. In 2023, 41% of these disasters (164) were floods. After the flood disaster, 5,022 people lost their lives and 22.1 million people were affected. Again, according to CRED's 2023 disaster report, 2,970 people lost their lives in the Democratic Republic of Congo because of floods and landslides caused by heavy rains in South Kivu province in May. Floods in northeast Nigeria in October killed 275 people. In January, 52 people were killed and 2.1 million people were affected by floods and landslides across the country in the Philippines. Monsoon rains between April and July caused floods in Pakistan and India, killing at least 1,529 people and affecting 10.2 million people in India between June and September. In addition to these disasters, Yemen experienced a long and intense period of rainfall between March and September, during which 248 people lost their lives. In Guatemala, 78 people lost their lives because of floods and landslides. The floods that occurred in the Emilia-Romagna

region of Europe in May were among the costliest floods of 2023 with an economic loss of US\$ 9.8 billion, in addition to claiming the lives of 15 people (CRED, 2023).

In the last few decades, natural disasters have increased significantly for reasons such as the degradation of the natural balance of geography, especially for anthropogenic reasons, the increase in precipitation, and the occurrence of sudden downpours due to climate change and the temperatures reaching higher averages every year. Floods are one of the most destructive natural disasters that occur all over the world and the extent of the damages they cause is great and should be controlled with appropriate management activities (Köroğlu & Akıncı, 2023). Floods are one of the natural disasters encountered both in the world and in our country and their destructive effects are quite high. According to 2023 EMDAT data, it is the most common disaster in the world and has affected more than 22 million people (CRED, 2023). The fact that the effects of floods are so great is mostly related to the fact that they occur in people's living areas (Dilley et al., 2005). The ever-increasing population around the world has led to the shrinking of people's living spaces, which in turn has caused people to concentrate in certain areas, and these areas are mostly floodplains and river valleys close to water (Utlu, 2023). Again, people have preferred to build settlements along the banks of rivers in the historical process due to the fertile and rich biodiversity of the riverbanks (Girayhan, 2015). In addition to wrong location choices, the increasing pressure of people on the natural environment due to population growth, and mistakes in land cover make new settlements established without engineering measures more resistant to possible floods.

While it is not possible to prevent natural disasters from occurring, it is possible to keep their effects to a minimum. The best example of this situation is floods, which can be predicted for a certain period. Floods are one of the natural disasters whose damages can be reduced, if necessary, measures are taken (Köroğlu & Akıncı, 2023). In cases where there is healthy meteorological data and infrastructure, the impact of floods can be

minimized. However, a positive approach and a specific system are needed to combat natural events such as floods or flash floods (Ballesteros-Cánovas et al., 2013; Hong et al., 2018). From this point of view, it is an extremely important approach to address the susceptibility assessment of floods with spatial data and within a certain system. One of the frequently used methods for flood management and disaster preparedness is to simulate floods based on experimental or computer models and to take various measures according to the results obtained (Uysal & Taşçı, 2023). Among these methods, hydraulic, hydrological, and morphometric approaches play an important role in preventing floods and reducing damage. These approaches are used to understand and manage the movement, quantity, and impact of water in the natural environment. Hydraulic approaches to flood prevention provide engineering solutions to direct the flow of water, control water levels, and reduce the impact of floods. These solutions include dams, levees, flood weirs, and channels. For example, dam gates can be opened to safely divert water during floods, or dikes can be built to retain water in flood zones. Hydrological approaches enable flood risks to be identified in advance by forecasting rainfall and runoff. This method helps to develop pre-flood warning systems and take preventive measures in areas of high flood risk. For example, by analyzing the annual rainfall in a region, it can be predicted in which periods the risk of flooding will increase, and water management strategies can be implemented in these periods. Morphometric analyses are used to identify areas at risk of flooding. For example, the slope and drainage density of a river basin can affect the flow rate of water and flood potential. These analyses help to determine how vulnerable the basin is to flooding and which areas need more protection. Again, such approaches enable risk planning before natural disasters, to propose solutions to problems that may occur during and after disasters and identify the least vulnerable areas in advance. Such approaches enable risk planning before natural disasters, propose solutions to problems that may occur during and after disasters, and identify the least

susceptible areas in advance. Again, such systematic approaches also help in using the spatial relationship between geographical factors used in susceptibility assessment.

One of the systematic approaches that has an important place in natural disaster susceptibility assessments is the Analytic Hierarchy Process (AHP), which allows multiple factors to be evaluated together and the weight ratios of the factors to be calculated. AHP is one of the most frequently used Multi-Criteria Decision-Making Analysis methods in the literature (Köroğlu & Akıncı, 2023). AHP was first created by Saaty in 1980 (Saaty, 1980) and developed by Saaty and Alexander in 1989 (Saaty & Alexander 1989) and by Saaty and Forman in 1993 (Saaty & Forman 1993), respectively. AHP ensures that there is a mutual correlation between the factors used and that the factors that are important/unimportant relative to each other are expressed with numerical values. AHP is the most preferred multi-criteria decision-making analysis because it is both easy and straightforward to use and provides a simple, uncomplicated correlation between factors. Flood studies often involve complex data and models. AHP simplifies this complexity, allowing decision-makers to reach more easily understandable conclusions. Its hierarchical structure allows the decision process to be followed step by step. With this aspect, it has become a technique used in decision-making throughout the world in flood management and susceptibility studies (Pereira & Duckstein, 1993; Turoğlu & Özdemir, 2005; Turoğlu, 2005; Saaty & Vargas, 2006; Chandran & Joisy, 2009; Thilagavathi et al., 2011, Chiadikobi et al., 2011; Saini & Kaushik, 2012; Özşahin, 2016; Ocak, 2018; Işık et al., 2020; Ocak & Bahadır, 2020; 2021; Ocak et al., 2021a; Ocak et al., 2021b; Arya & Singh, 2021; Göztepe et al., 2022; Özşahin, 2022; Köroğlu & Akıncı, 2023; Fiçıcı, 2024; Köse et al., 2024; Yurteri, 2024). In conclusion, the use of AHP in flood studies is an effective approach to structure complex decision processes, compare different criteria and identify the most appropriate flood management strategies. The AHP method was preferred due to the features and because the study aims to identify areas susceptible to flooding.

Today, in flood studies; in addition to the use of high-resolution satellite images in the detection of water and wetland presence, determination of possible flood areas and modeling of the hydrological behavior of waters (Lin et al., 1997; Horritt et al., 2001; Özdemir, 2007; Sinha et al., 2008), Geographic Information Systems (GIS) have also been among the important tools used to make various plans and develop regional strategies in flood studies for the last few decades (Warner, 2001; Sanjay & Goel, 2002; Gupta & Srivastava, 2010; Patel & Srivastava, 2013; Özşahin, 2016; El-Haddad et al., 2020; Balogun et al., 2020; Swain et al., 2020; Ocağ & Bahadır, 2020; 2021; Oğuz et al., 2022; Tariq et al., 2022; Majeed et al., 2023; Bozdoğan & Canpolat, 2024; Altın et al., 2024). Furthermore, in this type of susceptibility assessment of natural disasters, it is necessary to determine the impact areas and reveal the weight ratios determined for the factors used spatially. This need is met by AHP, which is used to determine the superiority of geographical factors used in many different subjects such as natural disasters susceptibility analysis, determination of the most suitable location, determination of agricultural product potential, obtaining the most suitable agricultural products and determination of discharge points for solid waste storage facilities. As a result of combining the numerical results obtained with AHP with GIS techniques, spatial expression of geographical factors is provided. Thanks to GIS, the susceptibility of a place to flooding can be determined by the flood susceptibility maps produced. Flood susceptibility maps are maps that show the location of flood-prone areas under current anthropogenic activities and environmental and climatic conditions, especially in urban environments (Ouma and Omai, 2023). Flood susceptibility mapping is recognized in the literature as a necessary first step in flood hazard mitigation and flood management (Termeh et al., 2018; Zhao et al., 2020). In this study, the flood susceptibility status of the Basin of Lake Ladik, which is in the Central Black Sea Region of the Black Sea in the north of Türkiye and has a tectonic origin, and the precautions to be taken are emphasized.

1.1. Study Area

The study area is in the central part of the Black Sea Region of Türkiye. The area administratively located within the borders of Samsun province is a lake basin. This basin includes a lot of small streams that take their sources from the masses of the big mountains in the south and have a total length of 118,07 km. Also, the mountains Akdag and Karaömer, which are settled in the south and covered with snow for a long period of the year, cause an increase in the flow rates of these rivers, which are relatively high in number in the basin, during the period when the snow starts to melt. Additionally, the sudden and heavy rains are also one of the important reasons for increasing the flow rates. However, the main reason why floods have been on the agenda in recent years and their numbers are increasing day by day is human intervention (Mohan, 2018; Singh et al., 2020; Singh et al., 2020). Anthropogenic activities carried out not only in the basin of Lake Ladik but also in many different places (changes in land cover and land cover by human intervention, destruction of the forests, concreting of residential areas, etc.) are the main factors triggering the formation of floods. The basin of Lake Ladik with an area of 147.8 km² has increased in the direction of urbanization in recent years (Bahadır & Uzun, 2021). At the same time, this situation has created pressure on the basin in terms of construction. Therefore, the risk of floods affecting this area has started to increase due to anthropogenic effects in the basin. In addition, large areas of agricultural land (31.14%) and alluvial materials (28.76%) in the basin create suitable and risky environments for floods. Especially since alluvial materials are saturated with water, they cause the basin floor to stay underwater during periods of heavy rainfall. In such a case, losses of life and property become unavoidable. At the same time, human beings who cause the recognition of natural disasters within their activities also undertake an important task in terms of performing natural disaster susceptibility analyses and establishing a sustainable system (Singh et al., 2015). Within the scope of this task, people have to take into account the geographical factors of the site to be used in a systematic approach to the

susceptibility assessment for floods. When all these explanations and reasons are considered together, it is aimed to carry out flood susceptibility analysis in the basin of Lake Ladik by using different geographical factors such as slope, aspect, lithology, soil, land cover, drainage density, and to help decision-makers to take precautions by determining the susceptibility classes (Figure 1).

1.2. Flood Characteristics of the Study Area

Natural disasters are increasing day by day around the world. Among these natural disasters, it is the floods that cause the most

loss of life and property after earthquakes. Floods, which have become an important problem on a global scale, occur frequently in Türkiye, especially in summer. According to the disaster records of Türkiye in 2020, 177 of the 905 natural disasters that occurred are floods (Table 1). Türkiye is a country where floods are experienced intensely, especially in the Black Sea Region. Although the floods that occur in our country occur at different times regionally, the common feature of all of them is the large-scale material and moral damage they have caused, especially in the last 5-10 years.

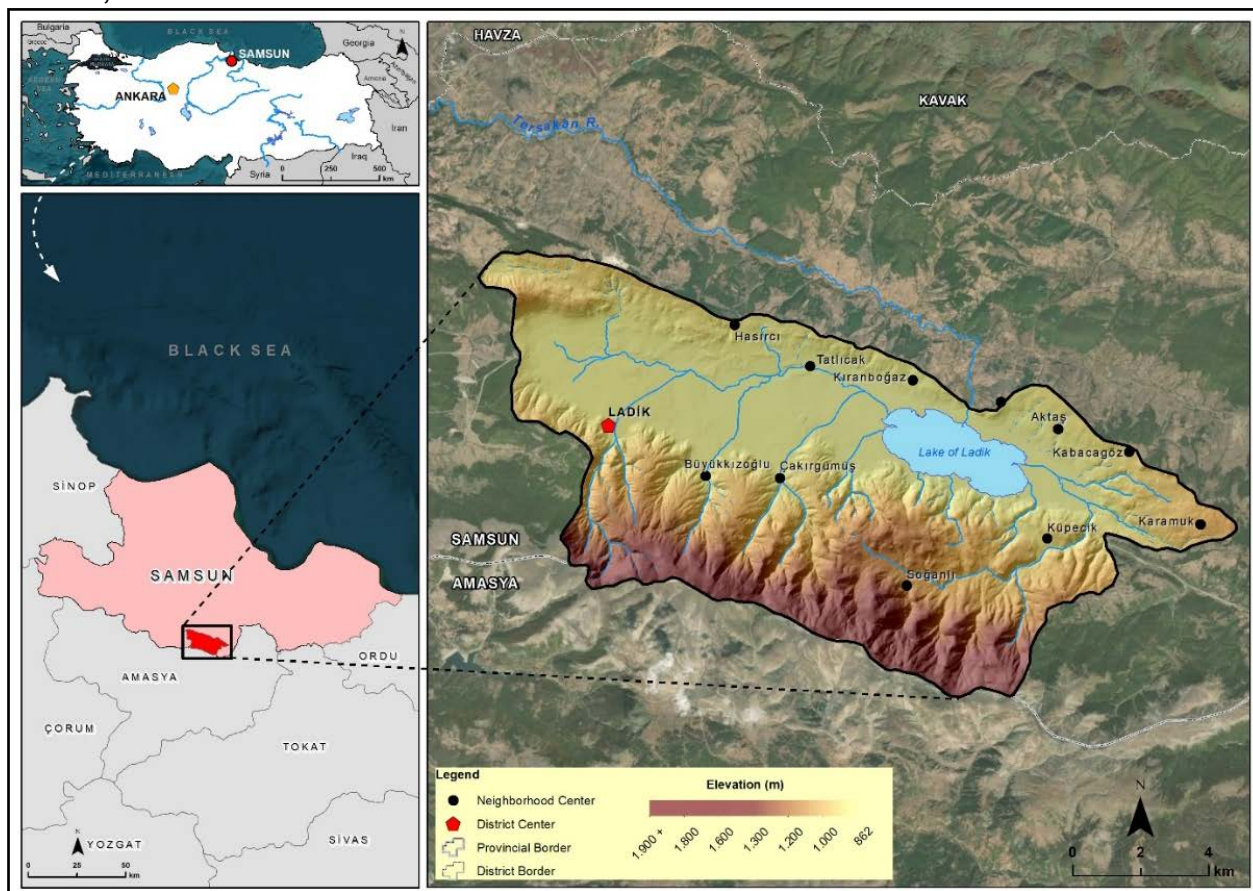


Figure 1: Location map of the study area.

Table 1: Natural events that took place in Türkiye in 2020 (AFAD, 2022; Ocak & Bahadır, 2022).

Natural Events	Number	Percentage (%)
Avalanche	11	1,22
Earthquake	321	35,47
Other (Storm, Hail, etc.)	270	29,83
Landslide	107	11,82
Rockfall	17	1,88
Sinkhole	2	0,22
Flood/Inundation	177	19,56
TOTAL	905	100

Even though in Türkiye the Black Sea Region has an active period in summer in terms of floods, the basin of Lake Ladik remained the quiet area of this active region in the historical process and witnessed a total of two (2) floods, one (1) on June 8th, 1971 (URL-1), and one (1) whose location could not be determined in the 1983-2022 disaster records (Samsun Provincial Directorate of Disaster and Emergency, 2022). No other information has been encountered in the literature regarding this flood, which took place on the Değirmen Stream, which passes through the district center of Ladik. Although the basin of Lake Ladik has a quiet history in terms of flooding, the fact that flood events do not occur/are very rare in a particular region does not mean that the region is completely exempt from flood risk. Factors such as land cover, climate change, urbanization and water management can increase flood risk over time, and therefore continuous assessment and planning is required for each region. Human-induced changes can increase flood risk over time and lead to flooding events in an area that has not previously experienced flooding. Human use of land for agriculture, industry or urban development can alter natural watercourses and drainage systems. Deforestation, agricultural expansion and urbanization increase surface runoff by reducing the soil's capacity to absorb water. This can lead to flooding in areas that have never experienced flooding before. Again, increasing construction and concretization in

urban areas reduces the natural absorption areas of water. Rainwater flows faster on concrete floors, which can cause flash floods. Inadequate infrastructure and drainage systems can also increase flood risk. Climate change can lead to changes in rainfall patterns and intensity. This can lead to sudden and intense rainfall even in areas that were not previously prone to flooding. However, probably, the rivers morphologically overflow from the flat and shallow valley where the slope decreases and the stream spreads to the plain. In addition, during the field investigations, settlements established at the mouth of the short seasonal streams opening into the plain were identified (Figure 2). Considering these two morphological factors, it is estimated that a possible flood in the basin may cause serious problems in these settlements.

The fact that the artificial channel created around the bed of Değirmen Stream, which passes through the district center and flows into Ladik Lake in the rural area, is narrow in the city center (Figure 3A) and wider (Figure 3B) in the rural area, may put the district center where the population is densely at risk in a possible flood (Figure 3). Also, the fact that Değirmen Stream passes through the Ladik district center and its bed is used as a domestic waste discharge channel, and the plants such as reeds formed are not cleaned, seem to be the most basic problems for the overflow of the stream in case of a possible flood (Figure 4A, 4B).



Figure 2: Settlements established at the mouths of streams in the south of the study area.



Figure 3: The channel structure in different parts of the Değirmen Stream, which passes through the district center.



Figure 4: Domestic waste and formed reeds in Değirmen Stream passing through the district center.

2. MATERIAL AND METHODS

The flood susceptibility analysis carried out in the basin of Lake Ladik consists of three different stages (Figure 5); data generation with GIS, field observations and AHP. In the study, firstly, the geographical factors to be used in the analysis were decided, a geographical database was designed with GIS techniques, and data on geographical factors (slope, aspect, lithology, soil, basin area size, land cover, landforms, precipitation, and drainage density) were produced. In this context, the Digital Elevation Model (DEM) is the leading data used in spatial analysis and it is a source for many geographical factors (slope, aspect, elevation, etc.) used in spatial analysis. Due to this strong feature, first, DEM data with a resolution of 10 m of the basin of Lake Ladik was produced from 1/25.000 topography maps with GIS techniques and then used as a base to produce slope, aspect and landform data of the basin. Again, with GIS techniques, lithology data was produced from

1/100,000 scaled geological maps, and soil data were downloaded and simplified via the TAD Portal (Non-Agricultural Authorization and Soil Survey Portal). Furthermore, the precipitation map of the area was produced by; land cover with a controlled classification method from Sentinel-2 satellite images of the years 2017-2021 (Esri, 2022), linear density analysis and drainage density, which are among the GIS techniques, watershed analysis with hydrology tool (detection of micro-basin boundaries and determination of stream network for drainage density) and finally, using the precipitation data obtained from the Directorate General of Meteorology, with interpolation techniques. Field studies were carried out to check both the accuracy of the data during data production and the accuracy of the analysis results after the susceptibility analysis. In this way, the effect scores to be given to the parameters were decided more clearly, and probably mistakes were prevented. Through field studies, the reliability and accuracy of the study were increased.

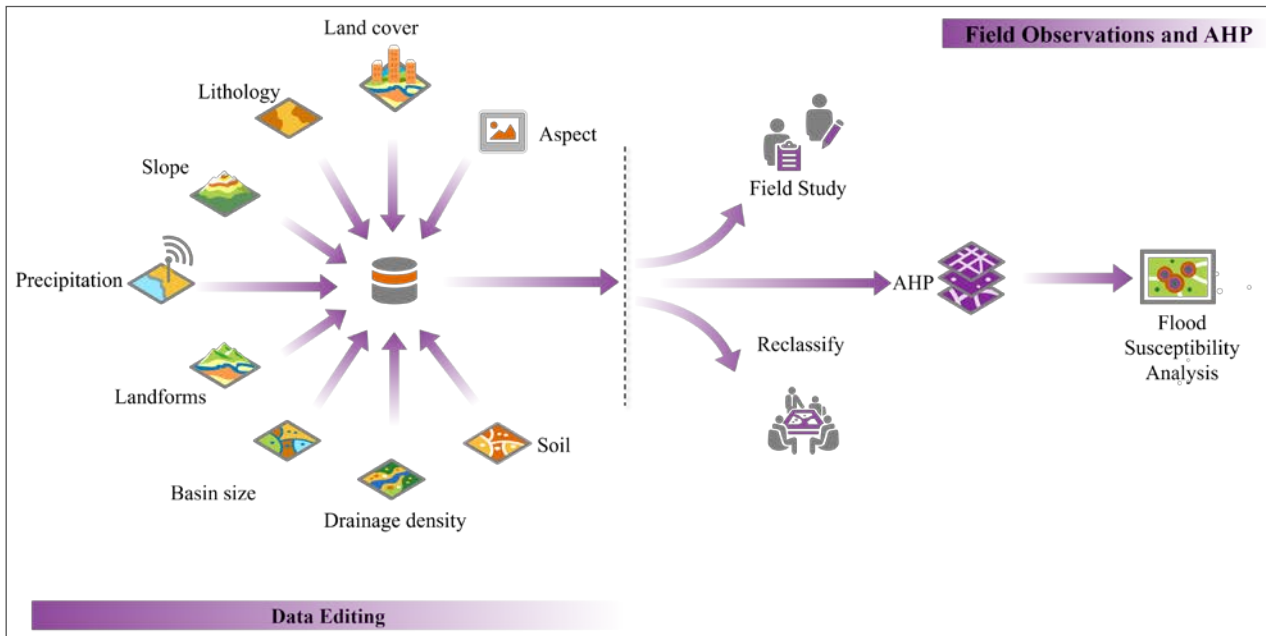


Figure 5: Flood susceptibility analysis workflow chart.

