

JOURNAL OF



ANATOLIAN GEOGRAPHY

e-ISSN: 3023-8978



Gümüşhane Üniversitesi
Gümüşhane
Türkiye

Haziran/June 2025

Cilt/Volume: 2

Sayı/Number: 1

Baş Editör / Chief Editor	Dr. Öğr. Üyesi Fatih IŞIK	Gümüşhane Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü 29000 Merkez-Gümüşhane/Türkiye e-posta: isikfatih@gumushane.edu.tr
Editörler Editors	Dr. Fatih OCAK	Samsun Üniversitesi Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı 55850 Kavak-Samsun/Türkiye e-posta: fatih.ocak@samsun.edu.tr
	Dr. Öğr. Üyesi Kemal ERSAYIN	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü 60000 Merkez-Tokat/Türkiye e-posta: kemal.ersayin@gop.edu.tr
	Dr. Öğr. Üyesi İlater Kutlu HATİPOĞLU	Samsun Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölümü 55000 Merkez-Samsun/Türkiye e-posta: ilter.hatipoglu@samsun.edu.tr
Yazım Editörü Writing Editor	Arş. Gör. Gökhan DEMİRAL Yüksek Lisans Öğr. Mustafa YAŞ	Gümüşhane Üniversitesi e-posta: gokhandemiral@gumushane.edu.tr Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi e-posta: mustafa.yasm@gmail.com
Dil Editörleri Language Editors	Arş. Gör. Ahmet URUK Arş. Gör. Ayşenur KÖR	Gümüşhane Üniversitesi Edebiyat Fakültesi İngiliz Dili ve Edebiyatı Bölümü 29000 Merkez-Gümüşhane/Türkiye e-posta: ahmet.uruk@gumushane.edu.tr e-posta: aysenurkor@gumushane.edu.tr
Mizanpaj Editörü Layout Editors	Arş. Gör. Fadime Zülal ŞEN Yüksek Lisans Öğr. Oktay KODALAK	Gümüşhane Üniversitesi e-posta: zulalsen@gumushane.edu.tr Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi e-posta: oktaykodalak38@hotmail.com

Dergi Adresi:

Gümüşhane Üniversitesi
Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü
Merkez-Gümüşhane/TÜRKİYE
Tel: 0(456) 233 10 00/6009
e-posta: jag@gumushane.edu.tr

Amaç ve Kapsam

E "Journal of Anatolian Geography," coğrafyanın evrensel bir bilim dalı olarak kabul edilen disiplinler arası bir alan olduğuna inanmaktadır. Coğrafya, toplumların, kültürlerin, doğal süreçlerin ve yerleşimlerin karmaşıklığını anlamak ve bu unsurlar arasındaki etkileşimleri açıklamak amacıyla uzun bir tarihe dayanan bir bilimdir. Bu çerçevede dergimizin amaçları şu şekildedir:

Derginin Amaçları: "Journal of Anatolian Geography," coğrafyanın bu kapsamlı tanımından yola çıkarak, Anadolu coğrafyası başta olmak üzere dünya genelindeki çeşitli alanlarda gerçekleşen coğrafi süreçleri ve bu süreçlerin insanlar ve çevre üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlar. Dergi, multidisipliner bir yaklaşım benimseyerek, fiziki coğrafya, beşerî coğrafya, harita bilimi, çevre bilimleri ve diğer ilgili disiplinlerden gelen araştırmacıları bir araya getirir. Amacımız, coğrafya biliminin geniş yelpazesini kapsayan özgün araştırmaları ve çeşitli bakış açılarını içeren makaleleri yayınlamak, böylece coğrafi bilgiye katkıda bulunarak bölgesel ve küresel düzeyde bilimsel bir diyalog oluşturmaktır.

Aims and Scope

"Journal of Anatolian Geography" believes that geography is an interdisciplinary field recognized as a universal science. Geography is a science with a long history of understanding the complexity of societies, cultures, natural processes, and settlements and explaining the interactions between these elements. In this context, the objectives of our journal are as follows:

Aims of the Journal: "Journal of Anatolian Geography," based on this comprehensive definition of geography, aims to investigate the geographical processes taking place in various areas around the world, especially in Anatolian geography, and the effects of these processes on people and the environment. Adopting a multidisciplinary approach, the journal brings together researchers from physical geography, human geography, cartography, environmental sciences, and other related disciplines. Our aim is to publish original research covering a wide range of geographical sciences and articles from various perspectives, thus contributing to geographical knowledge and creating a scientific dialog at the regional and global level.

Journal of
Anatolian
Geography
(Anadolu Coğrafya Dergisi)



Aralık/December 2025

Cilt/Volume: 2

Sayı/Number: 1

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Ali UZUN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölümü, Samsun, TÜRKİYE
Prof. Dr. Alperen KAYSERİLİ	Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ağrı, TÜRKİYE
Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN	Marmara Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE
Prof. Dr. Cevdet YILMAZ	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Samsun, TÜRKİYE
Prof. Dr. H. İbrahim ZEYBEK	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölümü, Samsun, TÜRKİYE
Prof. Dr. İbrahim KOPAR	Atatürk Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE
Prof. Dr. Mustafa ÖZDEMİR	Atatürk Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE
Prof. Dr. M. Taner ŞENGÜL	Fırat Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölümü, Elazığ, TÜRKİYE
Prof. Dr. Yılmaz ARI	Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölümü, Balıkesir, TÜRKİYE

Yayın Kurulu / Editorial Board

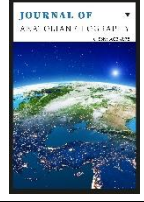
Dr. Öğr. Üyesi Kürşat YURDİGÜL	Gümüşhane Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Gümüşhane, TÜRKİYE
Dr. Öğr. Üyesi M. Akif ÖZÇELEBİ	Gümüşhane Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Gümüşhane, TÜRKİYE
Dr. Öğr. Üyesi Şerif Can HATİPOĞLU	Ordu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Türkçe ve Sosyal Bilimleri Eğitimi Bölümü Ordu, TÜRKİYE
Dr. Öğr. Üyesi Tolga KORKUSUZ	Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ağrı, TÜRKİYE
Öğr. Gör. Ayşe DAĞLI	Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı, Gümüşhane, TÜRKİYE
Öğr. Gör. Mürşit ŞİRİN	Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı, Gümüşhane, TÜRKİYE