Immediately after data production, geographical factors were divided into sub-criteria, and each of them was evaluated according to the Pairwise Comparison Matrix on the Saaty (1989) scale by means of AHP. With the AHP, many factors or criteria are scored between 1-9-1/9 (Saaty, 1989; Table 2) according to the purpose of the study, weight ratios and a consistency ratio are calculated to understand the accuracy of the scoring. According to Saaty (1989), this consistency ratio

should be $\leq 10\%$ (Saaty 1989), so that AHP can guide decision-makers in identifying vulnerable areas and determining measures before natural disasters. Again, it is possible to come across studies that say that the consistency rate varies according to the number of geographical factors used. According to the studies of Franci et al. (2016), the consistency rate should be $\leq 5\%$ for 3*3 matrices and $\leq 9\%$ for 4*4 matrices (Franci et al., 2016). These values are categorized in this way so that the study can give precise results.

Table 2: Analytical Hierarchy Process (AHP) importance scale (Saaty, 1989; Ocak & Bahadır, 2022).

Importance Scale	Definition	Importance Scale	
1	Equally important	1	
3	Moderately more important	Moderately less important	1/3
5	Strongly more important	Strongly less important	1/5
7	Very strongly more important	Very strongly less important	1/7
9	Highly more important	Highly less important	1/9
2, 4, 6, 8	Intermediate values	1/2, 1/4, 1/6, 1/8	

All parameters were scored between 1 and 9 according to their estimated importance in causing flooding and according to the importance scale (Table 2). The weight ratio of each upper and lower criterion was calculated (Table 3). The importance scores given to calculate the weight ratios in the flood susceptibility analysis were determined according to field observations, expert opinion (20 experts) and studies carried out in the literature. All these processes with AHP techniques were carried out using the

15.09.2018 version of the program designed by K. D. Goepel (Goepel, 2013). Various spatial analysis processes (data transformation, reclassification, cell size, extent adjustment, etc.) were carried out by using GIS techniques again for all top and bottom geographical factors whose weight ratios were calculated with AHP. Finally, all data were converted to raster data format for flood susceptibility analysis. Each resolution was set to 10 m, and flood susceptibility analysis of the field was performed with a weighted overlay tool. The

result was divided into four (4) different classes low, medium, high, and very high.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, flood susceptibility analysis of the basin of Lake Ladik was carried out with AHP and GIS techniques by calculating the weight ratios of geographical factors consisting of nine different thematic data elements including slope, aspect, lithology, soil, basin area size, land cover, landforms, precipitation, and drainage density.

Slope

In flood susceptibility analysis studies, the slope conditions of the land come first among the geographical factors to be considered. The slope is an important criterion due to its effect on the velocity of surface waters. Because the velocity of the water mainly depends on the slope of the land (Nsangou et al., 2022). In places where the slope values are high, rainwater quickly passes to the surface flow with drainage channels and is drained in a short time, while in places where the slope decreases, a longer time is needed for the water to drain. This situation causes surface water storage and increases the effect of the flood.

The slope values in the basin of Lake Ladik vary between 0-58° degrees (Figure 6a). Due to the tectonic origin of the basin, the slope values are quite low at its base, but they increase gradually from the northern and especially the southern shores of Ladik Lake. Especially the mountain masses (Akdağ and Karaömer Mountain) in the south of the basin constitute the units with the steepest slopes. Since the slope of the basin varies so much and to obtain more precise results within the scope of the study, the slope was divided into five (5) different groups: flat and nearly flat, slightly sloping, sloping, moderately steep, and very steep slopes.

In the pairwise comparison matrix performed with AHP within the scope of flood susceptibility analysis, in terms of the effect of water on the velocity of water; flat and nearly flat, slightly sloping places were given high scores, moderately sloping slopes where the slope is relatively increased were given low scores and the slopes with the highest slope

value were given the lowest importance scores. These values were correlated with field studies and morphological dynamics were taken into consideration in scoring.

Aspect

It is a factor that indirectly affects the occurrence of floods. This aspect affects the formation of many geographical factors that affect local flooding. Especially the local climate and vegetation come first among these conditions (Ocak et al., 2021a; Ocak et al., 2021b). For example, the northern sector slopes receive more precipitation than the southern sector slopes, and if other conditions are suitable, they create a more favorable environment for flood formation. Again, the northern sector slopes have more dense vegetation than the southern sector slopes. Since this will increase infiltration, it has a positive effect by slowing down the formation of floods on the northern sector slopes.

Within the scope of the flood susceptibility analysis conducted for the basin of Lake Ladik, the aspect is divided into five (5) different classes as flat surfaces, northern sectors (N, NE, NW), eastern, southern sectors (S, SE, SW) and west (Figure 6b). Flat surfaces are given high importance scores, such as slopes with low slope values. The northern sectors were also considered to be of high importance, while other sectors were given low scores because their relative importance had decreased.

Lithology

Another natural factor affecting the formation of floods is lithological features. Lithology has an effect on the flood due to the permeability of the soil. The fact that the soil consists of loose materials or exhibits a water-saturated structure ensures rapid infiltration of the surface water and a significant reduction in the amount of water passing to the surface flow occurs. In lithological units where the ground is hard and impermeable, the opposite happens. Areas with resistant rocks have a lower flood risk or less drainage density (Srivastava et al., 2014; Feizizadeh et al., 2020). In these units, most of the water that enters the surface runoff flows without being infiltrated and causes an increase in the amount of water that causes flooding.

Table 3: Geographical factors and numerical values used in flood susceptibility analysis.

Geographical Factor	Sub-Criteria	Area		Sub-Criteria Weight (%)	Consistency (%)	Weight (%)	
		km ²	%				
Slope (°)	0-2 (Flat and Nearly Flat)	39,87	26,98	50,3	8	17,7	
	2-5 (Slight Sloping Slope)	18,56	12,56	26,0			
	5-15 (Sloping Slopes)	43,45	29,40	13,4			
	15-35 (Moderately Steep Slope)	44,16	29,88	6,8			
	35 + (Very Steep Slope)	1,76	1,19	3,5			
Aspect	Flat	22,57	15,27	54,2	7	2,5	
	Northern Sectors (N, NW, NE)	70,01	47,37	29,1			
	East (E)	13,93	9,42	6,9			
	Southern Sectors (S, SW, SE)	30,99	20,97	3,9			
	West (W)	10,30	6,97	5,9			
Lithology	Schist, phyllite, calcschist, limestone	ZA	0,65	0,44	6,7	4	3,8
	Limestone		15,18	10,27			
	Pebble, sandstone, claystone, limestone	ZB	7,25	4,91	6,7		
	Serpentinite, sandstone, agglomerate, tuff		0,93	0,63			
	Limestone, claystone, marl	ZC	59,51	40,26	6,7		
	Pebble, sandstone, marl, mudstone		2,70	1,83			
	Conglomerate, sandstone	ZD	10,30	6,97	11,8		
	Pebble, mudstone		8,77	5,93			
Alluvium	ZE	42,51	28,76	68,1			
Soil	Alluvial Soils	26,82	18,15	37,2	5	8,2	
	Hydromorphic Soils	9,17	6,20	37,2			
	Brown Forest Soils	86,03	58,21	3,2			
	Chestnut Soils	25,10	16,98	6,1			
	Colluvial Soils	0,68	0,46	16,3			
Basin Size (km ²)	0,31-1,00	1,80	1,22	35,0	4	8,6	
	1,01-2,00	14,78	10,00	23,7			
	2,01-3,00	32,18	21,77	15,9			
	3,01-4,00	41,76	28,25	10,6			
	4,01-5,00	13,51	9,14	7,0			
	5,01-6,00	16,57	11,21	4,6			
	6 +	27,20	18,40	3,2			
Land Cover	Wetlands	11,71	7,92	30,0	2	9,2	
	Forests	58,47	39,56	3,0			
	Agricultural Areas	46,02	31,14	29,8			
	Settlement Areas	7,69	5,20	29,8			
	Bare Land	0,52	0,35	3,0			
Rangeland	23,39	15,83	4,4				
Landforms	Mountain	4,12	2,79	5,2	2	9,2	
	Plateau	40,01	27,07	4,1			
	Plain	38,76	26,22	45,4			
	Slope	60,86	41,18	4,5			
	Fault Slope	0,48	0,32	4,5			
	Debris Cone	3,57	2,42	36,3			
Precipitation (mm)	600-700	80,59	54,53	26,1	5	27,4	
	700-900	48,01	32,48	32,8			
	900 +	19,20	12,99	41,1			
Drainage Density (Dd)	0,57-1,57	12,18	8,24	6,2	2	13,5	
	1,58-2,05	17,21	11,64	9,9			
	2,06-2,37	62,05	41,98	16,1			
	2,38-2,82	47,09	31,86	26,2			
	2,83-3,80	9,27	6,27	41,6			

There are lithological units with different characteristics in the basin of Lake Ladik (Figure 6c). Within the scope of the study, lithological units were classified according to the permeability of the ground. In the grouping of lithological features, the Turkish Earthquake Building Regulations published by AFAD in 2018 were considered (AFAD, 2018). The class with the strongest rocks and ground was given the highest score in the pairwise comparison matrix, while the lowest score was given to the class in which the ground consists of weak and loose materials. In addition, among the lithological units, Quaternary alluviums are the most abundant in the basin and cover 28.76% of the area. This lithological unit, which is located at the bottom of the basin and at the mouths of the rivers, is important because it has a water-saturated structure. At the same time, most of the settlements were built on this ground. In this aspect, the highest score in terms of flood susceptibility was given to Quaternary alluviums.

Soil

Soils are effective in the formation of floods because of their properties such as moisture, permeability, porosity, thickness, and texture. Especially the moisture holding capacity, permeability and porosity of the soil are the most obvious features that affect the formation of floods. The soil type directly affects the type of drainage. The more permeable and porous the soil is, the more moisture and water holding capacity it has, and the rapid infiltration of runoff water increases accordingly. (Mojaddadi et al., 2017). In this way, it slows down the formation of floods. Also, the texture characteristics of soils such as clayey, sandy, and loamy also affect flood formation. Sandy soil is significantly more porous and permeable than both loam and clay soil (Arya & Singh, 2021). Therefore, sandy soils exhibit a stronger resistance to flooding than loamy and clayey soils.

There are alluvial, hydromorphic, brown forest, chestnut and colluvial soils in the study area (Figure 6d). Soils are directly proportional to the lithological features of the field and whether they are important against flooding or not is closely related to the lithology on which they are located. Quaternary-aged alluvial units,

which have a rate of 28.76% in the basin, are also units where alluvial and hydromorphic soils are found. Therefore, alluvial, and hydromorphic soils always received the highest score in terms of flood susceptibility in the pairwise comparison matrix due to their water saturation. Again, the brown forest soils, which form the sub-forest layer, are of the lowest importance in the pairwise comparison matrix since they are both covered with vegetation and have relatively high permeability properties. On the other hand, chestnut soils were scored as moderately important compared to other soil groups due to their vegetation cover consisting of sparse forests and shrubs. Again, considering that it cannot withstand the destructive effect of water because it is composed of loose materials, although there are very few in the basin, high scores were assigned to colluvial soils.

Basin Size

The size of a catchment, i.e. its area, determines its level of resilience to flooding. Small-sized micro-basins are more vulnerable to flooding than large-sized basins, and often a short runoff period is sufficient for rainwater to turn into floods in basins with small drainage networks, while a longer runoff period is required for flooding to occur in basins with large drainage networks (Ajin et al., 2013).

For a basin to have the character of a micro basin, its area must be between 0.031-190 km² (Arya & Singh, 2021). The area of Basin of Lake Ladik, which is determined as the study area, is 147.8 km². In other words, the study area exhibits a complete micro basin feature. In this aspect, there is a short flow period for flood formation in the basin. This time, known as the time of concentration, was calculated as 6.30 minutes according to the Kirpich (1940) equation explained below (Kirpich, 1940).

$$T_c = 0,0078 * L^{0,77} / S^{0,385}$$

T_c = time of concentration

L = mainstream length (m)

S = basin slope (m/m).

Although the study area exhibits the characteristics of a micro-basin, to obtain more accurate results, the micro-basin boundaries of the area with smaller dimensions were determined by using the basin of Lake Ladik

DEM data (Figure 6e). In this context, high importance scores were given to micro basins with smaller areas and low importance scores to basins with large areas.

Land Cover

In the Basin of Lake Ladik, six (6) different classes have been identified for land cover with controlled classification using Sentinel-2 satellite images from 2017–2021 (Figure 6f). These are wetlands, forests, agricultural areas, settlement areas, bare land, and rangeland. Among the identified land classes, wetlands are less resistant to flooding than other classes. Settlement areas and agricultural areas constitute the most susceptible areas for flooding after wetlands. The reason for this is that settlements are mostly established in places with low slope values and have more impermeable surfaces and agricultural areas are the main basis of the economy in the basin. Apart from these land cover types; rangeland areas are considered a low-importance land class due to their high location. The basin is covered with dense forest cover. Forests are important in terms of preventing floods. Forests constitute the most resistant land cover class to floods. In areas covered with forests, rainwater is retained by plants, which reduces the rate of falling to the ground. In this way, rainwater loses its power and can be easily infiltrated by both plants and soil. Therefore, there is a decrease in the amount of water that passes into the surface flow. Accompanied by all these explanations, by comparing with the literature information in the pairwise comparison matrix and correlating with the field observations; high scores were assigned to wetlands, residential areas and agricultural areas, high scores were assigned to rangeland areas, low scores were assigned to forest areas, and moderate scores were assigned to bare lands.

Landforms

Landforms have a susceptible role in the formation of floods. Because landforms affect the speed, direction, and strength of water. For this reason, landforms are a geographical parameter that cannot be ignored in hydrological studies (Sherman, 1932; Horton, 1945; Strahler, 1964; Baker et al., 1988; Özdemir, 2007; Özdemir & Bayrakdar, 2014;

Özşahin, 2016; Ocak et al., 2021a). In the Basin of Lake Ladik, main geomorphological units such as mountains, plateaus, plains, slopes and debris cones have been identified (Figure 6g). Among these morphological units, especially the plains are the most vulnerable landform in terms of flood susceptibility. Both the low slope values and their suitability for settlement increase the importance of the plains in terms of flood susceptibility. Since the settlements on the debris cones are very dense in the Anatolian geography and these morphological units are located at the mouth of the rivers, the debris cones are very risky areas in terms of flood susceptibility. Although they are located on high plains, plateaus are morphological units of low importance in terms of flooding because they have good drainage. Again, due to the rapid flow of surface waters on units such as mountains and slopes where the slope is high, these morphological units were also evaluated as units of low importance. Therefore, in the pairwise comparison matrix, the highest scores were given to the plain and debris cones, and lower scores were given to the mountain, plateau, and slopes.

Precipitation

The main factor in the formation of floods is precipitation. The shape and amount of precipitation trigger the formation of floods. Especially rapid and heavy rainfall can cause flooding. Again, precipitation is effective in the saturation of the ground by causing an increase in the groundwater level (Ekinci, 2004; Özşahin, 2016). In such a case, a suitable environment for flooding is prepared.

The average precipitation in the study area is 743 mm. Precipitation increases significantly from the basin floor towards the southern slopes and exceeds 1150 mm. (Figure 6h). To reveal the effect of precipitation on the flood, the basin precipitation characteristics are divided into three (3) classes: 600-700 mm, 700-900 mm, and 900+ mm. Higher scores were assigned to places with more precipitation and lower scores to places with less precipitation.

Drainage Density (D_d)

Drainage density (D_d) is obtained by dividing the total length of all streams in a basin by the area of the basin (Horton, 1945). It is important

in terms of determining how susceptible the basins are to floods. The higher the drainage density in a basin, the less infiltration of water there is in that area and the basin exhibits a structure that is less resistant to flooding; but, in basins with low drainage density, surface waters infiltrate more quickly, and these basins exhibit a more resistant structure to flooding (Patton & Baker, 1976). To put it numerically, the drainage density value is expressed as high if it is greater than 1.75 and as very high if it is greater than 2.5 (Reddy et al., 2004). Whether the drainage network in a basin is resistant to floods is directly related to the drainage density of that basin (Altıparmak & Türkoğlu, 2018). The average drainage density in the basin of

Lake Ladik was calculated as 0.80. In other words, the study area has a low drainage density. This value shows that the infiltration in the basin is rapid, and that the basin is of low importance in terms of flood susceptibility. In addition, different drainage density classes have been identified in the basin and five (5) different drainage density classes have been established (Figure 6i). In the pairwise comparison matrix for flood susceptibility analysis, score assignments were made by considering these classes, and low scores were assigned to classes with low drainage density, and high scores were assigned to classes with high drainage density.

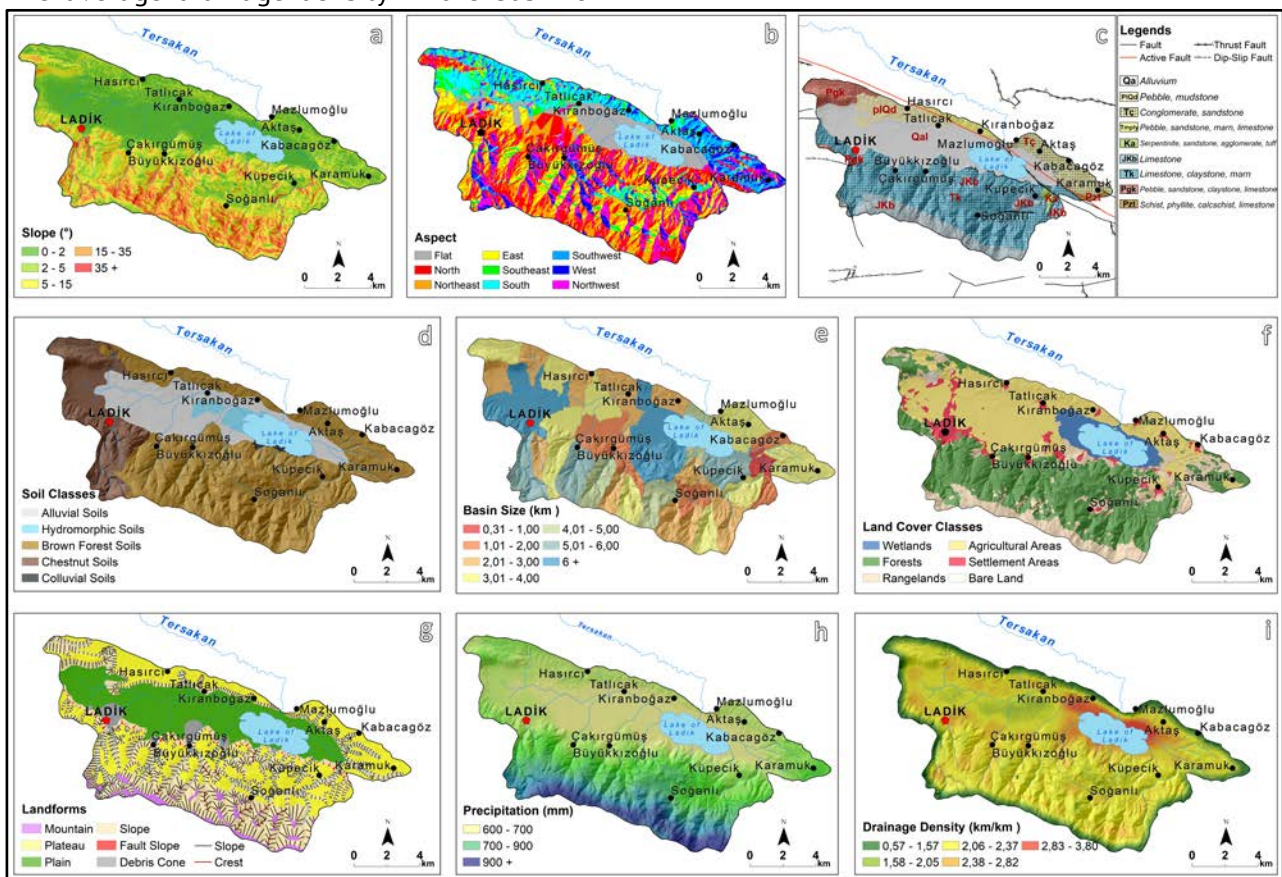


Figure 6: Maps of geographical factors used in flood susceptibility analysis in the study area; a) Slope map, b) Aspect map, c) Lithology map, d) Soil map, e) Basin size map, f) Land cover map, g) Landforms map, h) Precipitation map, i) Drainage density map.

3.1. Analysis and Evaluation

To analyze flood susceptible areas in the basin of Lake Ladik, a multi-criteria decision-making analysis was carried out with AHP using nine (9) main criteria (slope, aspect, lithology, soil, basin size, land cover, landforms, precipitation, and drainage density) and 51 sub-criteria based on these main criteria. By establishing a bilateral correlation between all the upper and lower

criteria, scores between 1 and 9 were assigned according to the Saaty (1989) importance scale, and the weight ratios of all criteria were calculated (Figure 7; 8).

As a result of the multi-criteria decision-making analysis carried out for the flood susceptibility analysis, the consistency rate was calculated as 9% according to the nine (9) main geographical factors used in the basin of Lake Ladik.

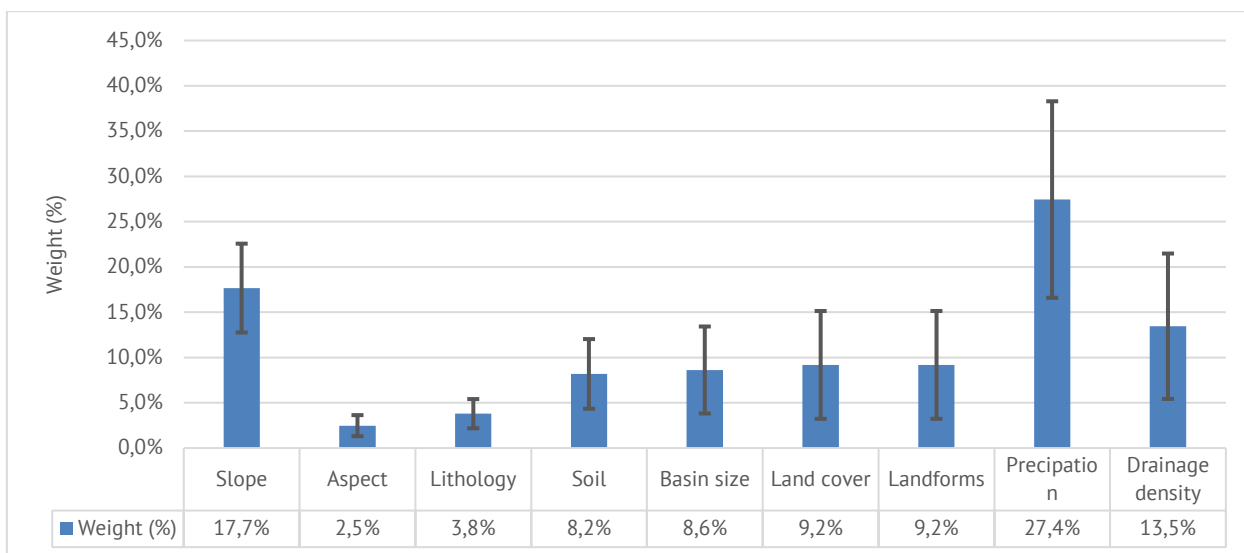


Figure 7-Distribution of weight ratios of the main geographical factors.

Matrix										Normalized Principal Eigenvector
	Slope	Aspect	Lithology	Soil	Basin size	Land cover	Landforms	Precipitation	Drainage density	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Slope	1	7	5	3	3	2	2	1/3	2	17,7%
Aspect	1/7	1	1/3	1/6	1/4	1/2	1/2	1/7	1/7	2,5%
Lithology	1/5	3	1	1/2	1/2	1/3	1/3	1/4	1/7	3,8%
Soil	1/3	6	2	1	2	1	1	1/5	1/3	8,2%
Basin size	1/3	4	2	1/2	1	2	2	1/3	1/3	8,6%
Land cover	1/2	2	3	1	1/2	1	1	1/3	2	9,2%
Landforms	1/2	2	3	1	1/2	1	1	1/3	2	9,2%
Precipitation	3	7	4	5	3	3	3	1	3	27,4%
Drainage density	1/2	7	7	3	3	1/2	1/2	1/3	1	13,5%

Figure 8: Pairwise comparison matrix of the main geographical factors.

To spatially apply the results of the pairwise comparison matrix performed with AHP, the calculated weight ratios were processed into the attribute tables of all geographical factors with GIS techniques. Then, according to the calculated weight ratios, the sub-criteria were first reclassified with GIS techniques, and in the last step, the weight ratios of the main geographical factors calculated with AHP were transferred to the map according to the equation below, and the flood susceptibility analysis of the basin of Lake Ladik was carried out (Figure 10).

$$\text{Flood Susceptibility Analysis} = (\text{Slope} * 0,177) + (\text{Aspect} * 0,025) + (\text{Lithology} * 0,0038) + (\text{Soil} * 0,082) + (\text{Basin Size} * 0,086) + (\text{Land Cover} * 0,092) + (\text{Landforms} * 0,092) + (\text{Precipitation} * 0,274) + (\text{Drainage Density} * 0,135).$$

To determine the accuracy of the sensitivity analysis conducted within the scope of the research, it was aimed to use the ROC (Receiver Operating Characteristic Curve) method, which gives numerical values. However, since there is not enough flood inventory in the study area, it was not possible to verify the results of the analysis with the ROC curve method. Again, for the accuracy analysis, it was not possible to spatially determine the locations where the floods affect because of both satellite data and field studies. For these reasons, the accuracy and reliability of the results of the flood susceptibility analysis in the study were ensured by the location of the floods in the basin. Historically, only two major floods have occurred in the basin. One of them was on June 8, 1971, and the other one was on June 4, 2023,

which was effective mostly in the west of the basin. Although the fact that only 2 floods occurred in the field seems to be insufficient for statistical accuracy analysis, it is accepted as a basis for accuracy and reliability since the locations of the floods occurred in both residential centers and many neighborhoods. When the locations of these floods are overlapped with the flood susceptibility map, it is seen that the floods occurred in areas with high and very high susceptibility (Figure 10).

As a result of the field studies carried out after the June 4, 2023, flood, it was determined that the 2023 flood caused many houses and workplaces to be flooded in Aşağıgölyazı, Tatlıcak and Saray neighborhoods, animals to perish in Tüfekçidere Neighborhood, and material damages in Sanayi, Akpınar, Çakırgümüş, Hacıalıpınar, İskaniye, Kızılsini, Koğa, Őehreküstü, Yenicami and Bahşı neighborhoods. When these data obtained through field observations are compared with the table of the susceptibility levels of the settlements in the conclusion part of the study, it is seen that they overlap with the settlements most affected by the June 4, 2023, flood (Table 5). In this table where the susceptibility of settlements to flooding is presented, the settlements affected by the June 4, 2023, flood are in the first 4 places. According to the inventory data, 13 out of 14 settlements have

both high and very high flood susceptibility. In other words, when the results of the flood susceptibility analysis are compared with the inventory data, it is determined that 93% of the settlements identified to be affected by the June 4, 2023, flood have high and very high flood susceptibility. This result shows that the results of the flood susceptibility map produced within the scope of the study are reliable and that this map can be used to reduce future damages due to flooding in the basin.

4. CONCLUSIONS

The Basin of Ladik Lake is highly susceptible to flooding due to high sediment and channel instability (low discharge in dry seasons and high discharge in rainy seasons) of short streams originating from the southern slopes. A significant flood occurred in Ladik on June 4, 2023, causing both material and life losses. This flood coincided with the results of the flood susceptibility analysis conducted within the scope of the study. In this flood that occurred in Tüfekçidere Neighborhood, 1 person lost his life, many houses were evacuated, and significant material damage occurred (Figure 9). The flood susceptibility classification produced by this study will enable decision-makers or planners to take precautions against possible flood events in the basin and put forward healthier plans.



Figure 9: Images from the June 4, 2023 flood.

In order to most accurately represent the spatial distribution of sensitivity classes in the final map, the natural break method was preferred. This method provides a classification based entirely on the available data by grouping

similar values in the data in the most appropriate way. In this way, natural boundaries are determined more accurately and meaningful differences between classes are revealed (ArcGIS Pro Help, 2024).

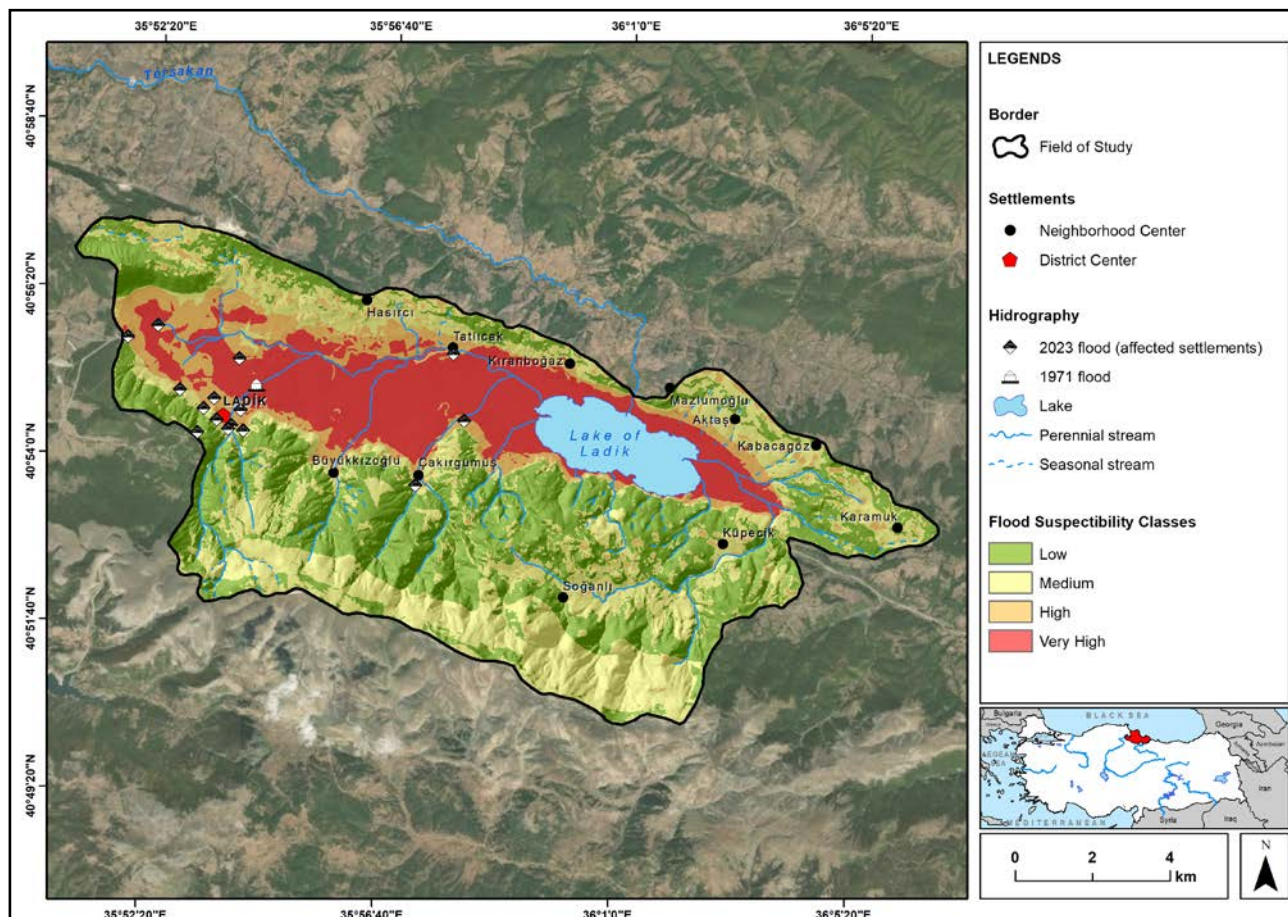


Figure 10: The flood susceptibility analysis map of in the study area.

Low Level Flood Susceptibility Areas

The rate of places with low flood susceptibility in the basin of Lake Ladik is 36.77% (Figure 11). These areas with low flood susceptibility are the mountainous areas in the south of the basin and the forested areas throughout the basin. In these areas, either the slope values are high or there is dense vegetation. Small streams originating from high areas provide rapid drainage of water due to the high slope values. In addition, vegetation also contributes to the infiltration of water. For these reasons, flood susceptibility in these areas is low.

Intermediate Flood Susceptibility Areas

In the basin of Lake Ladik, the rate of places with moderate flood susceptibility is 30.03% (Figure 11). The medium-level flood susceptibility class is generally seen in the basin, starting from the rangeland areas and the

edges of the basin depression area. It is possible to say that the flood susceptibility remains at a moderate level due to the relatively low slope in this area, the transformation of the soil type to brown forest and chestnut soils, and less vegetation cover.

High Level Flood Susceptibility Areas

The rate of places with high flood susceptibility in the basin of Lake Ladik is 11.43% (Figure 11). The high-level flood susceptibility class is seen in the basin where there are debris cones and settlement areas established. Ladik district center is also located in the area with high flood susceptibility. The Değirmen Stream flood that took place on 8 June 1971 still exemplifies the high susceptibility of this area. The fact that the district center is built in this area, that most of the economic activities take place here and that the construction increases day by day; are the

parameters that will further increase the effects of a possible flood.

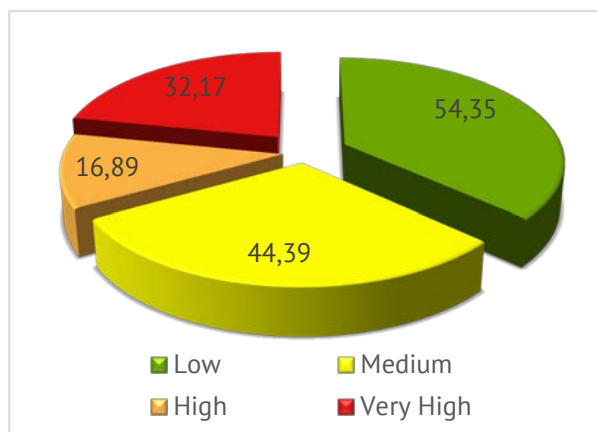


Figure 11: Distribution rates of flood susceptibility classes in the study area.

Very High Flood Susceptibility Areas

In the basin of Lake Ladik, the rate of places with very high flood susceptibility is 21.77% (Figure 11). This rate is more than double in the area with high flood susceptibility and reveals the importance of the field in terms of flooding. This very high flood susceptibility is closely related to the presence of flat and nearly flat areas in the basin. These flat areas with slight or very slight slopes cover almost half of the basin. Quaternary-aged alluvium, hydromorphic and alluvial soils, drainage density and the presence of agricultural lands in the basin are

the main factors in the very high flood susceptibility. Areas with very high flood susceptibility coincide exactly with these areas at the base of the basin.

The flood susceptibility analysis for the basin of Lake Ladik shows that this basin has an important potential for flooding. While three (3) of the settlements in the basin (Çakırgümüş, Büyükkızıoğlu, Küçükkızıoğlu) are located in areas with very high flood susceptibility, four (4) settlements (Tatlıcak, Bolat, Aşağıgölyazı), including the Ladik town center, are located in areas with high flood susceptibility, while the other settlements are located in areas with medium and low flood susceptibility. In addition, it has been determined that approximately 60% of the buildings (2,683 units) in the study area are located in areas with high and very high flood susceptibility (Table 4). 91% of the population (10,824 people) lives in these settlements. This shows how big the risk can be in a possible flood. For this reason, the new buildings and settlement areas to be built should be built according to the results of the flood susceptibility analysis. In addition, pre-disaster, during and post-disaster should be considered as a whole, and risk and crisis management plans should be created accordingly.

Table 4: The susceptibility of the buildings in the study area to floods.

Susceptibility Classes	Area		Number of Buildings
	km ²	%	
Low	54,35	36,77	531
Medium	44,39	30,03	1.335
High	16,89	11,43	1.926
Very High	32,17	21,77	757
TOTAL	147,80	100	4.549

Basin of Lake Ladik is an area where the materials carried by the rivers are abundant because it is a small and heavily drained basin. For this reason, the basin exhibits a structure that is susceptible to flood risks. The flood susceptibility analysis showed that more than 30% of the field has high and very high susceptibility (Figure 10; 11).

The result obtained because of the flood susceptibility analysis performed by using AHP and GIS techniques together was divided into four (4) different classes: low, medium, high, and very high (Figure 11). Considering the high and very high classes within the scope of the flood susceptibility analysis, it is seen that the five (5) settlements with the highest risk in the basin are Aşağıgölyazı, Tatlıcak, Sanayi,

İskaniye and Büyükkızıoğlu (Table 5). Inventory data obtained through field observations also show that 13 of the 14 neighborhoods within the basin boundaries and affected by the June 4, 2023, flood have high and very high flood susceptibility and only 1 (Tüfekçidere

Neighborhood) has low flood susceptibility. The most important reason for this is that the settlement center of Tüfekçidere Neighborhood is located outside the basin boundaries, not within them.

Table 5: Susceptibility levels of settlements according to flood susceptibility analysis.

Name	Population (2021)	Low	Medium	High	Very High	Area (km ²)	High + Very High
Aşağıgölyazı	123	0,80	0,57	0,52	3,35	5,24	3,87
Tatlıcak	249	0,39	0,94	1,63	2,18	5,14	3,81
Sanayi	744	0,78	1,33	1,33	2,15	5,59	3,48
İskaniye	142	1,98	0,59	1,99	1,32	5,88	3,31
Büyükkızıoğlu	240	5,09	3,20	0,40	2,83	11,52	3,23
Hamitköy	273	3,51	1,08	0,46	2,62	7,67	3,08
Bolat	399	5,46	4,18	0,84	2,16	12,64	3,00
Mazlumoğlu	124	0,36	0,49	0,45	2,51	3,81	2,96
Çakırgümüş	142	5,52	3,41	0,47	2,14	11,54	2,61
Akpınar	1573	0,55	0,69	1,39	1,06	3,69	2,45
Bahşi	2391	0,21	0,22	0,66	1,76	2,85	2,42
Aktaş	105	0,29	1,01	0,75	1,56	3,61	2,31
Kıranboğaz	131	0,27	0,46	0,37	1,81	2,91	2,18
Cüce	106	4,64	3,18	0,54	1,53	9,89	2,07
Küçükızıoğlu	131	1,96	1,26	0,41	1,21	4,84	1,62
Hasırcı	163	0,37	1,37	1,01	0,48	3,23	1,49
Kabacagöz	156	2,18	2,52	0,68	0,54	5,92	1,22
Hacıalıpınar	559	0,72	0,52	0,36	0,47	2,07	0,83
Küpecik	270	4,72	3,57	0,48	0,32	9,09	0,80
Kızılsini	46	0,02	0,06	0,47	0,08	0,63	0,55
Soğanlı	97	2,69	5,49	0,28	0,00	8,46	0,28
Ayvalı	244	1,29	1,09	0,25	0,00	2,63	0,25
şıhlı	291	0,29	0,72	0,25	0,00	1,26	0,25
Karamuk	115	1,75	1,04	0,20	0,00	2,99	0,20
Saray	344	5,38	3,91	0,17	0,00	9,46	0,17
Yenicami	612	0,29	0,09	0,08	0,09	0,55	0,17
Deliahmetoğlu	177	0,20	0,05	0,14	0,00	0,39	0,14
Koğa	910	0,04	0,08	0,09	0,04	0,25	0,13
Yukarıgölyazı	57	0,82	0,46	0,09	0,00	1,37	0,09
Arslantaş	18	0,65	0,27	0,08	0,00	1,00	0,08
şehreküstü	737	0,18	0,17	0,05	0,00	0,40	0,05
Tüfekçidere	248	1,18	0,10	0,00	0,000	1,28	0,00
Total Population	Total Area (km ²)	54,58	44,12	16,89	32,22	147,80	86,47
	%	36,93	29,85	11,43	21,80	100	
	11.917						

ACKNOWLEDGEMENTS

This article is derived from a part of his doctoral dissertation titled "Smart Natural Disaster Management in Basin of Lake Ladik Basin (Samsun)". Within the scope of the thesis, a holistic disaster management system application that can be used before, during and after a disaster has been designed. The application is both web and mobile based. This article constitutes only a part of the related doctoral dissertation. You can access the application designed to make the article more understandable: <https://arçg.is/081azy>