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

1	Web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri ile kültürel mirasın yönetimi: Müze bilgi sistemi uygulaması <i>A Web GIS-based approach to cultural heritage and tourism: Museum information system</i> Rumeysa Pekçetin , Mehmet Fatih Döker	1-9
2	Araplar Boğazı sulak alanı (Ezine, Çanakkale) üzerindeki çevresel tehditler, çözüm önerileri ve sürdürülebilir yönetimi <i>Environmental threats, solution proposals and sustainable management on the Araplar Gorge wetland (Ezine, Çanakkale)</i> Melek Sinan	10-25
3	18-25 yaş arası gençlerin turizm faaliyetlerine yönelik algı ve eğilimleri <i>Perceptions and tendencies of young people between the ages of 18-25 towards tourism activities</i> Elif Kılıçarslan , Muhammet Kaçmaz	25-35
4	Gathering predictors of biodiversity change and reconstructing land cover history in Central Apennines using machine learning and remote sensing data <i>Makine öğrenimi ve uzaktan algılama verilerini kullanarak Orta Apeninler'deki biyolojik çeşitlilik değişiminin tahmin edicilerini toplamak ve manzara geçmişi yeniden oluşturmak</i> Polina Lemenkova	36-47
5	Antropojenik baskı yoğunluğu ile erozyon duyarlılığı ilişkisinin alt havza kapsamında analizi: Uluabat Gölü Havzası örneği <i>Analysis of the relationship between anthropogenic pressure intensity and erosion susceptibility in sub-basin scope: Uluabat Lake Basin example</i> Murat Uzun	48-62
6	Orman yangını yönetiminde Google Earth Engine (GEE) ve Python Engine (PE) ile yakıt yükü analizi: Karşılaşılan güçlükler ve sağlanan avantajlar <i>Fuel load analysis with Google Earth Engine (GEE) and Python Engine (PE) in forest fire management: Challenges and benefits</i> Muhammed Çetin	63-81

7	Tahtalı Barajı Havzasında bulanık mantık yöntemi ile taşkın risk analizi <i>Flood risk analysis in the Tahtalı Dam Basin using the fuzzy logic method</i> Merve Nur Öz , Şevki Danacıoğlu	82-89
---	--	-------



Web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri ile kültürel mirasın yönetimi: Müze bilgi sistemi uygulaması

Rumeysa Pekçetin¹, Mehmet Fatih Döker²

¹Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, Sakarya, Türkiye.

²Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sakarya, Türkiye.

Anahtar Kelimeler

Web CBS
Müze Bilgi Sistemi
ArcGIS Online
Kültürel Miras
Turizm Coğrafyası

Araştırma Makalesi

Geliş: 26.04.2025
Kabul: 04.06.2025
Yayınlanma: 29.06.2025



Özet

Çalışma kapsamında Türkiye'deki kültürel mirasın bir çıktısı olan müze ve örenyerlerine erişimi artırmak amacıyla web tabanlı ve bulut sistemiyle çalışan bir coğrafi bilgi sistemi uygulaması olan Müze Bilgi Sistemi tasarlanmıştır. Hazırlanan uygulama çıktısı, 537 müzeden alınan güncel verileri kapsayarak turistler, araştırmacılar ve ilgili kişiler için müze konumlarını, uygun yol tarifi ve konuma git bilgisini, müzeler hakkında genel bilgilendirmeleri sunmaktadır. Esri'nin web tabanlı ArcGIS Online platformu kullanılarak geliştirilen bu sistem, interaktif bir harita üzerinden hazırlanmış verileri göstererek kompakt bir uygulama tasarımı sunmaktadır. Uygulama, kullanıcıların müze konumları arasında kolayca gezinmelerini sağlarken, erişilebilir ve güncel bilgiler aracılığıyla ziyaretçi etkileşimini artırmaktadır. Bu CBS uygulamasının oluşturulması ve geliştirilmesi, teknolojinin kültürel miras koruma ve tanıtma rolünün giderek arttığını kanıtlayarak, Türkiye'deki turizm ve kültürel miras yönetimi üzerinde önemli etkiler bırakmaktadır. Makale sistemin geliştirilmesi, temel özellikleri ile turizm sektörlerindeki potansiyel etkisini açıklayarak, kültürel mirasın uygulama bazı gelişimi ve deneyimleme biçimlerini web cbs üzerinden geliştirerek, yaygınlaştırılmasının rolünü vurgulamaktadır.

A Web GIS-based approach to cultural heritage and tourism: Museum information system

Keywords

Web GIS
Museum Information Systems
ArcGIS Online
Cultural Heritage
Tourism Geography

Research Article

Received: 26.04.2025
Accepted: 04.06.2025
Published: 29.06.2025

Abstract

Within the scope of the study, the Museum Information System, a web-based and cloud-based geographic information system application, was designed to increase access to museums and archaeological sites, which are an output of cultural heritage in Türkiye. Using updated data from 537 museums, the system offers tourists, researchers, and other stakeholders interactive access to museum locations, navigation tools, and institutional information. Built on Esri's ArcGIS Online platform, the application features a user-friendly interface with an interactive map, allowing for easy exploration and real-time guidance. By enhancing the accessibility and visibility of cultural assets, the system reflects the increasing role of technology in preserving and promoting cultural heritage. This study outlines the development process, main features, and potential contributions of this GIS-based system to tourism and cultural heritage management in Türkiye, emphasizing the value of application-based approaches in enriching heritage experiences and outreach.