REFERENCES

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2018). Türkiye deprem bina yönetmeliği. Ek: Deprem etkisi altında binaların tasarımı için esaslar. Access: 2 May 2023, Resmî Gazete, 18 March 2018, Sayı: 30364, s. 343. <https://www.resmigazete.gov.tr>
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2022). 2020 yılı doğa kaynaklı olay istatistikleri. Access: 7 August 2022. https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Istatistikler/2020yili
- Ajin, R., Krishnamurthy R.R, Jayaprakash, M. and Vinod, P.G. (2013). Flood hazard assessment of Vamanapuram River Basin, Kerala, India: An approach using Remote Sensing & GIS techniques. *Advances in Applied Science Research*. 4 (3). 263–274. <https://www.researchgate.net/publication/299978233>
- Altın, G., Taşkın, S., Yurtal, R. and Aköz, M. S. (2024). Kuru derelerde taşkın risk analizi: Kebendibi Deresi örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 39 (1), 221-229. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1460463>
- Altıparmak, S. and Türkoğlu, N. (2018). Yakacık Çayı Havzasının (Hatay) morfometrik analizi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*. 58 (1). 353-374. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2153709>
- ArcGIS Pro Help, (2024): Data classification methods. Retrieved form (08.08.2024). <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>
- Arya, A.K. and Singh, A.P. (2021). Multi criteria analysis for flood hazard mapping using GIS techniques: A case study of Ghaghara River basin in Uttar Pradesh, India. *Arabian Journals of Geosciences*. 14 (656). 1-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-021-06971-1>
- Bahadır, M. and Uzun, A. (2021). Lâdik Gölü Havzasında arazi kullanımı (Samsun). *Kesit Akademi Dergisi*. 7 (27). 257-280. <http://dx.doi.org/10.29228/kesit.49685>
- Baker, V.R., Kochel, R.C. and Patton, P.C. (1990). *Flood geomorphology*. USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/esp.3290150314>
- Ballesteros-Cánovas, J.A., Sanchez-Silva, M., Bodoque, J.M. and Díez-Herrero, A. (2013). An integrated approach to flood risk management: A case study of Navaluenga (Central Spain). *Water Resources Management*. 27. 3051–3069. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-013-0332-1>
- Balogun, A., Quann, S., Pradhan, B., Dano, U. and Yekeen, S. (2021). An improved flood susceptibility model for assessing the correlation of flood hazard and property prices using geospatial technology and fuzzy-ANP. *Journal of Environmental Informatics*. 37 (2). 107–121. <https://doi.org/10.3808/jei.202000442>
- Bozdoğan, M., & Canpolat, E. (2024). Delibekirli Havzası'nın taşkın tekerrürünün hesaplanması ve HEC-RAS ile modellenmesi (Kırıkhan/Hatay). *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*. 10 (2), 478-503. <https://doi.org/10.21324/dacd.1387971>
- Chandran, R. and Joisy, M.B. (2009, November). Flood hazard mapping of Vamanapuram River basin-A case study. *Proceedings of 10th National Conference on Technological Trends [Online]*. Trivandrum, Kerala, India.
- Chiadikobi, K.C., Omoboriowo, A.O., Chiaghanam, O.I., Opatola, A.O. and Oyebanji, O. (2011). Flood risk assessment of Port Harcourt, Rivers State, Nigeria. *Advances in Applied Science Research*. 2 (6). 287–298. <https://www.researchgate.net/publication/336288521>
- CRED (2023). 2023 Disasters in numbers. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). Retrieved from (08.08.2024) https://files.emdat.be/reports/2023_EMDAT_report.pdf
- De Risi, R., Jalayer, F., De Paola, F., Carozza, S., Yonas, N., Giugni, M. and Gasparini, P. (2019). From flood risk mapping toward reducing vulnerability: The case of Addis Ababa. *Natural Hazards*. 100. 387-415. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-019-03817-8>

- Dilley, M., Chen, R. S., Deichmann, U., Lerner-Lam, A., Arnold, M., Agwe, J., Buys, P., Kjekstad, O., Lyon, B. and Yetman, G. (2005). Natural disaster hotspots: A global risk analysis. International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank and Columbia University.
- Ekinci, D. (2004). *Gülüç Çayı Havzası'nın uygulamalı jeomorfoloji özellikleri*. (Publication No. 146587). [Doctoral dissertation, Istanbul University Institute of Social Sciences]. Council of Higher Education Thesis Centers.
- El-Haddad, B.A., Youssef, A.M., Pourghasemi, H.R., Pradhan, B., El-Shater, A.H. and El-Khashab, M.H. (2021). Flood susceptibility prediction using four machine learning techniques and comparison of their performance at Wadi Qena Basin, Egypt. *Natural Hazards*. 105. 83–114. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04296-y>
- Esri (2022). Sentinel-2, 10 m arazi kullanımı/arazi örtü süresi serisi. Retrieved from (08.02.2022). <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d3da5dd386d140cf93fc9ecbf8da5e31>
- Feizizadeh, B., Gheshlaghi, HA. and Bui, D.T. (2020). An integrated approach of GIS and hybrid intelligence techniques applied for flood risk modeling. *Journal of Environmental Planning and Management*. 64 (3). 485–516. <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1775561>
- Fıçıcı, M. (2024). Flood risk assessment using Neutrosophic Analytical Hierarchy Process (N-AHP) and GIS techniques in the Melet Basin (Türkiye). *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 10 (2), 295-313. <https://doi.org/10.21324/dacd.1407354>
- Franci, F., Bitelli, G., Mandanici, E., Hadjimitsis, D. and Agapiou, A. (2016). Satellite remote sensing and GIS-based multi-criteria analysis for flood hazard mapping. *Natural Hazards*. 83 (1). 31–51. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2504-9>
- Gashaw, W. and Legesse, D. (2011). Flood hazard and risk assessment using GIS and remote sensing in Fogera Woreda, Northwest Ethiopia. *Nil River Basin: Hydrology, Climate and Water Use*. In: Melesse, A.M. (Ed.). 179–206. Netherlands, Dordrecht: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-0689-7_9
- Girayhan, T.F. (2015). *Nicel taşkın risk değerlendirmesiyle hasar modellenmesi ve metodolojinin geliştirilmesi*. [Master's thesis, Republic of Turkey Ministry of Forestry and Water Affairs, Ankara].
- Goepel, K.D. (2013). Implementing the analytic hierarchy process as a standard method for multi-criteria decision making in corporate enterprises- A new AHP excel template with multiple inputs. *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, June. Kuala Lumpur. <https://doi.org/10.13033/isahp.y2013.047>
- Göztepe, S., Bahadır, M. and Şen, H. (2022). Geographical analysis of floods and flood susceptibility of the Hatip stream basin in Ankara, Turkey. *The Journal of Kesit Academy*. 8 (33), 143–169. <http://dx.doi.org/10.29228/kesit.66182>
- Gupta, M. and Srivastava, P.K. (2010). Integrating GIS and remote sensing for identification of groundwater potential zones in the hilly terrain of Pavagarh, Gujarat, India. *Water International*. 35 (2). 233-245. <http://dx.doi.org/10.1080/02508061003664419>
- Hong, H., Tsangaratos, P., Ilia, I., Liu, J., Zhu, A-X. and Chen, W. (2018). Application of fuzzy weight of evidence and data mining techniques in construction of flood susceptibility map of Poyang County, China. *Science of the Total Environment*, 625. 575–588. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.256>
- Horritt, M.S., Mason, D.C. and Luckman, A.J. (2001). Flood boundary delineation from Synthetic Aperture Radar imagery using a statistical active contour model. *International Journal of Remote Sensing*. 22 (13). 2489–250. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160116902>
- Horton, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*. 56 (3). 275-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- İşık, F., Bahadır, M., Zeybek, H.İ. and Çağlak, S. (2020). Karadere Çayı taşkını (Araklı-Trabzon). *Mavi Atlas*. 8 (2). 526-547. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.788991>
- Kirpich, Z.P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*. 10 (6). 362.
- Köroğlu, B. and Akıncı, H. (2023). Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı çok kriterli karar analizi ile Giresun ili Dereli ilçesinin taşkın duyarlılık Analizi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1 (2), 62-81. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/acujes/issue/81869/1347333>
- Köse, Y., Şahin, Ş. and Müftüoğlu, V. (2024). Ankara Çayı Havzası'nın kentsel planlama kapsamında taşkın duyarlılığı açısından değerlendirilmesi. *İdealkent*. 16 (43), 512-543. <https://doi.org/10.31198/idealkent.1360600>

- Kumar, M.K., Dharanirajan, K. and Sabyasachy, S. (2021). Application of Gumbel's distribution method for flood frequency analysis of Lower Ganga Basin (Farakka Barrage Station), West Bengal, India. *Disaster Advances* 14 (8), 51–58. <https://doi.org/10.25303/148da5121>
- Lin, H., Wan, Q., Li, X., Chen, J. and Kong, Y. (1997). GIS based multicriteria evaluation for investment environment. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 24 (3). 403-414.
- Majeed, M., Lu, L., Anwar, M.M., Tariq, A., Qin, S., El-Hefnawy, M.E. and Alasmari, A. (2023). Prediction of flash flood susceptibility using integrating analytic hierarchy process (AHP) and frequency ratio (FR) algorithms. *Frontiers in Environmental Science*. 10. 1037547. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1037547>
- Mohan, R. (2018). Ghaghara River System-Its current status and value to society. *The Indian Rivers: Scientific and Socio-Economic Aspects*. In: Singh, D.S. (Ed.). 151-164. Singapore: Springer Hydrogeology, Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-2984-4_12
- Mojaddadi, H., Pradhan, B., Nampak, H., Ahmad, N. and bin Ghazali, A.H. (2017). Ensemble machine-learning-based geospatial approach for flood risk assessment using multi-sensor remote-sensing data and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 8 (2). 1080–1102. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1294113>
- Nsangou, D., Kpoumié, A., Mfonka, Z., Ngouh, A.N., Fossi, D.H., Jourdan, C., Mbele, H.Z., Mouncherou, O.F., Vandervaere, J-P. and Ngoupayou, J.R.N. (2022). Urban flood susceptibility modelling using AHP and GIS approach: case of the Mfoundi watershed at Yaoundé in the South-Cameroon plateau. *Scientific African*. 15 (2022). 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01043>
- Ocak, F. (2018). *Ünye şehir sellerinin zarar görübilirlilik yöntemi ile incelenmesi*. (Publication No. 523827). [Master's thesis, Ondokuz Mayıs University Institute of Social Sciences, Samsun]. Council of Higher Education Thesis Centers.
- Ocak, F. and Bahadır, M. (2020). Örnek taşkın risk modeli oluşturulması ve Ünye şehrindeki derelere ait taşkın risk analizleri. *Jass Studies-The Journal of Academic Social Science Studies*. 13 (80). 21-37. <http://dx.doi.org/10.29228/JASSS.43017>
- Ocak, F. and Bahadır, M. (2021). Taşkın bilgi ve yönetim sisteminin oluşturulmasında web CBS teknolojisi kullanımı: Ordu-Ünye şehir selleri örneği. *Coğrafya araştırmalarında coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları II*. In: Döker M.F. and Akköprü, E. (Eds). 205-220. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Ocak, F., Bahadır, M., Uzun, A. and Şahin, K. (2021a). Atakum ilçesi kıyı kuşağının taşkın ve duyarlılık analizi, Samsun/Türkiye. *Coğrafya araştırmalarında coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları II*. In: Döker, M.F. and Akköprü, E. (Eds). 273-292. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Ocak, F., Bahadır, M. and Aylar, F. (2021b). Bakacak Deresi Havzası'nın (Samsun) coğrafi analizi ve taşkın duyarlılığı. *Mavi Atlas*. 9 (2). 61-81. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.981217>
- Ocak, F. and 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. <http://dx.doi.org/10.29228/kesit.64705>
- Oğuz, E., Oğuz, K. and Öztürk, K. (2022). Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi. *Geomatik*. 7(3), 220-234. <https://doi.org/10.29128/geomatik.972343>
- Ouma, Y.O. and Omai, L. (2023). Flood Susceptibility mapping using image-based 2D-CNN deep learning: Overview and case study application using multiparametric spatial data in data-scarce urban environments. *International Journal of Intelligent Systems*. 2023. 5672401. <http://dx.doi.org/10.1155/2023/5672401>
- Özdemir, H. (2007). *Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi*. (Publication No. 215084). [Doctoral dissertation, Istanbul University Institute of Social Sciences, İstanbul]. Council of Higher Education Thesis Centers.
- Özdemir, H. and Bayrakdar, C. (2014). 16 November 2007 Tuzla Deresi taşkınının nedenleri üzerine bir araştırma (Silivri-İstanbul). *Türk Coğrafya Dergisi*. 49 (5). 123-139. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/198493>
- Özşahin, E. (2016). Arnavutluk'ta taşkın risk analizi. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*. (12). 91-109. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijoess/issue/8530/105929>
- Özşahin, E. (2022). Havsa (Edirne) ilçesinde taşkın tehlike duyarlılığının değerlendirilmesi. In M. Tan, and T. Erdoğan (Eds). *Her Yönüyle Havsa*, (pp.711-732). Paradigma Akademi Yayınları.
- Parker, D., Tapsell, S. and McCarthy, S. (2007). Enhancing the human benefits of flood warnings. *Natural Hazards*. 43. 397-414. <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9137-y>

- Patel, D.P. and Srivastava, P.K. (2013). Flood hazards mitigation analysis using remote sensing and GIS: Correspondence with town planning scheme. *Water Resources Management*. 27. 2353-2368. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-013-0291-6>
- Patton, P.C. and Baker, V.R. (1976). Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. *U.S. Water Resources Research*. 12 (5). 941-952. <https://www.academia.edu/29120485/>
- Pereira, J.M.C. and Duckstein, L. (1993). A multiple criteria decision-making approach to GIS based land suitability evaluation. *International Journal of Geographical Information Systems*. 7 (5). 407-424. <https://doi.org/10.1080/02693799308901971>
- Reddy, G.P.O., Maji, A.K. and Gajbhiye, K.S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India-A remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 6 (1). 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2004.06.003>
- Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process*, New York. McGraw Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T.L. (1989). *Hierarchical-Multiobjective systems. Control-Theory and Advanced Technology*. 5 (4). 485-489.
- Saaty, T.L. and Alexander J. (1989) *Conflict resolution: The analytic hierarchy process*. Praeger, New York.
- Saaty, T.L. and Forman, E.H. (1993). *The hierarchon– A dictionary of hierarchies*. RWS Publications, Pittsburgh, PA.
- Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (2006). *Decision making with the analytic network process: Economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. United States of America, New York: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/0-387-33987-6>
- Saini, S.S. and Kaushik, S.P. (2012). Risk and vulnerability assessment of flood hazard in part of Ghaggar Basin: A case study of Guhla block, Kaithal, Haryana. *International Journal of Geomatics and Geosciences*. 3 (1). 42–54. <https://www.researchgate.net/publication/269695166>
- Samsun Provincial Directorate of Disaster and Emergency (2022). CİMER (Presidential Communication Center) information request.
- Sanjay, K. and Goel, M.K. (2002). Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. *Hydrological Sciences Journal*. 47 (1). 31–40. <http://dx.doi.org/10.1080/02626660209492905>
- Sherman LK (1932). The relation of hydrographs of runoff to size and character of drainage basin. *Trans. Am. Geophys. Union*. 13. 332-339.
- Singh, D.S., Prajapati, S.K., Singh, P., Singh, K. and Kumar, D. (2015). Climatically induced levee break and flood risk management of the Gorakhpur region, Rapti River Basin, Ganga Plain, India. *Journal of the Geological Society of India*. 85 (1). 79–86. <https://www.researchgate.net/publication/344586665>
- Singh, A.P., Arya, A.K. and Singh, D.S. (2020). Morphometric analysis of Ghaghara River Basin, India, using SRTM data and GIS. *Journal Geological Society of India*. 95. 169-178. <http://dx.doi.org/10.1007/s12594-020-1406-3>
- Singh K, Arya AK, Agarwal KK (2020). Landslide occurrences along lineaments on NH-154A, Chamba, Himachal Pradesh; extracted from Satellite Data Landsat 8, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 48. 791-803. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01113-8>
- Sinha, R., Bapalu, G., Singh, L.K. and Rath, B. (2008). Flood risk analysis in the Kosi River Basin, North Bihar using multi-parametric approach of Analytical Hierarchy Process (AHP). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 36. 335-349. <http://dx.doi.org/10.1007/s12524-008-0034-y>
- Srivastava, O.S., Denis, D.M., Srivastava, S.K., Kumar, M. and Kumar, N. (2014). Morphometric analysis of a Semi Urban Watershed, trans Yamuna, draining at Allahabad using Cartosat (DEM) data and GIS. *International Journal of Engineering Science*. 3. 71-79. <https://www.researchgate.net/publication/308028238>
- Stefanidis, S., and Stathis, D. (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Natural Hazards*. 68. 569–585. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-013-0639-5>
- Strahler, A.N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. *Handbook of Applied Hydrology*. In: Chow, V.T. (Ed.). 439-476. United States of America, New York.
- Swain, K. C., Singha, C. and Nayak, L. (2020). Flood susceptibility mapping through the GIS-AHP technique using the cloud. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 9 (12), 720. <https://doi.org/10.3390/ijgi9120720>
- Tariq, A., Yan, J., Ghaffar, B., Qin, S., Mousa, B. G., Sharifi, A. and Aslam, M. (2022). Flash flood

- susceptibility assessment and zonation by integrating analytic hierarchy process and frequency ratio model with diverse spatial data. *Water*. 14 (19), 3069. <https://doi.org/10.3390/w14193069>
- Termeh, S.V.R., Kornejady, A., Pourghasemi, H.R. and Keesstra, S. (2018). Flood susceptibility mapping using novel ensembles of adaptive neuro fuzzy inference system and metaheuristic algorithms. *Science of the Total Environment*. 615, 438–451. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.262>
- Thilagavathi, G., Tamilenth, S., Ramu, C. and Baskaran R. (2011). Application of GIS in flood hazard zonation studies in Papanasam Taluk, Thanjavur District, Tamilnadu. *Advances in Applied Science Research*. 2 (3). 574-585. <https://www.researchgate.net/publication/216335849>
- Turoğlu, H. (2005). Bartın'da meydana gelen sel ve taşkınlara ait zarar azaltma ve önleme önerileri. İTÜ Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Turoğlu, H. and Özdemir, H. (2005). Bartın'da sel ve taşkınlara: Sebepler, etkiler, önleme ve zarar azaltma önerileri. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- URL-1: Historical floods in the Basin of Lake Ladik. Access: 25 September 2022. www.atlas.gov.tr
- Utlı, M. (2023). Frekans Oranı ve Shannon Entropisi yöntemi kullanarak Ezine Çayı Havzası taşkın duyarlılık analizi (Kastamonu-Bozkurt). *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*. (11). 160-178. <https://doi.org/10.46453/jader.1358845>
- Uysal, G. and Taşçı, E. (2023). Batman Barajı'nın yıkılması durumunda mansapta taşkın riskinin iki boyutlu hidrolik modelleme ve uydu verileri ile analizi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*. 9 (1). 39-57. <https://doi.org/10.21324/dacd.1107630>
- Warner, M. (2001). Impact of grid size in GIS based flood extent mapping using a 1D flow model. *Physics and Chemistry of the Earth Part B: Hydrology Oceans and Atmosphere*. 26 (7-8). 517–522. [http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909\(01\)00043-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909(01)00043-0)
- Yurteri, C. (2024). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında Analitik Hiyerarşı Yöntemi (AHY) kullanılarak taşkın risk analizi: Karabük ili örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*. 12 (2). 298-318. <https://doi.org/10.21923/jesd.1438999>
- Zhao, G., Pang, B., Xu, Z., Peng, D. and Zuo, D. (2020). Urban flood susceptibility assessment based on convolutional neural networks. *Journal of Hydrology*. 590. 125235. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125235>



Araştırma Makalesi / Research Article

AKARSU KIYI KENAR ÇİZGİSİNİN SEL VE TAŞKIN İÇİN ÖNEMİ

Importance of the River Coastline for Flash Floods and Floods

Hüseyin TUROğLU

İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul
turogluh@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-0173-6995>

Makale Tariğesi

Geliş 9 Eylül 2024

Kabul 19 Eylül 2024

Article History

Received 9 September 2024

Accepted 19 September 2024

Anahtar Kelimeler

Kıyı kanunu, akarsu kıyıları, akarsu kıyı kenar çizgisi, sel ve taşkınlar, Bozkurt, Ayancık, Dereli

Keywords

Coastal law, river coast, river coastline, flash flood and flood, Bozkurt, Ayancık, Dereli

Atıf Bilgisi / Citation Info

Turoğlu, H. (2024) Akarsu Kıyı Kenar Çizgisinin Sel ve Taşkın İçin Önemi / Importance of the river coastline for flash floods and floods, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2024 (13): 94-110.

doi: 10.46453/jader.1545943

ÖZET

Sel ve taşkınlar kökeni doğa olayları ve/veya insan faaliyetleri olan tehlikelerdir. Sonuçları ve sonuçlarının boyutlarına göre afet olarak nitendirilirler. Son birkaç on yıldan bu yana sel ve taşkın afetlerinin sıklıkları giderek artış göstermektedir. Bu artıştan iklim değişikliğinin etkisi olduğu kadar insan da sorumludur. Doğa olaylarına müdahale edilemeyeceğine göre, sel ve taşkınların önlenmesi, önlenemiyorsa afet haline dönüşmesinin engellenmesi için bir takım uygulamalar hayata geçirilebilir. Bunlardan biri akarsu boyu arazi kullanımı ve planlamasında akarsu kıyı kenar çizgisinin dikkate alınmasıdır. Bu çalışmada; akarsu kıyıları, akarsu kıyı kenar çizgisi ve bunlarla ilgili bilimsel süreçlerin sel ve taşkın tehlikelerinin önlenmesi, önlenemiyorsa afete dönüşmesinin engellenmesinde ne kadar önemli olduğunun, 11 Ağustos 2021 tarihli Bozkurt (Kastamonu), Babaçay (Ayancık, Sinop) ve 22 Ağustos 2020 tarihindeki Dereli (Giresun) sel afetleri örneklemeleri üzerinden vurgulanması amaçlanmıştır.

Araştırma kapsamında; 3621 sayılı Kıyı kanunu, Kanun Hükmündeki Kararnameler ve ilgili yönetmelikler ile diğer bazı kanunlarda akarsuların kıyıları ile ilgili yer alan maddeler gözden geçirilmiştir. Akarsu kıyılarının bilimsel tanımı, akarsu kıyı tipleri, akarsu kıyı kenar çizgilerinin bilimsel tanımları ve özellikleri, konu ile ilgili jeomorfolojik tanım ve açıklamalara yer verilmiştir. Bozkurt, Babaçay ve Dereli sel afetlerin gerçekteleştiği sahalarda, son 3 yıl içinde belirli periyotlarla jeomorfolojik arazi gözlem ve ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 1/25000 ölçekli topografya haritalarından, Harita Genel Müdürlüğünden temin edilen her üç sahaya ait sel öncesi ve sel sonrası tarihlere ait yüksek çözünürlüklü hava fotolarından, Google Earth Pro ve HGM Küre uygulamalarında faydalanılmıştır.

Yapılan araştırmalar sonunda; her üç sel ve taşkın afetinin yaşandığı yerleşim yerlerinde, doğal akarsu yatakları içinde beton taşkın önleme setleri yapılarak, akarsu yatağının su taşıma kapasitesinin azaltıldığı, doğal akarsu kıyı kenar çizgilerinin yerleşimlerin iç kesimlerinde kalacak şekilde akarsu doğal yataklarının yapılaşmalara tahsis edildiği, akarsuyun taşkın debisine gelmeden kendi doğal yatağına yayılarak akışına devam etmesiyle sel ve taşkın afetlerine neden olduğu belirlenmiştir.

3621 sayılı Kıyı kanunu, Kanun hükmündeki Kararnameler ve ilgili yönetmelikler; deniz, akarsu, doğal ve yapay göl kıyıları olmak üzere tüm kıyıları kapsayacak içerikte olmalıdır. Bu içerik; kıyı jeomorfolojisi, kıyı morfodinamik süreçleri, hidrografik ve hidrolojik prensipler çerçevesinde, bilimsel yaklaşımla oluşturulmalı, tüm kıyı alanları ve etkileşim zonlarının planlanması ve yönetiminde tavizsiz uygulanmalıdır. Bu yaklaşımın akarsu kıyıları için de sahiplenmesi halinde, sel ve taşkınların önlenmesi, önlenemiyorsa sonuçlarının afete dönüşmesinin engellenmesi çalışmalarında başarılı sonuçlar alınacaktır.

ABSTRACT

Flash floods and floods are hazards originating from natural events and/or human activities. They are characterized as disasters according to their consequences and the extent of their consequences. Over the last few decades, the frequency of flash flood and floods disasters has been increasing. Human beings are responsible for this increase, as well as the impact of climate change. Since natural phenomena cannot be intervened, several of practices can be implemented to prevent flash floods and floods, and if they cannot be prevented, to prevent them from turning into disasters. One of them is to consider the river's coastline in terms of land use and planning along the river. This study aims to emphasize the importance of river banks, river coastlines, and related scientific processes in preventing flash floods and flood hazards and preventing them from turning into disasters if they cannot be prevented through the examples of Bozkurt (Kastamonu) and Babaçay (Ayancık, Sinop) flood disasters on August 11, 2021, and Dereli (Giresun) flood disasters on August 22, 2020.

Within the scope of the research, Coastal Law No. 3621, Decrees with the force of law and related regulations, and some other laws related to the coasts of rivers have been reviewed. Scientific definitions of river coasts, types of river coasts, scientific definitions and characteristics of river coastlines, geomorphological definitions, and explanations related to the subject were included. Geomorphological field observations and measurements have been carried out periodically in the last three years in the areas where Bozkurt, Babaçay, and Dereli flashflood disasters occurred. In addition, 1/25000 scale topography maps and high-resolution aerial photographs of the pre-flood and post-flood dates of all three areas obtained from the Directorate General For Mapping, Google Earth Pro and HGM Sphere applications were utilized.

As a result of the investigations, it was determined that in the settlements where all three flash flood and flood disasters were experienced, concrete flood prevention embankments were built in the natural river channel, the water carrying capacity of the river channel was reduced, the natural river channel was allocated for constructions in such a way that the natural river coastlines remained in the inner parts of the settlements. The river caused flash flood and flood disasters by spreading into its natural channel and continuing its flow before reaching the flood flow.

Coastal Law No. 3621, Decrees having the force of law and related regulations should cover all coasts, including sea, river, natural, and artificial lake coasts. This content should be created with a scientific approach within the framework of coastal geomorphology, coastal morphodynamic processes, and hydrographic, and hydrological principles. It should be applied without compromise in the planning and managing of all coastal areas. If this approach is adopted for river coasts as well, successful results will be obtained in preventing flash floods and floods, and if not, preventing their consequences from turning into disasters.

© 2024 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŞ

Kıyılar ve kıyıların kullanımı, kıyılardan faydalanma ile ilgili bir kaç kanun ve bu kanunlar ile ilgili çok sayıda Kanun hükmündeki Kararnameler ve yönetmelikler yürürlükte dir (TK, 1934; TSBKKK, 1943; İKDK, 1972; TTK, 1982; KK, 1990; BK, 2005; KKUDY, 2022). Ancak “3621 Sayılı Kıyı Kanunu” (KK, 1990), Kanun hükmündeki Kararnameler ve ilgili yönetmelikler (KKUDY, 2022); doğrudan kıyı tanımı, kıyının kullanılması, korunması ve yönetimi ile ilgilidir. Diğer kanunlar ise sadece ana temalarını ilgilendiren kıyılar ile ilgili maddeler içerirler. “4373 Sayılı Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Korunma Kanunu” akarsular ve akarsu kıyılarını, sel ve taşkın konularını hedef alan diğer bir kanundur (TSBKKK, 1943). Bir diğeri ise “6785 sayılı İmar Kanununda bâzı değişiklikler yapılması hakkında Kanun (İKDK, 1972) olup, bu kanunun EK 7. Maddesinde “Deniz, göl ve nehir kenarlarında 10m den az olmamak üzere imar ve İskan Bakanlığınca tespit edilecek mesafe koruma altına alınmaktadır. 2634 Sayılı Turizmi Teşvik Kanunu (TTK, 1982) Doğal turizm kaynaklarının korunması ve kullanılması: Madde 6 (Ek fıkra: 18/7/2021-7334/4 md) “Deniz, göl ve akarsular ile kıyıları, özelliklerini bozucu ve yıpratıcı şekilde kullanılamaz” sınırlaması ile kıyıları koruma altına almıştır. 2644 Sayılı Tapu Kanunu (TK, 1934); 8, 9, 10, 14. maddeler kıyılar ile ilgili açık yönlendirmeler içermektedir.

Ayrıca 5393 Sayılı Belediye Kanunu (BK, 2005), Belediye tasarrufundaki yerler başlıklı 79. Madde de deniz, akarsu ve göl kıyıları ile ilgili açıklamalar içermektedir.

Farklı kanunlarda, belirli yönleri ile yer almasına karşın, kıyı ile ilgili temel yasal düzenlemeler 3621 sayılı “Kıyı Kanunu”, bu kanun ile ilgili Kanun hükmündeki Kararnameler ve ilgili yönetmelikler ile belirlenmiş olup, uygulanmaktadır. Kıyı; bir yeryüzü şeklidir. Hareketli ya da durgun su ortamları ile kara ortamları arasındaki geçiş zonuna ait jeomorfolojiyi tanımlar. Bu jeomorfolojinin oluşum ve gelişimi güncel etkin olan morfolodinamik süreçlerin kontrolü altında gerçekleşir (Nazik, 2017; Turoğlu, 2017-a; Turoğlu, 2019-a). Kıyı ile ilgili güncel yasal mevzuat hemen tamamen deniz kıyılarına odaklanmış olup, akarsu, göl kıyıları çok büyük oranda gözardı edilmiştir (Turoğlu, 2009; Turoğlu, 2017-b; Turoğlu, 2021). Güncel yasal mevzuatta akarsular ile ilgili “Kıyı Çizgisi”, “Kıyı Kenar Çizgisi” tanımı, bu sınırlar için tanımlayıcı jeomorfolojik deliller ve açıklamalarındaki hatalar ve eksiklikler; kıyı kullanımı ile ilgili yanlışların yapılmasına neden olmaktadır. Yasal mevzuatta; 3621 sayılı Kıyı Kanununda açıkça belirtilen “Kıyı Kenar Çizgisi” sınırlaması ve bu sınırlama ile ilgili getirilen yasal düzenlemeler deniz kıyıları için dikkate alınırken, sadece belirtilen akarsular ve onların belirli bölümleri

için çok açık olmayan, ciddi anlamda eksiklikleri de içeren düzenlemelere yer verildiği görülmektedir. Akarsu kıyıları için söz konusu bu eksiklikler; akarsu kıyı kullanımı ve akarsu kıyılarından faydalanmada yanlış tercihlerin yapılmasına, hatalı projelerin uygulanmasına ve sonuçta da afet boyutlarında sel ve taşkınların meydana gelmesine zemin hazırlamaktadır.

Akarsu sel ve taşkınları; akarsu debisinin yatak su taşıma kapasitesinin üstüne çıkmaları halinde, mevcut akarsu yatağının büyük hacime ulaşan su kütlesini deşarj etmekte yetersiz kalmasıyla gerçekleşir (Turoğlu, 2007; Turoğlu, 2011; Nazik, 2017; Turoğlu, 2019-b; Sarıgül & Turoğlu, 2020; USGS, 2024). Akarsuların hangi debilerde sel ve taşkına neden olduğu ise akarsuyun su taşıma kapasitesine, bir başka ifadeyle akarsuyun iki kıyı kenar çizgisi arasındaki kesit alanına ve yatak içinde, biraraya gelerek akışa geçen su hacmine bağlıdır (Turoğlu, 2022; Turoğlu, 2023).

Eğer antropojenik müdahaleler olmamış ise akarsuyun su taşıma kapasitesi; temel olarak onun drenaj sistemi ve yatak kesit özelliği ile ilişkidir (Wang vd., 2022; Turoğlu, 2023). Bu doğal özellikler bazı hallerde sel ve taşkını teşvik edici olabilir. Ya da farklı amaçlar için akarsuyun drenaj sistemi ve yatak kesit özelliklerinde yapılan müdahaleler, özellikle doğal kıyı kenar çizgileri göz ardı edilerek gerçekleştirilen “dere ıslah projeleri” çoğu kez akarsuların doğal su taşıma kapasitelerini olumsuz etkileyerek sel ve taşkınlar için teşvik edici rol oynar (Sarıgül & Turoğlu, 2020; Salawu & Leke, 2024).

Akarsu debisinin sıradışı seviyelere ulaşması; şiddetli yağışlar ve hızlı kar erimeleri gibi meteorolojik olduğu kadar, baraj kapaklarının açılması, depremin dolaylı etkisi gibi daha farklı sebeplerle de olabilir (NOAA, 2024). Sel ve taşkınların meydana gelmesindeki bu iki temel faktör sabit olmayıp, değişkenlik arz eder. Aslında, akarsuyun debi değişkenliği ile su taşıma kapasitesi değişkenliği arasındaki ilişki sel ve taşkın ve hatta onların boyutları için belirleyici olur.

Yağış ve sıcaklık gibi iklim elemanlarının özelliklerindeki farklılaşmalara bağlı olarak akarsu debi değişiklikleri gerçekleşir. Örneğin; Karadeniz bölgesinin Karadeniz aklanındaki akarsularda son 25 yılda meydana gelen

sellerin, iklim değişikliğinin sıcaklık ve yağış rejimindeki değişimle doğrudan ilişkili olduğu (Milly vd., 2002; Simonović, 2012; IPCC, 2021) görülmektedir. Bu ilişkiyi; yıl içindeki sağanak yağışların tekrar sayısının artması, sağanak yağışların yıl içindeki dağılışının yaz aylarına kayması (Türkeş vd., 2013; Kitoh, 2014; Turoğlu, 2014) doğrulamaktadır. Sağanak karakterli yağışlar; akarsuların sıradışı yüksek debilere ulaşmasına neden olarak seller, akarsuyun su taşıma kapasitesine bağlı olarak da sel afetleri meydana gelir.

Akarsuyun su taşıma kapasitesinin belirlenmesinde akarsu yatağı ıslak çevre uzunluğu önemli bir parametredir (Leopold & Maddock, 1953; Sear vd., 2003; Brierly & Fryirs, 2006; Turoğlu, 2022; Turoğlu, 2023). Zira, ıslak çevre uzunluğu akarsu yatağını belirler ve ıslak çevre uzunluğunun akarsu yatağının her iki tarafındaki son noktaları; akarsuyun kıyı kenar sınırını oluşturur (Şekil 1). Bu son noktaların akarsuyun her iki kıyısı boyunca birleştirilmesiyle de akarsuyun kıyı kenar çizgileri belirlenmiş olur (Turoğlu, 2022; Turoğlu, 2023). ıslak çevre uzunluğu ve dolayısıyla da kıyı kenar çizgileri aşındırma, taşıma, biriktirme faaliyetlerine bağlı jeomorfolojik süreçlerin delillerine dayandırılarak belirlenebilir. Doğal vadi ve yatak özellikleri değiştirilmemiş olan akarsularda ıslak çevre uzunluğunun belirlenmesi çok daha sağlıklı yapılabilir. Ancak beşeri müdahalelerin yapıldığı akarsularda doğal ıslak çevre uzunluğu ve doğal kıyı kenar çizgisi belirlenmesi için jeomorfolojik delil bulmak zorlaşır.

Bu araştırmada; akarsu kıyı kenar çizgisinin, sel ve taşkınların meydana gelmesi ve afete dönüşmesindeki öneminin araştırılması ve tartışılması amaçlanmıştır. Sel ve taşkın amaçlı araştırmaların akarsuyun su toplama havzası ölçeğinde ele alınması doğru olan yaklaşımdır. Sel ve taşkın olayları; akarsu havzası içindeki coğrafi koşulların yönlendirdiği flüviyal bir gelişmenin sonucunu temsil eder. Bu sonuç gelişiminin nasıl olacağı, ne şiddette gerçekleşeceği gibi soruların cevabı ya da yapılmaması gerekenler, alınacak tedbirler için ise öncelikle akarsu kıyı kenar çizgisinin belirlenmesine ihtiyaç vardır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın teorik altyapısını destekleyici, kaynakçada belirtilen bilimsel çalışma ve yayınlar konu ile ilgili yerli ve yabancı hakemli yayın literatürünün taraması ile temin edilmiştir. Bunlara, makale içinde atıf verilmiştir. Vaka örnekleme yapılan; Dereli (Giresun) seli, Babaçay (Ayancık, Sinop) seli, Bozkurt (Kastamonu) seli için her bir sahaya son 3 yıl içerisinde, farklı dönemlerde arazi çalışması yapılarak makaleye konu olan içerik araştırılmıştır. Araştırmada, güncel ve geçmişe ait arazi verisi temini amaçlı olarak 1/25000 ölçekli topografya haritaları, Harita Genel Müdürlüğü Küre (HGM Küre v4.2.98) uygulaması, Harita Genel Müdürlüğünden temin edilen farklı yıllara ait hava fotolarından faydalanılmıştır. Ayrıca DJI Mini SE Hava aracı, Garmin eTrex 10 el GPS, ATLM 60 Lazer Mesafe Ölçer kullanılarak arazi ölçümleri yapılmış ve veritabanı oluşturulmuştur. Çalışılan sahalara ait yüzey, mesafe ve çakıştırma analizleri için ArcMap 10.7 Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

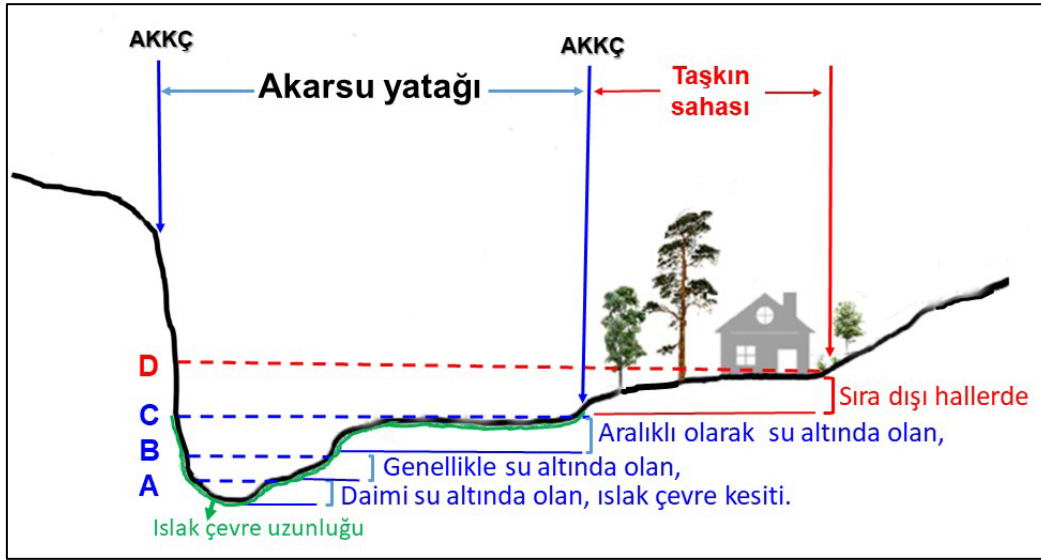
Sel ve taşkınlar, akarsuların morfodinamik süreçlerindedir. Dolayısıyla, flüviyal süreçlerin etki/etkileşim alanları; sel ve taşkınları kontrol eden, yönlendiren coğrafi parametrelere bağlı olarak şekillenir. Akarsu kıyı kenar çizgileri; akarsu boyunca, her iki yamaçtaki akarsu süreçlerinin etki alanı sınırlarını temsil eder. Bir başka ifadeyle; akarsu morfodinamik süreçlerin şekillendirici etkileri, maksimum akarsu kıyı kenar çizgisine kadar geerkeşebilirler. Bu nedenle; sel ve taşkınlar için öncelikli olarak akarsuların doğal kıyı kenar çizgilerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır.

3.1. Akarsu kıyı kenar çizgileri ile sel ve taşkın ilişkisi

Bir akarsuyun aktif yatağı; onun enkesitindeki ıslak evre uzunluğu ile tanımlanır. Bu nedenle, akarsuyun ıslak evre uzunluğu; akarsuyun su yüzeyinin iki yamaç arasındaki temas ettiği en yüksek seviyeye ait enkesit profilidir (şekil 1). Akarsuyun su seviyesi yıl içinde değişebilir (şekil 1; A, B, C seviyeleri). Akarsuyun kıyı

izgisi; sabit olmayıp, herhangi zamandaki su seviyesine ait suyun yatak ile temas ettiği noktaların birleştirilmesi ile oluşan sınırdır. Bu nedenle akarsuyun kıyı çizgisi yıl içinde, mevsimsel olarak ya da aynı mevsim içinde yağış veya beslenme durumuna göre, hatta yıllara bağlı olarak, kıyı kenar çizgileri içinde değişebilir. Akarsuyun kıyı kenar çizgisi; akarsuyun su hareketlerinin doğrudan ve dolaylı olarak etkisi altında olduğu, akarsu yatağının dış sınırını temsil eder (şekil 1; C seviyesi) (Turoğlu, 2023). Akarsu kıyı kenar çizgileri; kıyı çizgileri gibi hareketli değildir. Eğer akarsuyun (C) su seviyesi bir diklikle temas ediyorsa, bu durumda akarsuyun bu noktadaki kıyı kenar çizgisi, bu dikliğin akarsu ile etkileşim halinde olan üst kenarından geçer. Dar-yüksek akarsu kıyı tipinde (Turoğlu, 2023) durum böyledir. Anakaya içine gömülmüş olan boğaz vadiler, menderesli akarsularda çarpma yamacı dikliği, V şekilli genç vadilerde akarsu kıyı tipi dar-yüksek kıyı tipinde olup, kıyı kenar çizgileri akarsu ile doğrudan ya da dolaylı olarak etkileşim halinde dikliğin üst kenarından geçer (Turoğlu, 2023). şekil 1 de kesitin sağ tarafı "akarsu geniş-alçak kıyı" tipini, şeklin sol tarafı ise "akarsu dar-yüksek kıyı" tipini temsil etmektedir (şekil 1).