1. Giriş

Gelişen ve sürekli değişen dünyada bilgi ve belgelere ulaşım hızı hayati önem taşımaktadır (Yılmaz et al., 2022). Günümüzde temel eğilim, kullanıcıların bilgilere kolayca ulaşmalarını sağlayan uygulamaların yaygınlaşması, önemli bir trend haline gelmiştir. Farklı disiplinlerde ve çeşitli alanlarda kullanılan bu uygulamalar, veriyi mekânsal unsurlarla birleştirerek daha verimli analizler ve etkili planlama süreçlerinin önünü açmaktadır. Verilerin mekan ile ilişkilendirilmesi ve mekânsal veri analiz yetenekleri ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) veriyi bilgiye dönüştürmede en uygun yöntemlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Çorumluoğlu et al., 2008). CBS sahip olduğu bu özellikleri ile mekânsal problemlerin çözümü için birçok bilimdalı için çözümler sunan bir araçtır (Geymen et al., 2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri, doğal afet yönetiminden şehir planlamaya, sağlık hizmetlerinden turizm sektörüne kadar birçok alanda kullanılabilirliği ile dikkat çekmektedir. Turizm sektöründe, ziyaretçilere bilgi sağlama ve seyahat planlamalarını kolaylaştırma amacıyla tasarlanan CBS tabanlı uygulamalar ise her geçen gün artmaktadır. Bu uygulamalar, kültürel mirasın dijital ortamda daha etkili bir şekilde tanıtılması ile dikkat çekmektedir. Literatürde turizm ve CBS odaklı bilimsel araştırmaların büyük bir kısmının coğrafya ve CBS uzmanları tarafından ele alındığı, ayrıca turizm ve otelcilik uzmanları, şehir ve turizm ile ilgilenen farklı disiplinlerce de araştırıldığı görülmüştür. CBS analizleri ile kültürel mirasın korunması ve yönetilmesine yönelik yapılan akademik çalışmalar mevcuttur (Çalhan et al., 2020). Zamansal olarak incelendiğinde, 1980’li yıllardan itibaren masaüstü çalışma yöntemlerinin artmasıyla birlikte CBS turizm alanında planlamada, turizm altyapısı oluşturmada, doğal ve kültürel varlıkların haritalanmasında, turizm merkezlerinin çevresel etki değerlendirmelerinde, konaklama ve ulaşım ağlarının analizinde ve turist yoğunluğunu haritalanmasında kullanılmıştır (Arslan et al., 1999, Li, 1987, Harrison et al., 1999). Bu çalışmalarda kullanılan haritalar statik ve turizm destinasyonlarından alınan verilerin azlığından dolayı günümüze kıyasla oldukça sınırlı kalmaktadır. 2000’li yıllardan itibaren ise web tabanlı CBS teknolojilerinin gelişmesiyle, CBS sadece masaüstü platformlarda değil web ve mobil platformlarda da kullanılabilir hale gelmiştir (Kaya, 2024, Höl & Tarhan, 2024, Babadağ, 2018, Kırteke & Oğuz, 2022). Dijital teknolojilerin ortaya çıkışı, kültürel miras yönetiminde devrim yaratarak coğrafi kısıtlamaları aşan sanal müzelerin ve etkileşimli platformların yaratılmasını sağlamıştır (Taylor & Ryan, 1995). Turizm kaynaklı verilerin çok büyük bir kısmı bu teknolojik gelişme sayesinde anlık güncellemeler ile desteklenebilir duruma ulaşmıştır. Turistlerin destinasyonlar hakkında güncel veri alma potansiyeli artmış, turizm bilgi sistemi gibi konumsal uygulama ve web sayfalarının sayısı fazlalaşmıştır. Günümüzde CBS, turizm odaklı araştırma ve geliştirme çalışmalarda; turizm bazlı gelişmelerin tespit edilmesinde, etkileşimli turizm hizmetlerinin geliştirilmesinde ve yaygınlaştırılmasında, turizm kullanım sürecinde anlık destek sağlamak ve maksimum verimi arttırmak açısından kolaylıklar kazandırmıştır. Ülkemizde ise hem il ve ilçe ölçeğinde hem de ulusal düzeyde geliştirilen Web CBS tabanlı uygulamaların sayısında artış görülmektedir (Ocak & Şirin, 2024; Kaya, 2024; Demirci & Kavzoğlu, 2010; İneç & Akpınar, 2016; Özen, 2018; Polat et al., 2014; Mutlu et al., 2017; Neftçi et al., 1997; Sandal & Karabulut, 2008; Duran

et al., 2004; Mermer & Kavzoğlu, 2010; Çuhadar et al., 2013; Döker & Ocak, 2020; Mete & Yomralıoğlu, 2021). Web tabanlı CBS, mekânsal verileri çevrimiçi erişilebilirlikle bütünleştirerek müzelerin geleneksel sınırlamaları aşarak küresel ölçekte izleyicilerle bağlantı kurmasını sağlamaktadır (Kurba et al., 2019). Mevcut araştırma ve oluşturma çalışmasının ana konusu olan Müze Bilgi Sistemi uygulaması da hem uluslararası hem de ulusal ölçekte değerlendirilecek şekilde literatür bünyesinde analiz edilmiş olup yapılan uygulamaların uluslararası sistemlerde Müze Bilgi Sistemi adı altında birleşmiş olanları daha çok müze içi envanteri düzenleme, finansal kayıtlar ve ziyaretçi analizlerini belirlemek için tasarlanmış ve literatürde örneği kısmen bulunmaktadır (Kavaklı & Bakogianni, 2003). Ayrıca ülkemizde müze içi envanteri sorgulayacak ve sorgulanan eser hakkında genel bilgilendirme alacak uygulamalar ve makale çalışmaları yapılmıştır (Baştanlar et al., 2006). Bunun dışında hazırlanan Müze Bilgi Sistemi gibi bir uygulamanın varlığı daha çok mobil uygulama bazlı olacak şekilde yapılmış olup, Dünya’da bulunan tüm müzelerin adres ve genel bilgilendirmesini barındıran bir mobil tasarlanmış ve kullanıma sunulmuştur.

Dünya’da müze bilgi sistemi gibi olan ya da müze bazlı teknolojilerin gelişimine genel perspektiften bakıldığında dijitalleşme, müzecilik gelişiminde önemli bir araç olarak kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Farklı ülkelerde ve özellikle küresel çapta çeşitli ülkelerdeki bu sistemler, müze yönetimi ve ziyaretçi deneyimini iyileştirmek amacıyla geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Farklı etmenler ile geliştirilen uygulamalar olmasıyla beraber konu itibarı ile CBS temelli üretilmeyen ve kullanılan örnekler de sıkça karşımıza çıkmaktadır. Örnek vermek gerekirse; Smithsonian Enstitüsü tarafından geliştirilen ve kullanıma sunulan "Smithsonian Institution Transcription Center" projesi, arşivlerde bulunan metinlerin dijital ortama aktarılmasını sağlayarak araştırmacılara koleksiyonlara dair tarihi ve metinsel bilgilere erişim kolaylığı sunmakta, bu içerikler bazı projelerde coğrafi bilgilerle birleştirilerek daha geniş kültürel ve tarihî bağlamlar oluşturulabilmektedir. Benzer şekilde, İngiltere’deki British Museum, "MuseumPlus" gibi CBS tabanlı bir yazılımı müze bünyesine katarak eserlerin sergilendiği konumlar ve bu eserlerle entegre diğer detayları bir araya getirip görselleştirmektedir. Daha çok eser sergilerinin detaylarını belirlemek ve belirtmek için kullanılan bu uygulamalar tarihi ve kültürel ürünlerin haritalaştırılmasına büyük katkı sağlamaktadır. Son olarak, Kültür ve Turizm Bakanlığı bünyesinde hazırlanan ve web sayfası olarak hizmete sunulan "Turkish Museums" adlı internet sayfası da harita bazlı müze ve sergi bilgilendirmeleri yapmakta ve geniş kitlelere hitap etmektedir. Lakin konumsal anlamda detaylı bilgi sunmamaktadır.