şekil 1'deki (D) seviyesi; Ekstrem yüksek su seviyesi olup, frekansı çok düşük olan, sıradışı hallerde geerkeşen, akarsu boyunca yer alan kara ortam koşullarının (vejetasyon, toprak, yerleşim alanları, vd.) hakim olduğu, az eğimli, düz ve düze yakın sahaları işgal eden su seviyesidir. Akarsu yatağı dışındaki bu araziler taşkın sahası, taşkın (feyezan, seylap) ovası, olarak da tanımlanır (şekil 1). Taşkın sahaları ya da ovaları; doğrudan veya dolaylı olarak güncel akarsu süreçlerinin etkisi altında değildir. Güncel olmayan akarsu süreçleri ile taşkıyıp biriktirilmif alüviyonlardan oluşan akarsu taraça düzlükleri, dağıı ovaları, tektonik kökenli alüviyal dolgulu ovalar, kıyı ovaları ve deltalar akarsu taşkın düzlükleri, hatta aşınım yüzeyi düzlükleri dahi olabilir. Bu morfolojilerde, akarsu yataklarından taşan sediment yüklü sel suları yayılma imkanı bulabilir ve bu düzlüklerde sel sularının asılı yükleri taşkın sedimentleri olarak çökelebilir (şekil 1).



Şekil 1: Daimi akışa sahip bir akarsuyun; ıslak çevre uzunluğu, farklı su seviyeleri ve taşkın sahası. (A) En alçak su seviyesi: Akarsuyun akış gösterdiği en çekik su seviyesidir. (B) Normal su seviyesi: Akarsuyun istatistiksel olarak en çok tekrarlanan su seviyesidir. (C) Normal yüksek su seviyesi: Akarsu yatağını tamamen dolduran su seviyesidir. (D) Extrem yüksek su seviyesi: Taşkın sahası tamamen su ile dolar (göllenme gerçekteşir) (Turoğlu, 2023).

Figure 1: The length of the wetted perimeter, different water levels and floodplains of a perennial stream. (A) Lowest water level: The lowest water level at which the stream flows. (B) Normal water level: The most statistically recurring water level of the river. (C) Normal high water level: The water level that completely fills the river channel. (D) Extreme high water level: The floodplain is completely filled with water (ponding occurs) (Turoğlu, 2023).

Bazı projelerde; akarsuyun yüksek su seviyesine ulaştığında (Şekil 1) su altında kalacak olan akarsu yatağının bir bölümü, çoğunlukla “yer kazanmak” amacıyla, akarsuyun her iki kıyısında taşkın levelesi ya da beton taşkın koruma duvarları yapılmak suretiyle, akış kanalı dışında bırakılır. Böylece akarsu yatağı içinde kazanılan alan farklı amaçlar için kullanıma açılmaktadır. Bir başka ifadeyle; yapılan taşkın leveleri ya da beton taşkın koruma duvarları ile yapay/antropojenik bir akarsu kıyı kenar çizgisi oluşturulur. Bu durum aslında sel ve taşkını teşvik edici bir uygulamadır. Zira akarsu yatağı içinde, ıslak çevre kesiti üzerine, onu kısaltacak şekilde gerçekteştirilen taşkın leveleri ya da beton taşkın koruma duvarları, akarsu yatağı kesit boyutlarını küçülterek, akarsuyun su taşıma kapasitesini de azaltır. Akarsu yatağı kesit alanının korunması amacıyla, daraltılan akarsu yataklarında yüksek beton taşkın setlerinin yapılması; akarsu akış hızının dolayısıyla kinetik enerjisinin artmasına neden olarak, seli teşvik edecektir. Böylece doğal yatağında sel ve taşkına neden olmayacak, yüksek su seviyesine ulaşan debiler; yatak kesit alanına yapılan bu müdahaleler nedeni ile sel ve taşkına dönüşmektedir. Karadeniz bölgesindeki sel ve taşkınların önemli sayıdaki

örnekleri bu tür hatalı dere ıslah projelerinin uygulandığı akarsularda meydana gelmiştir. 11 Ağustos 2021 Babaçay, Ayancık (Sinop) ve Bozkurt (Kastamonu) selleri ile 22 Ağustos 2020 deki Dereli (Giresun) seli son yıllarda afet boyutunda gerçekteşen önemli örneklerden 3 tanesidir. Her üç sel afetinin ortak özelliği; selden zarar gören yapıların doğrudan akarsun kıyı kenar çizgileri arasındaki kıyı alanı içinde yer almış olmalarıdır.

3.2. Akarsu yatağı içindeki binaların sele etkisi

Her türlü bina inşaatları için bina ± 0.00 kotu verilirken hafriyat (kazı) yapılmamış ya da dolgu yapılmamış tabii zemin, bir başka ifadeyle doğal topografya yüzeyi ya da eğer bir yol cephesi varsa bu yola ait tretuvar kotu esas alınır (PALİY, 2017). Binaların subasman kotu (zemin kat taban kotu); Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne göre (PALİY, 2017), binaların zemin kat taban döşemesi üst kotu; ± 0.00 kotunun üstünde ve maksimum $+1.20$ kotunda olmak zorundadır. Bina Zemin katı; subasman kotu üzerindeki ilk ve binanın gömülü olmayan en alt katıdır (İK, 1985). Babaçay, Bozkurt ve Dereli sel afetlerinde yıkılan ya da değişik oranlarda hasar gören binalar; akarsuyun yüksek su seviyesine ait (Şekil 1) her iki tarafındaki kıyı alanı (akarsu

yatağı) içine ait tabii zeminde inşaa edilmiştir. Bozkurt'ta, Babaçay'da, Dereli'de sel kontrolü ve taşkın önleme amacıyla, akarsu boyunca uygulanan beton duvar (set/kret) yapılarının akarsu kesit alanını küçültmesi ya da dar yüksek beton kanalın hidrodinamiği nedeniyle sel ve taşkını teşvik etmiştir. Bozkurt'ta, Babaçay'da, Dereli'de yüksek su seviyesi debisine ulaşan akarsu; hem beton duvar arkasından ve hem de beton duvarı aşarak, çoğu yerde de yıkarak, doğal yatağı içine yayılıp, yüksek enerjili akışına devam etmiştir. Akarsu yatağı içindeki, bina kotu ± 0.00 olan yapıların zemin katları tamamen su içinde kalmış, su seviyesi binaların 1. Katına kadar yükselmesiyle sel hasarına uğramıştır. Akarsu yatağı içine inşaa edilen yapılar da kendi hacimleri ile akarsuyun doğal yatağına ait kesit alanını küçültmek suretiyle sel sularının daha da yükselmesine neden olmuşlardır.

Sel ve taşkınların meydana gelmesini, onların birer afete dönüşmesini teşvik eden bir diğer yatak içi uygulamalar ise akarsuyun doğal yatağı içine yapılan dolgulardır. Akarsu kret kotu; taşkın kontrolü maksadıyla, dere kenarlarına inşa edilen beton duvarlar veya akarsu malzemesi, kaya, blok, vb. malzemeler kullanılarak gerçekleştirilen taşkın levasi şev üst kotudur. 3621 sayılı Kıyı Kanunu'nda (KK, 1990) (Değişik: RG-24/10/2020-31284) "*akarsu kıyı kenar çizgisi; taşkın seddinin veya taşkın seddi niteliğindeki taşkın koruma yapısının kara tarafındaki toprakla keşiştiği sınırdan tespit edilir*" der (KKUDY, 2022). Ancak yatak kesit alanını küçülten, akarsu sutaşıma kapasitesini azaltan akarsu sel-taşkın koruma yapıları sel ve taşkınları önlemekte yetersiz kaldığında sel ve taşkınlar afete dönüşmektedir. Zira 22 Ağustos 2020 Dereli ve 11 Ağustos 2021 Ayancık ve Bozkurt sellerinde olduğu gibi, sel-taşkın koruma yapılarını aşan ya da yıkan sel suları, akarsuyun iki doğal kıyı kenar çizgisi arasındaki yüksek su seviyesi tabanına yayılarak, akarsu yatağı içindeki şehirsel yapılara zarar vermek suretiyle afete neden olmuştur. 11 Ağustos 2021 sellerinden sonra, Bozkurt'ta 3,5m yüksekliğinde yapılan beton sel-taşkın setlerinin kret kotları esas alınarak ve Ezine ayı'nın yüksek su seviyesi yatağı içinde dolgu yapılarak doğal yatak kotu yükseltilmiştir. Yükseltelen bu yeni zemin esas alınarak, yol kotları ve bunlara bağlı olarak da yeni yapılan

TOKİ konutlarının su basman kotları verilmiştir. 11 Ağustos 2021 selinden sonra Ezine ayı yüksek su seviyesi yatağı içine yapılan bu uygulamalar; öncesine göre genişletilmiş yeni akarsu akış kanalına rağmen, sel sularının akış kanalı dışına yayılması halinde, taşkın sularından korunma amaçlı yatak içindeki dolgu işgali nedeni ile çok daha zarar verici sonuçları olması beklenmelidir.

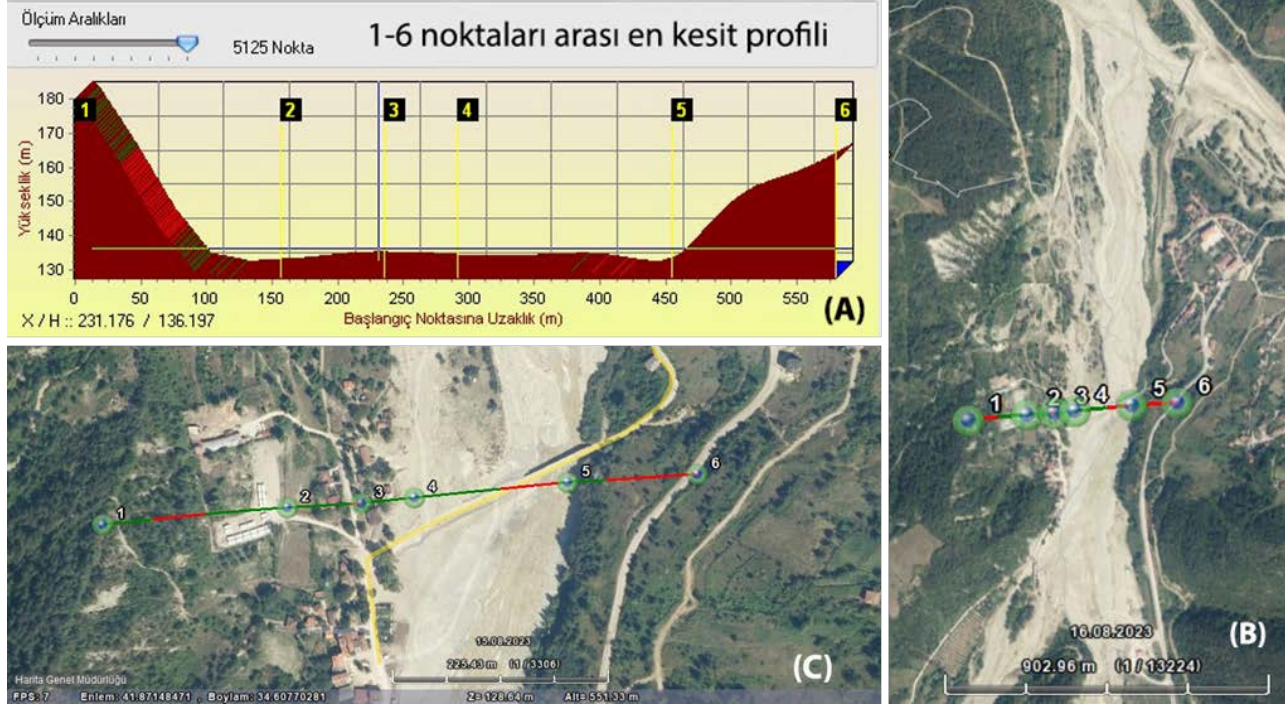
3.3. Babaçay (Ayancık, Sinop) seli örneği

Ayancık'ta 10 Ağustos 2021 günü başlayıp, 12 Ağustos 2021 günü akşam saatlerine kadar devam eden yağışta toplam 333,63mm yağış ölçülmüştür (MGM, 2022). Yağışla beraber sel ve heyelanlar meydana gelmiş ve 6 kişi kayıp olmak üzere toplam 16 kişi hayatını kaybetmiştir (AFAD, 2021). Sel; Ayancık ayı kıyıları boyunca yer alan çok sayıda çok katlı konut, hastane, küçük sanayi arşısı ve diğer esnafa ait işyerlerinin önemli derecede fiziki zarar görmesine neden olmuştur. Akarsu doğal yatağı içinde kalan yerleşim alanlarının da yükselip mevcut yatağı dışına yayılan sel sularının istilasıyla, su baskını ve taşkın çökellerinin neden olduğu zararlardan afet niteliğinde etkilenmiştir. Ayancık sel afetinde en fazla hasar Babaçay Köyünde gerçekleşmiştir. Sel nedeni ile Babaçay Köyü'nün Ayancık ile bağlantısını sağlayan ayaklı köprü ve 30 dan fazla evin yıkılmış olması ve çok sayıda evin ise farklı derecelerde hasar görmüş olması; sel afetinin Babaçay Köyündeki boyutlarına ait fiziki delilleridir.

Babaçay Köyü, arazinin engebeliliği, eğimin fazla, tarım alanlarının kısıtlı, yüzeysel drenaj dizin zenginliğinin suya ulaşmadaki kolaylığı ve ulaşım zorlukları gibi nedenlerle; 1/25000 ölçekli eski topografya haritalarında, 1970 li yıllara kadar Makasbaşi, Sarnıç, Kesecik, Ayıp, Kötügen, Furuncuk mahallelerinin dağınık yerleşme dokusundaki bir köy olarak görülmektedir. Makasbaşi mahallesi akarsu taşkın düzlüğünde, diğer mahalleler ise alçak plato düzlükleri, sırtlar ve az eğimli yamaçlarda yer alır. 19-20 Mart 1985 tarihlerinde, Sarnıç mahallesinde meydana gelen heyelan (CDAB, 1985; Öner & iek, 1987; Kaya vd., 2022) sonrasında, afet konutlarının Makasbaşi mahallesi kuzeyindeki akarsu yüksek su seviyesi yatağı içine inşaa edilmesi ile bu dağınık mahallelerdeki aileler birer ikişer Makasbaşi mahallesi ve çevresinde, akarsu yatağı içinde

bulabildikleri ya da yaratabildikleri düzlüklere ev yaparak yerleştiler. 11 Ağustos 2021 selinde yıkılan 30 dan fazla ev ve oturulamayacak kadar hasar gören evler; özellikle 1985 ve sonrasında akarsu yatağı içine yapılan konutlardır (Şekil 2). Babaçay Köyünde sel afetinin boyutlarının bu kadar büyük olmasının nedeni; öncelikle afet evlerinin doğrudan akarsuyun iki kıyı kenar çizgisi arasında, akarsu yatağı içinde yapılmış olmasındır. Foto 1 de yer alan sel hasarı gören

konutlar Şekil 2'deki akarsu enkesit profiline ait akarsu yatağındaki 2, 3 ve 4 nolu noktalar arasında yer alan konutlardır (Şekil 2, Foto 1). Bu kesit hattı üzerinde sel sularının etki genişliğinin 350m kadar olduğu llmştr. Bu genişlik Şekil 1'deki yüksek su seviyesi (C) kotuna denk gelmekte olup, arazide tespit edilen akarsu kıyı kenar çizgileri lokasyonlarını da doğrulamaktadır.



Şekil 2: Babaçay ky lokasyonuna ait akarsu en kesit profili ve 11 Ağustos 2021 sel yüksek su seviyesi (Ayancık, Sinop) (Şekiller HGM 2022 uygulamasında üretilmiştir) / **Figure 2:** Stream cross-section profile of Babaçay village location and flood high water level on August 11, 2021 (Ayancık, Sinop) (Figures are generated in HGM 2022 application).



Foto 1: Babaçay Kynn Şekil 2 deki 3-4 nolu lokasyonu ve evresine ait sel afeti fotoları; (A) sel afeti anı, (B) Sel afeti bitişi, (C) Sel afeti sonrası (URL 1, URL 2) / **Photo 1:** Flood disaster photos of Babaçay Village, location 3-4 in Figure 2 and its surroundings; (A) during the flood disaster, (B) after the flood disaster, (C) after the flood disaster (URL 1, URL 2).

Şekil 2'deki (enkesit profili) mavi izgi; 11 Ağustos 2021 tarihindeki sel sularının yükselme kotu olup, selde yıkılan afet evlerinin (2, 3, 4 nolu lokasyonlar) en yüksek kotu referans alınmıştır. Şekil 2'deki 5 nolu lokasyonlar akarsu çekik seviyesine ait yatak kotudur. 2'den itibaren 3 ve 4 nolu lokasyon kotları esas alındığında, akarsuyun her iki yamacındaki

seviyeler arası profil; akarsuyun yüksek su seviyesine ait ıslak evre uzunluğunu içinde kalır ve akarsuyun aktif yatağıdır. Selden zarar gören evlerin hemen hemen tamamı bu alandaki evlerdir. Babaçay kynn eski evlerinin bir kısmı (Şekil 2'deki profil hattının güneyindeki ve Güneybatısındaki konutlar) akarsuyun batısındaki kıyı kenar çizgisinden

yamaca doğru yer aldığı için selden zarar görmemiştir. Akarsu, batıdan yan kol ile birleştiğinde yatağı içinde doğu yamacına doğru yanaşarak akışına devam eder. Babaçay köprüsü altında akarsuyun batı tarafı alçak geniş kıyı tipinde ve doğu yamacı dar yüksek kıyı tipindedir (şekil 1) ve akarsuyun bu kesiminde talveg hattı akarsuyun doğu yamacındadır. Bu yamaçta kıyı kenar çizgisi şekil 1'deki gibi dikliğin köprü bağlantı yükseltisinden geçer (şekil 1 ve 2).

3.4. Bozkurt (Kastamonu) seli örneği

10 kişinin kayıp olmak üzere, toplam 81 kişinin yaşamını yitirdiği (AFAD, 2021) 11 Ağustos 2021 tarihli sel afetinde Ezine Çayı kıyıları boyunca çok katlı, çok sayıda konut ve iç yeri de yıkılmış ya da değişik derecelerde hasar görmüştür. Sel suları Ezine Çayı'nın her iki tarafındaki yüksek su seviyesi yatağın içinde bulunan binaların 2. katlarına kadar yükselmiştir (Foto 2). 11 Ağustos 2021 tarihindeki selin sebebi; Ezine Çayı'nın doğal kıyı kenar çizgileri arasında kalan yatağının önemli bölümü şehirselleşi yapılaşmalar ile işgal edilmiş olmasıdır. Ezine Çayı'nda, yer kazanma amacıyla kanal kesit alanını küçülterek, yüksek debili akışı beton taşkın setleri ile kontrol altına alma projesinin başarısızlığı sel afetine davetiye çıkartmıştır.

11 Ağustos 2021 tarihindeki selden sonra, Ezine Çayı'nın yüksek debili akışlarının sele, tekrar yeni sel afetlerine dönüşmemesi için gerçekteştirilen çalışmalarda; kanal genişliği 70,0m ye arttırılarak, akarsuyun her iki yakasına 3,5m yüksekliğinde beton set inşaa edilmiştir (şekil 3; Foto 3). Bu setler esas alınarak, yükseltilmiş yeni yol kotları oluşturulmuştur. Bu durumda mevcut bina girişleri; yeni yol kotundan - 2,40m aşağıda kalmış olup, yol kotunda aşağıda kalan bina giriş problemine

merdiven inişleri ile çözüm bulunmuştur (Foto 3 ve 4).

11 Ağustos 2021 tarihli sel afeti öncesinde, Ezine Çayı yatağı içine inşaa edilmiş olan binaların zemin kotu Ezine Çayı yüksek su seviyesi yatak kotundadır. Bu binaların su basman kotu da yanından geçen yolun kaldırım kotu ile aynı seviyede alınmıştır. 11 Ağustos 2021 tarihli selden sonra, Ezine Çayı doğal yatağının bu bölümleri beton taşkın setleri ile uyumlu olarak doldurulmak sureti ile bu binaların bulunduğu yol kotu yükseltilmiştir. Yeni yapılan TOKİ konutlarının bir kısmının yer seçimi de yine akarsu doğal yatağı içinde olmuştur. Sınarcık Caddesi, Rahmi Canbaz Caddesi ve bu iki ana caddeyi birbirine bağlayan Nihat Yavuz Sokak ve diğerleri üzerindeki yeni inşaatların su basman kotu; bu alanda doldurularak yükseltilen yeni yol kotundan alınmıştır. Bu cadde ve mahallelerdeki, 11 Ağustos 2021 tarihinden önce yapılmış olan konutların girişleri yeni yol kotu ve yaya kaldırım seviyesinden bir kat (-2.40m) aşağıda kalmış olup, bu binaların girişine merdiven ile inilmektedir (Foto 4). İlçe genelindeki, Ezine Çayı'nın akarsu süreçlerinin etki ve etkileşim alanı içinde olan, yeni yüksek yol kotundan düşük kotlardaki girişe sahip eski binalar (Foto 3 ve 4) yeni sel afetlerinin yüksek riski altındadır. şekil 4 teki profildeki mavi çizgi sel sularının hasar verdiği en yüksek seviyeyi göstermektedir. Sınarcık Caddesi, Rahmi Canbaz Caddesi ve bu iki ana caddeyi birbirine bağlayan Nihat Yavuz Sokak ve çevresindeki (Foto 2, şekil 4, te görülen 4 nolu lokasyon ve çevresi) binaların duvarlarındaki taşkın yüksek su seviyesi izlerine ait ölçümler esas alınarak belirlenmiştir.