Müze ve müzecilik faaliyetleri, kültürel mirasın korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasına önemli bir katkı sağlamakla birlikte bir kültürün inşasının korunmasında önemlidir. Hem somut hem de somut olmayan unsurları kapsayan kültürel miras, kültürel kimliği ve egemenliği şekillendiren, titiz bir koruma ve yaygın erişilebilirlik gerektiren değerli bir mirası temsil etmektedir (Tang, 2023). Müzeler, tarihi ve kültürel değerleri sergileyerek insanları geçmişleriyle bağlantı kurmaya teşvik eder. Müzecilik faaliyetleri ise müzelerin dönem içindeki işleyişini ve mevcut görevlerini yerine getirmeyi amaçlar. Müzeler geçmişe ilişkin her türlü bilgi, belge ve yapıtı

saklamak, korumak, sergilemek ve tanıtmak amacıyla oluşturulmuş, bilimsel kuruluşlar olmakla birlikte bu kuruluşlar ziyaretçilerini bilinçlendirmenin yanı sıra, yapmış oldukları bilimsel çalışmalarla da evrensel kültürün önemli unsurları olarak dikkat çekmektedirler (Sezer, 2010). Bu tanıma göre; çağdaş anlamda müzelerin üç önemli işlevi olduğu anlaşılmaktadır. Bunlar; koruma (saklama, depolama, biriktirme, onarma, kullanma, mimari tasarım), araştırma (bilimsel çalışmalar, makaleler, görüşmeler, sunumlar) ve iletişimidir (sergileme, yayınlar ve eğitim). Geçmiş yıllarda müzelerin görevleri ve fonksiyonları daha az sınırlı iken, günümüzde ise genişlemiş ve turizm açısından da daha cazip mekânlar haline gelmeye başlamıştır (Kervankiran, 2014). Bu bilgiler doğrultusunda müzeler genellikle sanatsal eserlerin, tarihi eserlerin, arkeolojik buluntuların, jeolojik kalıntıların, bilimsel koleksiyonların ve etnografik malzemelerin sergilendiği mekânları kapsamaktadır. Bu eserler belli bir dönem ya da kültüre, sanat akımına veya bilimsel keşfe ait olabilir. Aynı zamanda müzeler sadece fiziki ürünleri değil, interaktif etkinliklere, eğitim programları gibi farklı etkinliklere de ev sahipliği yapabilir. Son yıllarda genel olarak müzecilik, özellikle kent müzeciliği literatüründe, dışlayıcılık yerine kapsayıcılık için çalışması, toplumun bütün kesimlerini kucaklayan iki yönlü, yoğun bir kitle ilişkisi en önemli başarı ölçütü olarak ele alınmaktadır (Silier, 2010). Dahası, müzeler artık dijital veriler ve elektronik eserler kullanarak kültürel içerikleri daha iyi yaymakta ve kitlelerinin iletişim alışkanlıklarını benimsemektedir. Müze bilgi sistemlerinde Web tabanlı CBS'nin uygulanması, veri toplama, veritabanı tasarımı, sistem mimarisi ve kullanıcı arayüzü geliştirmeyi kapsayan bütünsel bir yaklaşımı gerektirmektedir. Web tabanlı CBS tarafından kolaylaştırılan müzelerdeki fiziksel ve dijital alanların birbirine bağlanması, mimari tasarım, sergi senografisi, dijital koleksiyonlar ve sosyal iletişimi entegre ederek kültürel arabuluculuğun yeniden tanımlanmasını gerektirmektedir (Dupuy et al., 2015). Türkiye'deki müze ve müzecilik faaliyetleri, kültürel mirasın muhafaza edilmesi, zengin içeriklerin ziyaretçilere sunulması, eğitim ve toplumsal katılımı artırma konularında önemli bir rol oynamaktadır. Müzeler, Türkiye'nin tarihini, kültürünü ve sanatını tanıtmak ve gelecek nesillere aktarmak için önemli bir etmendir. Türkiye'de müzeler, zengin kültürel mirasın korunması, mevcut zamandaki kişilerin kimliklerini anlaması ve gelecek nesillere kültürün aktarılması amacıyla çeşitli müze faaliyetlerini sürdürmektedir. Bu faaliyetler, arkeolojik eserler, etnografik objeler, sanat eserleri ve diğer kültürel değerlerin toplanması, korunması ve tanıtılmasına odaklanmaktadır. Müzeler, bu eserleri dikkatlice koruyarak Türkiye'nin tarihini ve kültürel kimliğini tanıtmayı hedeflemektedir. 2023 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2024b) verilerine göre Türkiye'de 606 müze bulunmaktadır. Bu müzelerin 212 tanesi Kültür ve Turizm Bakanlığı'na bağlı devlet müzeleri olmakla birlikte geri kalan 376 tanesi özel müze kategorisinde yer almaktadır. Ayrıca, Milli Saraylar Başkanlığına bağlı 18 müze faaliyet göstermiş, ören yeri sayısı 144 olmuştur.

Bu bağlamda çalışmanın temel yapısını oluşturan Müze Bilgi Sistemi, web ve bulut tabanlı coğrafi bilgi sistemleri teknolojisini kullanarak içinde bir çok müzenin barındığı coğrafi verileri kolay bir kullanım için kullanıma sunmayı amaçlamaktadır. Bu etkili yol ile müzelerin bulunduğu konumlar tespit edilerek ve yol güzergahları belirlenerek toplum için kolaylık sağlamayı hedeflemiştir. Çalışma,