Foto 2: 11 Ağustos 2021 Bozkurt selinde taşan sel sularının yayılış alanı ve sel hasarları (URL 3, URL 4).

Photo 2: Spread area of overflowing flood waters and flood damages in Bozkurt flood of August 11, 2021 (URL 3, URL 4).



Şekil 3: Ezine Çayı'nın Bozkurt yerleşmesi bölümünde (URL 5), 11 Ağustos 2021 seli öncesindeki ve sonrasında yeni yapılan taşkın koruma projesi kanal genişlikleri (1. Kanal genişliği görüntü tarihi 07 Şubat 2021 ve 2.Kanal genişliği görüntü tarihi 07 Ocak 2023).

Figure 3: Channel widths of the Bozkurt settlement section of Ezine Stream before the flood of August 11, 2021 and the channel widths of the newly constructed flood protection project afterwards (1st channel width image date February 07, 2021 and 2nd channel width image date January 07, 2023).



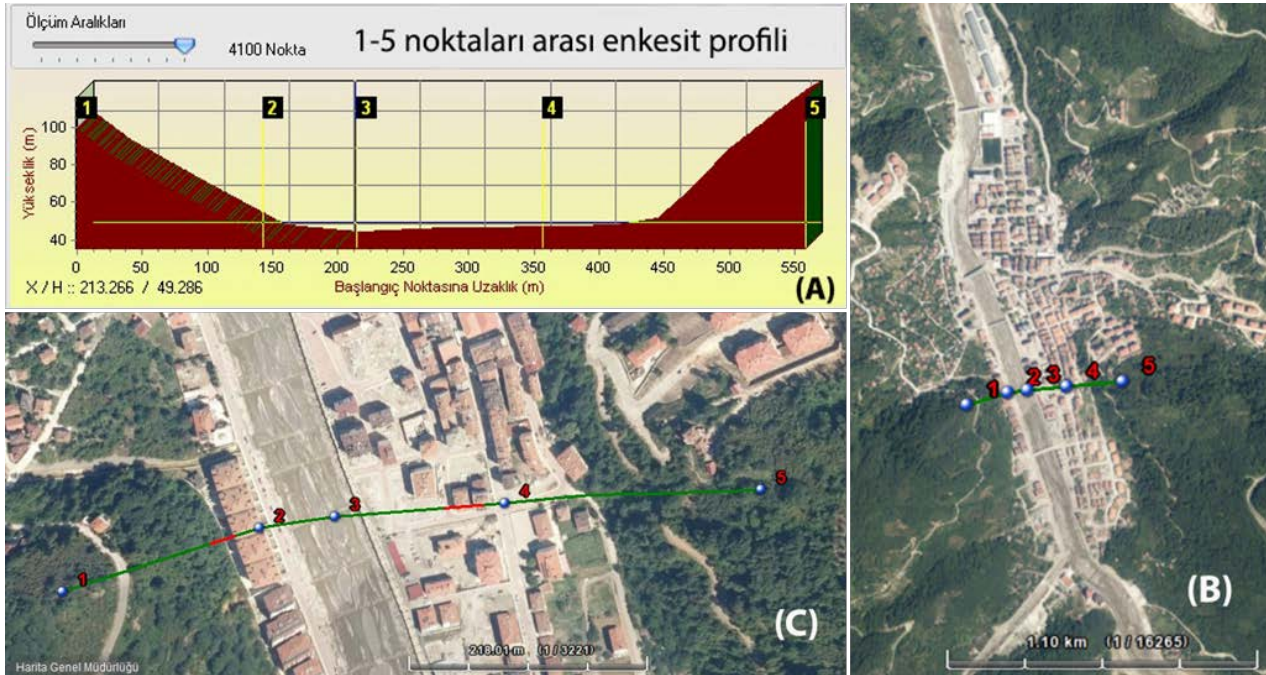
Foto 3: Ezine Çayı'nın Bozkurt yerleşmesi bölümünde, 11 Ağustos 2021 seli sonrasında yapılan 3,5m yüksekliğindeki beton taşkın koruma setleri, yükseltilen yol kotları, yol platformundan -2,4m düşük bina girişleri.

Photo 3: 3.5m high concrete flood protection embankments, raised road levels, and building entrances -2.4m lower than the road platform in the Bozkurt settlement section of Ezine Stream after the August 11, 2021 flood.



Foto 4: Ezine ayı'nın Bozkurt yerleşmesinde Ezine ayı yatağı içinde dolgu ile yapılan yol kotu yükseltmeleri ve yol platformundan -2,4 m düşük kotta kalan bina girişleri. Bu binaların giriş katları yol kotunun altındadır. Olası bir taşkın halinde binaların giriş katları tamamen su altında kalacak ve tahliye problemi yaşanacaktır.

Photo 4: In Bozkurt settlement of Ezine Stream, road level elevations constructed by filling within the channel of Ezine Stream and building entrances that are -2.4 m lower than the road platform. The ground floors of these buildings are below the road level. In the event of a possible flood, the ground floors of the buildings will be completely submerged and there will be evacuation problems.



Şekil 4: Ezine ayı, Bozkurt ilçesi lokasyonuna ait akarsu en kesit profili ve 11 Ağustos 2021 sel yüksek su seviyesi (Şekiller HGM 2022 uygulamasında üretilmiştir) / **Figure 4:** Ezine Stream cross-sectional profile of Bozkurt district location and flood high water level on August 11, 2021 (Figures are produced in HGM 2022 application).

3.5. Dereli (Giresun) seli örneği

Akarsu kıyı kenar çizgileri dikkate alınmadan gerçekleştirilen yerleşim amaçlı yapılaşmaların tipik örneklerinden biri de Giresun'un Dereli ilçesindedir. Dereli ilçesi (Şekil 5) şehrinsel yapılaşmaları çok büyük oranda Aksu Deresi'nin iki kıyı kenar çizgisi içindeki yüksek su seviyesi

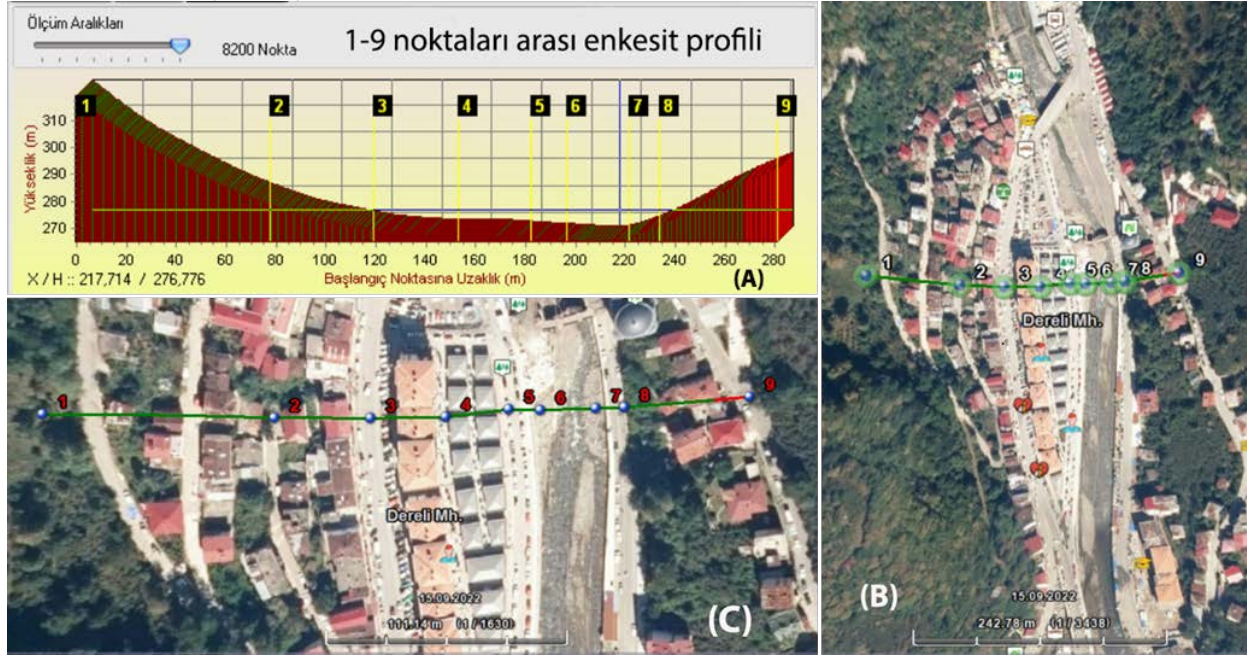
yatağı içinde yer almaktadır (Şekil 5). Aksu Deresinin her iki kıyı kenar çizgileri dik vadi yamaçlarına dayanır (Şekil 5).

22 Ağustos 2020 deki Dereli (Giresun) selinde, Aksu Deresi yüksek su seviyesine çıkan debisi nedeni ile akarsu iki kıyı kenar çizgisi arasındaki yatağını tamamen doldurmakla kalmamış, Şekil

1 deki (D) seviyesine yükseldiği saha çalışmaları ile belirlenmiştir. Aksu Deresindeki ekstrem su seviyesine ulaşılmasındaki önemli sebep; doğal dere yatağı içindeki yapılaşmalardır. İki kıy kenar çizgisi içinde kalan, doğal dere yatağı içindeki yapılaşmalar, akarsu yatağı içinde işgal ettikleri hacimleri nedeni ile su seviyesinin normalden daha fazla yükselmesine teşvik ederek, afetin boyutlarının artmasına neden olmuştur. Sel afetinde 11 kişi yaşamını yitirmiş, 20 den fazla bina yıkılmış, 360 dan fazla yapı hasar görmüştür. Aksu Deresi'nin doğal yatağı içinde yer alan cadde, sel sırasında dere yatağı olarak çalışmıştır (Foto 5). Sel sonrasında ise bu

cadde içine biriken sel çökelleri 2m kalınlığa erişerek binaların giriş katlarını hemen tamamen kapatmışlardır (Foto 5).

Beton taşkın koruma setlerinin; sel sırasında yıkılarak, dere yatağı içine yapılan bina ve yolları sel ve taşkından koruyamadığı Dereli'de de açıkça görülmüştür. Sel öncesinde beton taşkın koruma setleri ile 25-26 m genişliğindeki Aksu ayı kanalı (Kasım 2018), sel sonrasındaki yenilenme ile 35-36m genişlikte (Ağustos 2024) yeniden inşaa edilmiştir, yine aynı şekilde beton taşkın setleri ve aynı yerlere yeni binalar yapılmıştır (Foto 6 ve 7).



şekil 5: Aksu ayı, Dereli ilçesi lokasyonuna ait akarsu en kesit profili ve 22 Ağustos 2020 sel yüksek su seviyesi (şekiller HGM 2022 uygulamasında üretilmiştir) / **Figure 5:** Aksu Stream cross-sectional profile of Dereli district location and flood high water level on August 22, 2020 (Figures were produced in HGM 2022 application).



Foto 5: Aksu ayı'nın doğal yatağı içinde yer alan, şekil 5 teki 2 nolu lokasyon Dereli yerleşmesinin ana caddelerinden biri olup, 22 Ağustos 2020 seli sırasında bu cadde dere yatağı olarak alışmıştır. Sel sonrasında biriken sel enkazı binaların birinci katına kadar ulaşmıştır (URL 6, URL 7) / **Photo 5:** Location 2 in Figure 5, located in the natural channel of Aksu Stream, is one of the main streets of Dereli settlement, and during the flood of August 22, 2020, this street functioned as a stream channel. The flood debris accumulated after the flood reached the first floor of the buildings (URL 6, URL 7).



Foto 6: 22 Ağustos 2020 selinin Dereli'deki hasar temizliği sonrasında Aksu Çayı yatağı daha net olarak görölmektedir (URL 8). Sel öncesinde 25-26m olan kanal genişliği, sel sonrasında 35-36m ye artırılarak yeniden yapılmıştır. Oysa sel ile tahrip olan ve yüksek su seviyesi akışına ait temizliği yapılan kanal genişliği 113-120m genişliğindedir. Morfolojik veriler; doğal yatak genişliğinin bundan daha fazla olduğuna işaret etmektedir (ölçüm görüntüleri Google Earth Pro uygulamasından temin edilmiştir) / **Photo 6:** The Aksu Stream channel can be seen more clearly after the damage cleanup of the August 22, 2020 flood in Dereli (URL 8). The channel width, which was 25-26m before the flood, was increased to 35-36m after the flood. However, the width of the channel that was destroyed by the flood and cleaned for the high water level flow is 113-120m wide. Morphological data indicate that the natural channel width is much larger than this (measurement images were obtained from Google Earth Pro application).



Foto 7: 22 Ağustos 2020'de yaşanan sel afetinin ardından, Dereli ilçesinde, TOKİ tarafından yeniden yapılan konutlar ve iç yerleri ile diğer kamu binaları büyük oranda yine Aksu Çayı'nın doğal yatağlı içine inşaa edilmiştir (URL 9, URL 10) / **Photo 7:** After the August 22, 2020 flood disaster, the residences, workplaces and other public buildings reconstructed by TOKİ in Dereli district were largely built in the natural channel of Aksu Stream (URL 9, URL 10).

4. TARTIşMA

Sel ve taşkınlara; küresel iklim değişikliğinin giderek daha fazla hissedilir olmasıyla önem kazanan, gündeme gelen, sıklık ve şiddet özellikleri artış gösteren doğa kökenli tehlikelerdendir. Bu tehlikeler; jeomorfolojik, hidrografik, hidrolojik perspektifteki hatalı projeler nedeni ile ölkemizde her yıl daha fazla

afet boyutunda sonuçları ile can ve mal kayıplarına, ekonomik ve sosyal zararlara, doğal kaynak kayıplarına neden olmaktadır. Sel ve taşkınlara yaşamımızı olumsuz etkileyen bu zararlarından korunmak, afete dönüşen sonuçlarını engellemek; deniz kıyıları için uygulanan "Kıyı Kenar Çizgisi" zorunlu sınırlamasını akarsular için de geçerli olmasıyla büyük oranda başarılıdır. Bunun için akarsu

jeomorfolojisi, akarsu hidrolojisi, yağış-akış ilifkisine dayalı sũreçlerin ˆncelikle dikkate alınması gereklidir. Bu perspektifte; akarsu yatağı-akarsu taşkın ovası ayırımının doğru şekilde yapılması, sel-taşkın koruma setlerinin akarsu jeomorfolojisi ve sũreçleri perspektifinde projelendirilmesi, antropojenik akarsu kıyılarının sel ve taşkınlar ˆzerindeki etkilerinin nasıl olacağı ˆnem kazanmaktadır. Bu yaklaşım çerçevesinde, Kıyı Kanunu ve ilgili yasal mevzuatın Akarsu kıyıları, Kıyı Kenar ˆizgisi ve aˆıklamalarını doğru ve yeterli kapsamda iˆerecek şekilde revise edilmesi gerekir.

4.1. Akarsu yatağı - Akarsu taşkın ovası ayırımı

İnceleme sırasında akarsuyun su kˆtlesinin temas ettiği yatağının dışında olsa dahi, akarsuyun aktif su hareketliliğinin sũreçleri ve bu sũreçlere ait jeomorfolojik delillerin yayılış alanı; kıyı kenar ˆizgileri ile sınırlandırılan akarsu yatağıdır. Akarsu değişiklik gˆsteren ˆekik, normal ya da yˆksek su seviyelerine bağlı olarak akışı sırasında aşındırma ve biriktirme yapar. Aşındırma izleri, biriken sedimentlerin boyut, şekil ve tˆrpˆlenme ˆzellikleri, onların yayılış ve devamlılıkları, vb. deliller akarsu yatağının tanımlayıcı jeomorfolojik delilleri arasındadır. Ayrıca akarsu faaliyetlerinden etkilenen bitki ˆrtˆsˆ ve toprak ˆzellikleri de tamamlayıcı deliller arasındadır. Araziye tespit edilen bu delillerin yayılış alanları akarsu yatağına aittir.

Buna karşın, taşkın suları ile taşınıp, taşkın sularının ˆekilmesiyle gˆzlemlenip, tanımlanan ve takip edilebilen taşkın ˆkellerin yayılış alanları taşkın (feyezan, seylap) ovasıdır. Taşkın ovaları gˆncel akarsu faaliyetlerine ait deliller barındırmazlar. Farklı seviyelerdeki (debilerdeki) akarsu akışına ait gˆncel aşındırma ya da biriktirme morfolojilerin delillerine taşkın (feyezan, seylap) ovalarında rastlanmaz. Taşkın ovalarında; akarsu yatağı ˆvresindeki dˆzlˆđe yayılan, bol asılı sediment yˆkˆne sahip, sel sularının getirip bıraktığı, boylanma ve derecelenmenin izlendiği, taşkın ˆkelleri ayırt edici ve tanımlayıcı jeomorfolojik delillerdendir. Taşkın ovalarındaki taşkın ˆkellerinin boylanma derecelenme ˆzellikleri; akarsu yatağından taşan ve ˆvresindeki dˆzlˆklere yayılan, bol asılı yˆke sahip sel sularının yayılma hızına, dˆzlˆđˆn eğim ˆzelliklerine, yayılma alanına ve sel sularının sediment

yˆkˆne bağlıdır. Akarsu yatağından taşan sel sularının enerjisi yataktan taşma sırasında en yˆksek dˆzeydedir. Akarsu yatağından ˆıkan sel suları yataktan uzaklaştıka enerjisi azalarak ˆvresindeki dˆzlˆđe yayılır. Bu durumda yˆkˆne ait iri taneleri hemen yatağının yakınlarında bırakır. Sel sularının yayılması ve enerjisinin azalmasına bağlı olarak, yataktan uzaklaştıka bıraktığı sedimentlerin tane boyları kˆçˆlˆr. Dolayısıyla iriden ince taneliye doğru dˆzgˆn bir yatay derecelenme oluşur. Akarsu yatağından taşan sel suları ˆvresindeki taşkın ovasını işgal etmesinden sonra, bir sũre (genellikle bu sũre bir kaˆ gün, bazen bir hafta sũrebilir) gˆllenir ve daha sonra taşkın suları yavaş yavaş ˆekilir. Gˆllenme sırasında ˆnce iri taneliler ve gˆllenme sũresine bağlı olarak giderek ince taneli sedimentler ˆst ˆste ˆkelerirler. Taşkın ˆkellerinin en ˆstˆnde en ince tane boylu sedimentler yer alır ve bˆylece dˆzgˆn bir dˆřey derecelenme gerˆekleřir. Bu ˆzellikleri itibarıyla akarsu yatağı iˆindeki birikim ˆzelliklerinden kolayca ayrılırlar. Bir başka ifadeyle akarsu yatağı ile taşkın ovasını jeomorfolojik, hidrografik delillere dayandırılan tanı ve sınıflama yapılabilir.

4.2. Akarsu jeomorfolojisi ve sũreçleri perspektifinde sel-taşkın koruma setleri

Akarsu taşkın koruma setleri; akarsu kıyılarındaki erozyonal sũreçlere karşı gerˆekleřtirilen kıyı koruma yapılarından farklı olarak planlanan ve gerˆekleřtirilen yapılardır. Taşkın koruma setleri; dˆzensiz rejimli, sel karakterli akışa sahip akarsu yatakları iˆinde, kum, ˆakıl, blok, vb. dolgu malzeme ya da beton duvar ile uygun yˆkseklikte uygulanan setlerdir. Mevcut taşkın koruma setleri incelendiğinde, bunların ˆok yaygın olarak, akarsuyun istatistiksel olarak en ˆok tekrarlanan normal su seviyesi (şekil 1, B) ile akarsu yatağını tamamen dolduran normal yˆksek su seviyesi (şekil 1, C) akarsu yatağı iˆinde gerˆekleřtirildiđi gˆrˆlmektedir. Dikkat ˆekici bir başka husus ise akarsu yatağı iˆine yapılan bu taşkın koruma yapıları ile akarsu yatağından yer kazanılması ve bu alanın yapılaşmalar dahil diğer kullanımlar iˆin tahsis edilmesidir. Bozkurt'ta, Ezine ˆayı yatağından kazanılan alanlar, Babaˆay ve Ayancık merkezde, Dereli'de bu uygulamalar ˆok aˆık şekilde gˆrˆlmektedir.