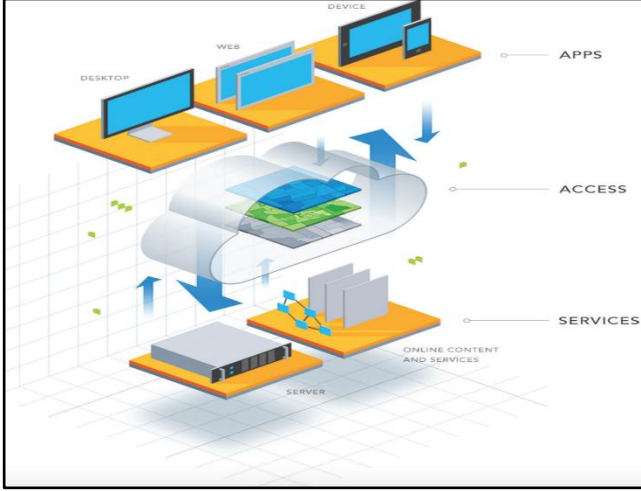
Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın müze envanteri temel alınarak hazırlanmış; veri toplama, haritalama ve uygulama geliştirme süreçlerini içeren multidisipliner yaklaşımla tasarlanmıştır. Bu süreç, müzelerin dijitalleşme yolunda atacağı adımlar için de bir yol haritası oluşturmayı hedeflemektedir. Web tabanlı CBS kullanarak etkili bir müze bilgi sistemi tasarlamak, çeşitli kitleler için sezgisel arayüzler ve ilgi çekici deneyimler yaratmaya odaklanan kullanıcı merkezli bir yaklaşım gerektirmektedir. Web tabanlı CBS'nin müze bilgi sistemleriyle entegrasyonu, kültürel mirasın yönetimini, korunmasını ve yayılmasını geliştiren güçlü bir sinerji sunmaktadır (Bowen, 1997). Web tabanlı CBS aracılığıyla sanal müzelerin ve etkileşimli platformların oluşturulması, kültürel miras yönetiminde dönüştürücü bir değişimi temsil eder, erişimi genişletir ve katılımı teşvik etmektedir. Devam eden teknolojik gelişmeler, dijital müze hizmetleri için gelişen bir pazar yaratıyor, müzeleri etkileşim ve katılımdaki zorlukları ele almaya yönlendiriyor ve böylece dijital bir miras ekonomisini teşvik etmektedir (Kamariotou et al, 2021).

Sonuç olarak, kültürel mirası korumak ve sergilemek için temel kurumlar olan müzeler, operasyonlarını geliştirmek, erişimlerini genişletmek ve çeşitli kitlelerle etkileşim kurmak için giderek daha fazla Web tabanlı CBS'den yararlanmaktadır. Web tabanlı GIS, kültürel miras alanları ve eserleriyle ilgili mekansal verileri görselleştirmek, analiz etmek ve yönetmek için sağlam bir çerçeve sunarak koruma çabalarında bilinçli karar almayı kolaylaştırmaktadır (Li & Ning, 2020). Yapılan bu çalışma ise, CBS teknolojilerinin müze ve müzecilik faaliyetleri üzerindeki etkilerini ele alarak, Müze Bilgi Sistemi'nin geliştirilme sürecini ve sağladığı katkıları detaylı bir şekilde aktarmaktadır. Müze Bilgi Sistemi uygulaması, ziyaretçilere daha zengin ve etkileyici deneyimler sunulmasının önünü açmakta ve kültürel anlamda farklı uygulamaların yapılabilirliğini kanıtlama hedefindedir. Bu noktada yapılan uygulama, kültürel mirasın korunması, sergilenmesi ve halkla paylaşılması için önemli bir adımdır ve müzelerin kent yaşamında daha aktif bir rol oynamalarını sağlayacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), 1960'lı yıllardan itibaren bilgisayar teknolojilerinin gelişimiyle birlikte ortaya çıkmış ve özellikle NASA ile Amerikan ordusunun haritalama girişimleriyle bugünkü konumuna ulaşmıştır (Alatepeli, 2009). Doğal afet yönetimi, güzergâh belirleme, sağlık ve kentsel planlama gibi pek çok alanda kullanılan CBS; tematik haritalar, ilişki analizleri, altyapı mühendisliği, taşınmaz bilgi sistemleri ve araç takip sistemleri gibi çeşitli uygulamalarla hayatın her alanında yer bulmuştur (Değerliyurt & Çabuk, 2008; Bank, 2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), güvenli veri yönetimi, zaman ve maliyet etkinliği, hata analizlerinin kolaylaştırılması ve güncellenebilir veri yapıları sayesinde birçok sektörde etkin biçimde kullanılan, kullanıcı odaklı bir teknolojik altyapı sunmaktadır. Günümüzde internet altyapısının her geçen gün daha da güçlenmesi, hemen herkesin akıllı cihazlara sahip olması mekânsal uygulamaların kullanımını arttırmaktadır (Döker & Ocak, 2020). Masaüstü bilgisayarların kullanıcılara sunduğu CBS araçlarının internet ortamında kullanılabilir, verilerin saklanabildiği ve dünyanın herhangi bir noktasından internet üzerinden platform gözetmeden (akıllı telefon, tablet, notebook, vs.) ulaşılabildiği coğrafi

bilgi sistemi servis ve uygulamalarına altyapı sağlayan sisteme Bulut CBS veya WEB CBS denilmektedir (İrcan & Duman, 2020). Web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri ile kullanıcılar ellerinde bulunan ve herhangi bir internet bağlantısı olan cihaz ile bu sisteme erişim imkânı bulmaktadır. (Şekil 1)



Şekil 1. Web tabanlı coğrafi bilgi sistemi teknolojisinin çalışma prensibi (Esri, 2020).

Web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerinin birçok sektörde kullanılması ile kullanılan ve hazırlanan uygulamalarda çeşitlilik göstermeye başlamıştır. Altyapısal olarak kullanılan uygulama sistemlerine bakıldığında ise haritalama uygulamalarının, konum bazlı hizmetlerin, coğrafi analiz uygulamalarının, veri toplama ve giriş uygulamaların ve veri paylaşım uygulamalarının öne çıktığı görülmektedir. Bu altyapı uygulamaları birçok coğrafi analiz tipini kullanabilmekte ve bu ekseninde gelişim göstermektedir. Bir başka şekilde bakıldığında ise rota planlama, trafik durumu gibi farklı çalışma konuları üzerinde de çalışmaları sürdürmekte ve şehircilik gibi alanlar üzerinde de etkili harita çalışmaları yapabilmektedir. GPS cihazları ve farklı kurum ve kuruluşlar üzerinden yapılabilen veri toplama çalışmaları ile Web tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerinden farklı uygulamaların yapılabilirliğini arttırmaktadır. Günümüzde dünyada ve Türkiye’de birçok kamu kurum ve kuruluşu ile özel sektör kuruluşları web tabanlı coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak çeşitli çalışmalarını ve sistemsel uygulamalarını yapmaktadırlar. Belediye sistemlerinde son zamanlarda popülerlik kazanmış “Kent Bilgi Sistemi” çalışmaları bu duruma örnektir. Yine aynı şekilde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın üstlendiği çeşitli açık kaynak kod sistemli ve web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları ile (Örneğin: <http://geokodlama.csb.gov.tr>) önemli bir yer kaplamaya başlamıştır.

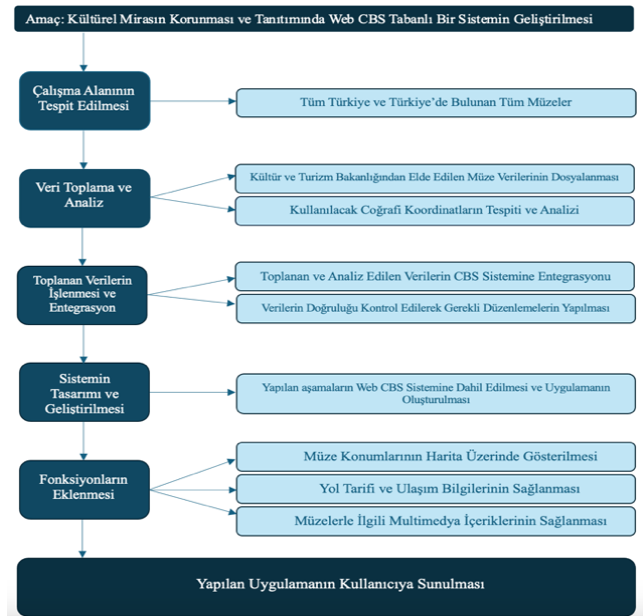
Web tabanlı CBS uygulamaları, bulut bilişim hizmetleri ile birlikte kullanıldığında daha da güçlenir. Bulut ortamında barındırılan CBS veri ve uygulamaları, kullanıcıların coğrafi verilere erişimini kolaylaştırırken aynı zamanda veri analizi ve görselleştirme süreçlerini hızlandırır. Örneğin, ATLAS API gibi uygulamalar, bulut bilişim altyapısı üzerinde çalışarak kullanıcıların coğrafi verileri web tabanlı platformlarda sorgulamalarına olanak tanır.

Bulut Bilişim tüm verilerin, bilgilerin, belgelerin, yazılımların, uygulamaların internet bulutu üzerinde yer alan sanal bir depoda depolanmasını ve internet üzerinden ulaşılmasını sağlayan bir teknolojidir (Çark, 2019). Bulut

Bilişimin mekânsal özelliğini ön plana çıkararak yazılım ve donanımdan meydana gelen bir veri merkezi olarak tanımlanmaktadır. Bulut Bilişimin donanımsal kaynakları servis olarak sunmasına odaklanan tanımlamaya göre ise işletmelerin kendi altyapılarına internet üzerinden ulaşabilmesini sağlayan bir teknolojidir (Atan, 2020).

Günümüzde sıklıkla kullandığımız bulut hizmeti birçok web tabanlı uygulama ya da yazılımda kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada da “Müze Bilgi Sistemi” olarak ifade edilen WEB Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı uygulama bu sistemlerin desteği ile oluşturulmuş Esri firmasına ait ArcGIS Online web sitesi üzerinden hazırlanmıştır. Veriler tamamen bulut tabanlı bir şekilde saklanmaktadır ve yapılan güncellemeler anlık olarak paylaşılabilir.

Yapılacak olan çalışmanın iş akışının şematik gösterimi aşağıda verilmiştir. Şema, verilerin toplanmasından harita entegrasyonuna kadar geçen süreci ve her bir adımın bağlantısını adım adım açıklamaktadır. (Şekil 2)



Şekil 2. İş akış şeması.

Çalışmada, Türkiye’deki müzelerin bir çoğunu kapsayan bir web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojileriyle entegre bir uygulama kurulması hedeflenmiştir. Araştırmanın temel verisi, 2024 ekim ayı itibarıyla güncellenmiş olan Kültür ve Turizm Bakanlığı’nın müze envanterinden elde edilmiştir. Bu envanter, kamuya ve özel sektöre ait toplam 537 müzeyi içermektedir. Ayrıca uygulama içerisine entegre edilmiş bazı özel müzeler bakanlık bünyesinde oluşturulmuş envanterin içine entegre olmamakla birlikte özel müzelerin oluşturdukları kendi web siteleri içerisinden alınmış ve uygulama içerisinde sunulmuştur. Veriler, bakanlık tarafından sağlanan erişim araçları ve farklı web siteleri kullanılarak toplanmış ve doğruluğu çeşitli yöntemlerle teyit edilmiştir.

Her bir müze için, müzenin adı, bulunduğu il ve ilçe, müzenin mevcut görünümünü sağlayan fotoğrafı, ulaşım bilgileri, yol tarifi bağlantıları ve genel bilgilendirme linkleri toplanmıştır. Fotoğraflar, müzelerin resmî web sayfalarından veya Kültür ve Turizm Bakanlığının resmi müze sayfasından elde edilmiş ve içerik doğrulama için bir kontrol sürecinden geçirilmiştir. Kullanılan sözel veriler de bakanlığa veya müzeler genel müdürlüğüne ait internet sayfalarından elde edilmiştir. Böylece, uygulama kullanıcılarının hem coğrafi

hem de içerik bilgilerine doğruluğu kanıtlanmış ve kolayca erişmesi sağlanmıştır.

Harita üzerinde konum belirleme için Google Maps ve Yandex Maps kullanılmıştır. Bu servislerden alınan koordinatlar, iki farklı navigasyon uygulaması arasında doğruluk karşılaştırması yapılarak sisteme entegre edilmiştir. Elde edilen konum bilgileri, veri tabanının coğrafi boyutunu oluşturmuş ve harita üzerindeki konumsal nokta verilerinin oluşturulmasında kullanılmıştır.

Toplanan tüm veriler, Microsoft Excel’de tablo formatında düzenlenmiştir. Bu süreçte eksik veya hatalı veriler, kaynaklar üzerinden yeniden kontrol edilerek kullanıma sunulmuştur. Veriler, ArcGIS Online platformuna aktarılmadan önce .CSV formatına getirilerek uygun formatta çalışması sağlanmıştır. Uygulamanın geliştirilme sürecinde Esri’nin WEB tabanlı CBS sistemi olan ArcGIS Online platformu kullanılmıştır. Veriler, ArcGIS Online’a aktararak web tabanlı bir harita oluşturulmuştur. Bu süreçte, her bir müzenin coğrafi konumu harita üzerine yerleştirilmiş ve uygulamanın temel yapısını oluşturmuştur. Harita altyapısının daha etkileşimli hale getirilmesi için ArcGIS Online’ın alt uygulamaları olan Web App Builder’da haritanın temeli oluşturulmuş, Web Mapping Application kullanılarak da Müze Bilgi Sistemi uygulaması oluşturulmuştur. Ayrıca hazırlanan uygulama ve makale çıktısı alınırken kullanılan tüm veriler tablolaştırılarak halka açık bir biçimde sunulmuştur. (Tablo 1)

Kullanıcı dostu bir arayüz sağlamak ve görsel tasarım yapısını oluşturmak için temel düzeyde HTML kodları ile özelleştirmeler yapılmış ve müze bilgilerine doğrudan erişimi sağlayan bağlantılar da yine bu şekilde eklenmiştir. ArcGIS Online, bulut tabanlı bir sistem olduğundan, tüm veriler güvenli bir şekilde bulut ortamında saklanmış ve anlık güncellemeler mümkün hale getirilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan materyaller tablosu