Taşkın koruma setlerinin, akarsu doğal yatağından yer kazanma amacı olmadan, Akarasu Kıyı Kenar Çizgileri esas alınarak projelendirilmesi ve uygulanması; sel ve taşkın önleme, zarar azaltma hedefli başarılı projeler olabilir. Sel ve taşkınlar; akarsuların normal yüksek su seviyesini (Şekil 1, C) aşarak, ekstrem yüksek su seviyesine yükselmesi (Şekil 1, D), sıradışı debilere ulaşmasının su seviyesine ait doğal sonuçlar olup, etki alanları akarsu yatağının dışındaki (Taşkın ovası, feyezan ovası, seylap ovası) düz, düze yakın alanlardır. Dolayısıyla, sel ve taşkın koruma setlerinin inşaaı için akarsu kıyı kenar çizgileri esas alındığında; akarsuyun sıradışı debilere ulaşarak ekstrem yüksek su seviyesine yükselmesi (Şekil 1, D) halinde, akarsu kıyılarından itibaren yer alan düz düze yakın alanları sel ve taşkından korunmaları ya da daha az zarar görmeleri mümkün olabilir.

4.3. Antropojenik akarsu kıyılarının sel ve taşkınlar üzerindeki etkileri

Akarsu yatağı içine yapılan sel kontrolü ya da taşkın önleme amaçlı her türlü settler antropojenik akarsu kıyı çizgisi yapılarıdır. Bu durum mevcut kıyı kanunu ve kıyı mevzuatı ile de “Kıyı Kenar Çizgisi, taşkın seddinin veya taşkın seddi niteliğindeki taşkın koruma yapısının kara tarafındaki toprakla keşiştiği sınırdan tespit edilir” ifadesiyle de tarif edilmiştir (KK, 1990, Ek: 25.03.2011/27885). Debi hesapları ve tekrar sıklık analizleri yapılırsa ve dikkate alınsa dahi, bu yapılar genellikle yatak kesit alanını küçülten, küçültmese dahi akarsu akış hızını arttıran, sel ve taşkın afete dönüşmesini teşvik edici rol oynar. Bozkurt’taki sel; Ezine Çayı yatağınının 30m genişlikte beton kanalı koşullarında gerçekleşmiştir. 11 Ağustos 2021 tarihinde meydana gelen sel sonrasında Ezine Çayı yatağı içine yapılan 3,5m yüksekliğindeki beton taşkın koruma seti, her ne kadar akarsu yatağının 30m den 70m ye genişletilerek yapılmış olsa da Bozkurt ilçesini gelecekte yeni bir sel afetinden korumakta yetersiz olacağı öngörülmektedir. Foto 2 de 11 Ağustos 2021 tarihinde meydana gelen selde taşan sel sularının yerleşim içindeki yayılış alanı görülmektedir. Şekil 3 teki enkesitte 3 nolu konum Ezine Çayı beton kanal tabanında, 4 nolu konum 11 Ağustos 2021 tarihli sele bağlı gelişen taşkın sahasındadır (Şekil 3). Bozkurt

ilçesinin tekrar sel ve taşkından zarar görmemesi için Ezine Çayı’nın Bozkurt ilçesi bölümü; 70,0 m genişlik ve 3,5 m yüksekliğinde, 3 km uzunluğundaki beton taşkın soruma seti (Foto 4) ile antropojenik akarsu kanalı oluşturulmuştur. 70,0 m genişlik ve 3,5 m yükseklik; muhtemelen olası sıradışı debi için uygun kesit alanı olarak düşünülmüş olmalıdır. Ancak bu şekildeki matematiksel yaklaşım, akarsu jeomorfolojisi ve morfodinamik süreçleri itibarıyla uygulamada sel taşkın koruma hedefli doğru bir yaklaşımdan uzaktır. Zira Ezine Çayı yatağının Bozkurt ilçesi bölümündeki ıslak çevre uzunluğu ve iki kıyı kenar çizgisine bağlı kesit alanı (Foto 2; Şekil 3); çözüm olarak uygulanmış olan proje kanalın (70,0 x 3,5) m boyutlarına ait kesit alanı ve su taşıma kapasitesinden daha farklıdır.

4.4. Akarsu Kıyı Kenar Çizgisi ve Kıyı Kanunu

3621 Sayılı Kıyı Kanunu ve onun uygulanmasına dair yönetmelikler; deniz, tabii ve suni göl ve akarsu kıyıları için geçerli olan bir kanun olup, “Akarsularda kıyı; suyun olağan yatakları ile bu yataklardan sonra da devam eden, suyun etkisi ile oluşan kumluk, çakıllık, taşlık, kayalık, sazlık, bataklık alanının kara yönündeki doğal sınır çizgisi arasında kalan alandır (KK, 1990; Değişik: 30.03.1994/21890)^[5]” ifadesi doğru olmasına karşın; akarsu kıyısı, akarsu kıyılarının bölümleri, sınırları ve bunların delillerine yönelik tanımlayıcı bilimsel yeterlilikten yoksundur.

Güncel kıyı mevzuatında, “Akarsu; Devamlı akış gösteren ve ekli listede belirlenen akarsulardır. (KK, 1990, Değişik paragraf: 02.04.2013/28606)” şeklinde tanımlanmıştır. Dolayısıyla, akarsular için kıyı ve kıyı bölümlerini ve onların sınırlarını sadece 17 akarsuyun belirli bölümleri (KK, 1990; EK Liste: Akarsularımızın “Nehir” Tanımına Giren Kesimlerini Belirten Liste) için sınırlandırılmıştır. Bu yaklaşım doğru değildir. Kıyı mevzuatı, akarsuların tümü için ve akarsuyun tamamı için geçerli olmalıdır. Zira akarsuların kıyı çizgileri ve kıyı kenar çizgileri, akarsu kıyı bölümleri ayırtlanabilir ve aynı deniz kıyılarında olduğu gibi akarsuların kıyıları için yasal prosedürler uygulanabilir. Kıyı Kanununun uygulanmasına dair yönetmelik ile belirlenen; “Ek listede yer almayan akarsularda tespit edilmiş kıyı kenar çizgileri geçersizdir” ifadesi

büyük bir hatadır. Ayrıca, “Kıyı Kenar Çizgisi; doldurma suretiyle arazi elde edilmesi halinde de değiştirilemez” ifadesi ile akarsular üzerinde gerçekleştirilen “Akarsu Islah Projeleri” altında gerçekleştirilen akarsu yataklarının doldurulması ve yerleşim ya da diğer amaçlı kullanımlar için açılması da tam bir tezat ve önemli tehlikelere ait yüksek riskler oluşturmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada örnekleme yapılan 3 sel vakası; farklı akarsu kıyı tipindeki akarsu boyu yerleşimlerde afete dönuşmüştür. İncelenen 3 yerleşime ait yapılaşmaların yer seçimleri; akarsuların doğal kıyı kenar çizgileri dikkate alınmadan, akarsuyun yüksek su seviyesi yatağı içine yapılmıştır. Bu yapıların sel ve taşkından korunması için gerçekleştirilen beton taşkın koruma setleri doğal yatak kesitini küçültürerek akarsuyun su taşıma kapasitesini azaltmıştır. Bu nedenle; akarsuyun yüksek su seviyesindeki debilerde iki kıyı kenar çizgisi içinde kalan yatağında gerçekleşecek deşarjlar, yatak kesitinin daraltılması nedeni ile sel ve taşkına neden olmuştur. Beton taşkın setleri ile koruma altına alındığı düşünölen akarsu yatağı içindeki yapılar, akarsu yatağı içinde çok önemli hacimler oluşturmak sureti ile doğal yatağın bu bölümünü işgal ettikleri için taşkın sularının normal yatak içinden çıkmasına ve çevreye doğru daha fazla yayılarak afetin boyutlarının büyümesine neden oluştur.

Sel ve taşkın afetlerinden sonra Dereli, Bozkurt ve Babaçay’da (Ayancık) yapılan yatak genişletme çalışmalarının doğru projeler olması için bu projelerde akarsu kıyı kenar çizgilerinin esas alınması gerekir. Aksi halde akarsu yatağı içine yapılan beton taşkın setleri akarsu kesit alanını küçültürerek, akarsuyun su taşıma kapasitesini azaltacak ve yüksek su seviyesine ait debilerinde yeni sel ve taşkınlara neden olacaktır.

Beton taşkın setleri ile koruma altına alındığı kabul edilen akarsu doğal yatağı içinde inşaa edilen şehirsel yapılaşmalar; akarsu yatağı içindeki yer kaplayan hacimleri oluşturarak, taşkın etkisinin doğal kıyı kenar çizgilerinin ötesine genişleyerek yayılmasına neden olmaktadır. Bu durum; taşan sel sularının daha geniş alanlara yayılmasına, taşkın

göllenmesinin ve su basma etkisinin daha da büyümesinin afet boyutunun artmasının nedenlerinden birisi olacaktır. Bozkurt, Dereli ve Babaçay ve Ayancık bu tehlikenin yüksek riskini taşımaktadır.

3621 Sayılı Kıyı Kanunu, Kanun hükmündeki Kararnameler ve ilgili yönetmelikler; akarsu kıyıları ile ilgili içerikleri eksik ve hatalıdır. Akarsu kıyı tipleri, akarsu kıyı elemanları, akarsu kıyı çizgileri ve akarsu kıyı kenar çizgileri, akarsu jeomorfolojisi unsurlarının tanımlanması ve tespitlerine yönelik bilimsel açıklamalara kıyı kanununda yer verilmelidir. Yasal mevzuattaki bu eksikliğin konun uzmanlarının önerileri doğrultusunda mutlaka giderilmesi ve uygulamaya konulması gerekmektedir. Kıyı ile ilgili içerikleri olan diğer kanunlarda da bu detaylara yer almalıdır.

Akarsuyun doğal kıyı kenar çizgileri esas alınmadan, akarsu yatağı içinde yapılan her türlü sel, taşkın önleme, koruma projeleri; gelecekteki sel ve taşkınları önleyecek tedbirler olmaktan uzak kalacaktır. Aksine şiddet ve sıklıklarının artmasını teşvik edecek, sellerin yıkıcı etkilerinin artmasının, su basmasının zararlarının daha büyük boyutlara ulaşmasının nedeni olacaktır.

KAYNAKÇA

- AFAD (2021) Bartın, Kastamonu ve Sinop’ta Meydana Gelen Yağışlar Hakkında. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 21.08.2021 tarihli Basın Duyurusu. <https://www.afad.gov.tr/bartın-kastamonu-ve-sinopta-meydana-gelen-yagislarhakkinda---2100>
- BK (2005) 5393 Sayılı Belediye Kanunu. RG Sayı: 25874, Tarih: 13.07.2005, Kabul Tarihi: 03.07.2005, Tertip: 5 Cilt: 44.
- Brierly, G.J. & Fryirs, K.A. (2006) Geomorphology and River Management. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- CDAB (1985) Sinop ilinin muhtelif ilçelerine bağlı bazı yerleşim yerlerinde heyelan afetine maruz kalan afetzedelerin ekli çizelgede belirtilen mevkiilere yerleştirilmeleri. Yer: 30-18-1-2 / 540 - 403 - 3. Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, Ankara.
- HGM (2022) Harita Genel Müdürlüğü Küre, HGM Küre v4.2.98, 15.09.2022 verisi.
- İK (1985) 3194 Sayılı İmar Kanunu. RG Sayı: 18749, Tarih: 09.05.1985, Tertip: 5 Cilt: 24 Sayfa: 378.

- İKDK (1972) 6785 sayılı İmar Kanununda bazı değişiklikler yapılması hakkında Kanun. RG. Sayı: 14251, Tarih: 20.07.1972 Sayfa 363, EK Madde 7.
- IPCC (2021) IPCC Sixth Assessment Report, Working Group 1: The Physical Science Basis. Chapter 11: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-11/>
- Kaya, M., Yılmaz, C. & Bağcı, H.R. (2022) Afet Riski Olan Bölgelerde Yerleşim Yeri Seçiminin Önemi: Ayancık Babaçay Köyü Örneği (Importance of Location Selection in Regions with Disaster Risk: The Case of Ayancık Babaçay Village). Ege Coğrafya Dergisi, 31(1): 193-206. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2369759>
- Kitoh, A. (2014.) Future Climate Projections around Turkey by Global Climate Models. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=d3e45590f52b4224391961e2241d36a1667a4541>
- KK (1990) Kıyı Kanunu, Kanun No: 3621, Kabul Tarihi: 04.04.1990, Resmi Gazete Tarihi: 17 Nisan 1990, Resmi Gazete Sayısı: 20495.
- KKUDY (2022) Kıyı Kanununun Uygulanmasına Dair Yönetmelik, <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/yonetmelik/7.5.4897.pdf>
- Leopold, L.B. & Maddock, T. (1953) The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications. Geological Survey Professional Paper 252. United States Government Printing Office, Washington. <https://pubs.usgs.gov/pp/0252/report.pdf>
- MGM, (2022) 2021 Yılı İklim Değerlendirmesi. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2021-iklim-raporu.pdf>
- Milly, P.C.D., Wetherald, R.T., Dunne, K.A. & Delworth, T.L. (2002) Increasing risk of great floods in a changing climate. Nature, 415: 514–517. <https://www.nature.com/articles/415514a>
- Nazik, L. (2017) Akarsu Vadilerinde Kıyı Kenar Çizgisinin Belirlenmesi. İçinde, H. Turoğlu & H. Yiğitbaşıoğlu (Ed.) Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla KIYI. Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Yayın no: 1, sayfa: 93-116. İstanbul.
- NOAA (2024) Flood Basics. US National Oceanic & Atmospheric Administration, National Severe Storms Laborator. <https://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/floods/>
- Öner, E. & Çiçek, İ. (1987) Heyelan olayları ve Karadeniz kıyı şeridinden örnekler. Jeomorfoloji Dergisi, 15: 53-64, Ankara.
- PALİY (2017). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği. RG. Sayı: 30113, Tarih: 03.07.2017.
- Salawu, O.G. & Leke D. (2024) Assessment of Changes in Channel Width and Braiding: The Implications on Flooding Upstream of Shiroro Reservoir in river Kaduna, Kaduna State, Nigeria. Journal Application Science Environment Management, 28 (1): 179-186. <https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/263579/248798>
- Sarıgül, O. & Turoğlu, H. (2020) Flashflood and flood geographical analysis and foresight in Kahramanmaraş city. Coğrafya Dergisi, 40: 1-19. Advance online publication. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0018>
- Sear, D.A., Newson, M.D. & Thorne, C.R. (2003) Guidebook of Applied Fluvial Geomorphology, R&D Technical Report FD1914, Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme, ISBN 0-85521-053-2.
- Simonović, S.P. (2012) Floods in a Changing Climate, Risk Management. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139088404>
- TK (1934) 2644 Sayılı Tapu Kanunu. RG Sayı: 2892, Tarih: 29.12.1934, Tertip: 3 Cilt: 16 Sayfa: 312.
- TSBKKK (1943) 4373 Sayılı Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Korunma Kanunu. RG. Sayı: 5310, Tarih: 21.01.1943. Tertip: 3, Cilt: 24, Sayfa: 198.
- TTK (1982) 2634 Sayılı Turizmi Teşvik Kanunu. Kabul Tarihi: 12.03.1982. RG Sayı: 17635, Tarih: 16.03.1982., Tertip: 5, Cilt: 21, Sayfa: 262.
- Turoğlu, H. (2007) Flood and flash floods analysis for Bartın River Basin, International River Basin Management Congress, Proceeding, 22–24 March 2007, pages: 0–14, Antalya, Turkey.
- Turoğlu, H. (2009) 3621 Sayılı Kıyı Kanunu ve Onun Uygulama Problemleri (The Coastal Law (number 3621) and Its Applied Problems). Türk Coğrafya Dergisi, 53: 31–40, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2011) İstanbul'da Meydana Gelen Sel ve Taşkınlar. Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, 6: 411–430, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2014) Detection of Changes on Temperature and Precipitation Features in Istanbul (Turkey). Atmospheric and Climate Sciences, 4: 549-562. ISSN Print: 2160-0414, ISSN Online: 2160-0422, doi: [10.4236/acs.2014.44050](https://doi.org/10.4236/acs.2014.44050)
- Turoğlu, H. (2017-a) Deniz ve Göllerde Kıyı. İçinde, H. Turoğlu & H. Yiğitbaşıoğlu (Ed.) Yasal ve

- Bilimsel Boyutlarıyla KIYI. Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Yayın no: 1, sayfa: 01-32, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2017-b) Kıyı Mevzuatı ve Jeomorfolojik Değerlendirmesi. İçinde, H. Turoğlu & H. Yiğitbaşıoğlu (Ed.) Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla KIYI. Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Yayın no: 1, sayfa: 51-68, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2019-a) Jeomorfolojik ve Yasal Perspektifte Yapay Kıyılar (Artificial Coasts from The Geomorphological and Legal Perspective). Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 28 Ocak–01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye (72nd Geological Congress of Turkey with international participation, 28 January–01 February 2019, Ankara, Turkey). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 140, Sayfa: 271-272. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf
- Turoğlu, H. (2019-b) Şehir Seli ve Taşkını Araştırmalarında Sayısal Yüzey Modellemesi (SYM) ve İnsansız Hava Aracı (İHA) Verisi Kullanımı. İinimde, E. Akköprü & M. F. Döker (Ed.). Pegem Akademi Yayınevi, Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları, Bölüm: 1, sf: 01-28. DOI 10.14527/9786052419878
- Turoğlu, H. (2021) Baraj Göllerinin Kıyı Tanımı ve Koruma Bölgeleri (Coastal Definition and Protection Zones of Dam Reservoirs). Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 24-28 Mayıs 2021, Ankara, Türkiye (73nd Geological Congress of Turkey with international participation, 24-28 May 2021, Ankara, Turkey). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 143, Sayfa: 485-486. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/02d915fa0bf0f11_ek.pdf
- Turoğlu, H. (2022) Akarsu Kıyılarında Kıyı Çizgilerinin Belirlenmesi ve Kıyı Kanunu (Determination of Shorelines on River Banks and The Coastal Law). Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu-2022 (International Symposium On Geomorphology-2022), 6-8 Ekim 2022, Bildiri özetleri, Sayfa: 51-52. http://www.ujes.org/wp-content/uploads/2022/11/UJES_2022_Ozetler_Abstracts.pdf
- Turoğlu, H. (2023) Jeomorfolojik Açıdan Akarsu Kıyıları ve Kıyı Kanunu [River Banks and Coastal Law in The Geomorphological Perspective], Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 10: 34-48. <https://doi.org/10.46453/jader.1207711>
- Türkeş, M., Şen, Ö.L., Kurnaz, L., Madra, Ö. & Şahin, Ü. (2013) İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu. İstanbul Politikalar Merkezi. <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKEditorImages/20200327-02032703.pdf>
- USGS, (2024) What are the two types of floods? U.S. Geological Survey, <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-two-types-floods>
- Wang, H., Zuo, L., Lu, Y., Lu, Y., Liu, H. & Huang, T. (2022) Waterway carrying capacity assessment: Model development and application in the lower Yangtze River, China. Ecological Indicators, 142: 109177. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109177>
- Online**
- URL 1: <https://emlakkulisi.com/sinop-ayancikta-afetzedeler-icin-yapilan-konutlarda-son-durum-ne/683375>
- URL 2: <https://emlakkulisi.com/sinop-ayancikta-selden-hasar-goren-evler-yikiliyor/68101>
- URL 3: <https://www.iha.com.tr/haber-sel-felaketinin-vurdugu-bozkurtta-catilarda-kurtarilmayi-bekleyenler-var-962748>
- URL 4: <https://www.bozkurt.bel.tr/ilcemizde-sel-felaketi/195/>
- URL 5: <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/bozkurttaki-sel-felaketinin-20nci-gununde-calismalar-araliksiz-suruyor/2351279>
- URL 6: <https://k2haber.com.tr/giresunda-sel-felaketi-5-can-kaybimiz-var/>
- URL 7: <https://www.takvim.com.tr/galeri/yasam/giresun-dereli-2-sene-once-sel-felaketi-yasamisti-devlet-yaralari-boyle-sardi-resmen-yeni-bir-sehir-insaedildi/12>
- URL 8: <https://www.rizedeyiz.com/sel-felaketinde-zarar-goren-derelide-yeni-temeller-atiliyor>
- URL 9: <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/sel-felaketinin-yasandigi-derelide-yeni-yapilarin-insasinda-sona-yaklasildi/2251548>
- URL 10: <https://www.haberler.com/yasam/giresun-dereli-de-sel-felaketinin-ardindan-yeniden-insa-16546106-haberi/>