Materyal Türü	Kaynak	Kullanım Amacı	Açıklama
Müze Envanteri Verileri	Kültür ve Turizm Bakanlığı	Müzelere ait temel verilerin toplanması	537 müzeye ait ad, il, ilçe ve diğer detaylı bilgiler temin edilmiştir.
Fotoğraflar ve Bilgilendirme	Bakanlık ve Müzeler Genel Müdürlüğü internet sayfaları	Görsel materyaller ve genel bilgilendirme sağlanması	Müze fotoğrafları ve bilgilendirme bağlantılarıyla içerik zenginleştirilmiştir.
Coğrafi Konum Bilgileri	Google Maps, Yandex Maps	Haritalama ve konum belirleme	Müze konumlarının harita üzerinde gösterimi için kullanılmıştır.
CBS Yazılımı	Esri ArcGIS Online	Web tabanlı CBS altyapısının oluşturulması	Veriler ArcGIS platformuna entegre edilerek harita sistemi kurulmuştur.
Akademik Literatür	Makaleler, raporlar, kitaplar	Teorik çerçevenin oluşturulması	Coğrafi bilgi sistemleri ve müzecilik alanındaki akademik kaynaklar incelenmiştir.

Uygulama kapsamında kullanılan tüm veriler, yalnızca halka açık ve resmi kaynaklardan elde edilmiştir. Kişisel veri toplanmadığından, kullanıcı gizliliği açısından herhangi bir ihlal söz konusu olmamıştır. Verilerin saklanması ve işlenmesi sırasında, ArcGIS Online platformunun sunduğu güvenlik protokolleri kullanılmış ve uygulanmıştır.

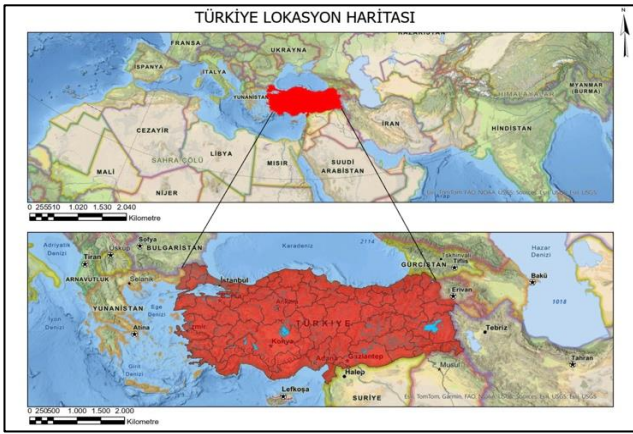
Son olarak, tamamlanan uygulama test aşamasında tekrardan analiz edilmiştir. Uygulama, harita üzerinde doğru konum bilgisi sunma, kullanıcıların müze fotoğrafı ve bağlantılar gibi detaylı bilgilere kolay erişim sağlama gibi işlevler açısından incelenmiştir. Yapılan testler sonucunda, harita ve içerik entegrasyonu sağlanmış ve kullanıcıya sunulmuştur.

Teorik altyapıyı desteklemek amacıyla, coğrafi bilgi sistemleri, müze ve müzecilik uygulamaları alanlarında geniş kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması, hem ulusal hem de uluslararası kaynakları kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır. Araştırma kapsamında, CBS teknolojilerinin müze yönetimindeki rolü, mekânsal analizlerin kültürel miras alanlarındaki önemi ve dijital dönüşümün müzecilik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Literatür taramasında, konuya ilişkin akademik makaleler, raporlar ve kitaplardan yararlanılmıştır. Ayrıca, CBS ve müzecilik alanlarında geliştirilen uluslararası projelerden ve örnek uygulamalardan da yararlanılmıştır. Literatür taramasında elde edilen bilgiler, uygulamanın geliştirilmesinde teorik bir temel oluşturmuş, kullanılan yöntemlerin etkinliği konusunda yol gösterici olmuştur.

2.1. Çalışma Alanı ve Sınırları

Bu çalışma hem Avrupa hem de Asya kıtalarında yer alan stratejik konumu ile dikkat çeken Türkiye Cumhuriyeti’nin coğrafi ve kültürel özelliklerini temel alarak yürütülmüştür. Türkiye, kuzey yarımkürede 36°–42° kuzey enlemleri ile 26°–45° doğu boylamları arasında konumlanmış olup doğuda Gürcistan, Ermenistan, Azerbaycan (Nahçıvan) ve İran; güneydoğuda Irak ve Suriye, batıda ise Yunanistan ve Bulgaristan ile kara sınırlarına sahiptir (Şekil 3). Ülkenin Avrupa ve Asya kıtaları arasında köprü görevi görmesini sağlayan İstanbul ve Çanakkale Boğazları, jeopolitik açıdan taşıdığı önemin yanı sıra kültürel geçişkenliği de mümkün kılan kilit unsurlardır. Bu özel konum, Türkiye’yi tarih boyunca yalnızca askeri ve ticari değil, aynı zamanda kültürel etkileşimler açısından da merkezi bir aktör haline getirmiştir. Çalışma kapsamında, Türkiye’nin sahip olduğu bu eşsiz coğrafi konumun, kültürel mirasın şekillenmesinde ve çeşitlenmesinde oynadığı rol detaylı şekilde ele alınmaktadır.

Türkiye’nin çok katmanlı kültürel yapısı, tarih boyunca pek çok uygarlığa ev sahipliği yapmasından kaynaklanmaktadır. Hititlerden Roma’ya, Bizans’tan Selçuklu ve Osmanlı’ya kadar uzanan bu tarihsel süreklilik, günümüzde ülke genelinde dağılmış sayısız arkeolojik alan, tarihi yapı, sanat eseri ve geleneksel yaşam biçiminde kendini göstermektedir. Çalışmanın alanı, bu kültürel miras öğelerinin yer aldığı fiziksel mekânlarla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda bu mirasın korunması, tanıtılması ve sürdürülebilirliği açısından dijital çözümlerin gerekliliğini de kapsamaktadır. Bu bağlamda, müzecilik faaliyetleri ve kültürel bilgi sistemlerinin dijital ortamlarda nasıl sunulduğu, kullanıcı ihtiyaçlarıyla ne derece örtüştüğü ve bu süreçte hangi eksikliklerin bulunduğu gibi konular da çalışmanın temel inceleme alanları arasında yer almaktadır.



Şekil 3. Türkiye lokasyon haritası.

Ayrıca, Türkiye’deki müzecilik anlayışının geleneksel yapıdan dijital platformlara evrilme süreci, bu çalışmanın sınırlarını belirleyen bir diğer önemli boyuttur. Giderek artan internet kullanımı, mobil uygulamalar, sanal müzeler ve dijital arşivler, kültürel mirasın daha geniş kitlelere ulaşmasını sağlamakta, özellikle genç kuşaklar arasında tarihsel farkındalığın artırılmasına katkıda bulunmaktadır. Ancak bu gelişmelere rağmen, pek çok müzede dijital altyapının yetersiz olması ve çevrim içi bilgilendirme sistemlerinin sınırlı düzeyde kalması, kültürel mirasın etkin biçimde tanıtılmasının önünde bir engel teşkil etmektedir. Dolayısıyla bu çalışma hem fiziki hem de sanal ortamlarda kültürel mirasın temsil edilme biçimlerini analiz ederek, Türkiye özelinde yeni nesil bilgi sistemlerinin müzecilik uygulamalarına entegrasyonunu incelemektedir.

3. Bulgular

Bu bölümde, Müze Bilgi Sistemi'nin kullanılabilirliği ve sağladığı katkılar uygulamanın sonuç tasarımı adımları ele alınmıştır. Bu uygulama, Türkiye genelinde bulunan kamu ve özel müzenin verilerini içeren bir Web tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi uygulaması olarak geliştirilmiştir. Uygulama, Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan 537 müzeyi kapsamaktadır ve kullanıcılara müze ve ören yerleri hakkında detaylı bilgi vermesinin yanı sıra, konum tabanlı hizmetlerle kullanıcıların müzelere kolay erişim sağlamasının önünü açmaktadır. Bu hizmetler arasında, müze konumlarına ulaşım için navigasyon bilgileri, yol tarifi ve harita üzerinde interaktif gezinme gibi fonksiyonlar yer almaktadır. Bunun yanı sıra, uygulama yalnızca müzeleri tanıtmakla sınırlı kalmayıp, kültürel mirasın korunmasına ve toplumda kültürel farkındalığın oluşturulmasında da önemli katkılarda bulunmaktadır. Bu bağlamda, uygulamanın sağladığı tüm bu coğrafi hizmetler, kullanıcıların yerel düzeyde kültürel mirasa olan ilgilerini artırmakta ve müze ziyaretlerinin artmasına teşvik etmektedir.

Uygulamanın ana oluşturulma amacı, Türkiye’de bulunan kamu veya özel kurumlara ait müzeleri topluma tanıtmak ve kullanılacak amaçlar doğrultusunda kolaylık kazandırmaktır. Ülkemizi yılda ortalama 50 milyona yakın turistin ziyaret etmesi ve yurt içi turizm olanaklarını kolaylaştırmayı ve toplumun bilgilenmesini sağlama amacıyla kurulan bu uygulama, kültür ve turizme olan bakış açısını verimli hale getirmektedir. Bu sayede, uygulamaya yalnızca kültürel mirası tanıtmakla kalmaz, aynı zamanda Türkiye’nin turizm sektörüne katkıda bulunarak sektör içindeki ve diğer sektörlerle de yarar sağlamaktadır.

Birden fazla kullanıcı tipine hitap eden bu uygulama, özellikle yerli ve yabancı turistler ile müze sektöründe hizmet sağlayan personellere ve araştırmacılara katkı sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Sağladığı yararın en büyüğü, yerli ve yabancı turistlere tematik bir harita ile bilgi sağlaması olmakla beraber, ulaşım gibi etmenleri de göz önünde bulundurarak anlık çözümler sunmaya olan katkısıdır.

Web CBS uygulamalarının ilk aşaması web harita ve uygulamalarında kullanılacak olan web harita katmanlarının oluşturulmasıdır (Döker & Ocak, 2020). Materyal ve metod bölümünde bahsedildiği üzere, Türkiye genelindeki müzelere ait koordinat verileri, il ve ilçe bazında sistematik olarak toplanmış, bir Excel tablosu üzerinde derlenerek öznitelik verisinin temel altyapısı oluşturulmuştur. Bu veritabanı, ArcGIS Online ile entegre edilmek üzere “.csv” formatında dışa aktarılmış ve Web Mapping Application’a katman (olarak yüklenmiştir. Bu veri katmanları; müzelerin adı, türü, coğrafi konumu, bağlı bulunduğu il/ilçe, resmi bilgilendirme bağlantıları, görseller ve kullanıcı yönlendirme (navigasyon) linklerini içermektedir. Toplamda 537 müzeye ait veri, uygulamanın veri modeline uygun olacak şekilde sınıflandırılmış ve her bir müze için ayrı bir kayıt oluşturulmuştur.

Uygulama tasarımı, kullanıcı deneyimini önceliklendiren bir yaklaşımla gerçekleştirilmiş, bilgiye erişimi kolaylaştıracak şekilde kullanıcı arayüzü (UI) geliştirilmiştir. Konumsal işlevler, HTML5 tabanlı açılır bilgi pencereleri (popup) ile desteklenmiş, görsel bileşenler için JPEG/PNG uzantılı görseller optimize edilerek yükleme süresi azaltılmıştır. Konuma git ve yol tarifi al gibi yönlendirme işlemleri için URL parametreleriyle Google Maps API entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Böylece kullanıcılar, seçtikleri müzeye doğrudan rota oluşturabilmekte ve navigasyon başlatabilmektedir.

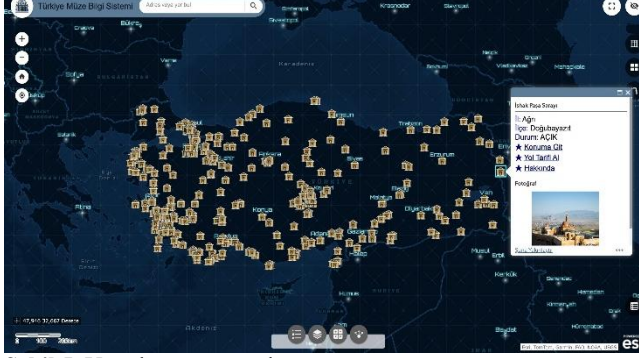
Uygulama, açılış sayfası ve harita tabanlı ana sayfa olmak üzere iki ana bölüme ayrılmıştır. Açılış ekranı, kullanıcıyı karşılayan kısa bir bilgilendirme alanı olarak tasarlanmış, genel sayfa yapısıyla uyumlu olacak şekilde arka plan ve yazı özellikleriyle bütünleştirilmiştir. Sayfada uygulama logosu, uygulama ismi ve açıklayıcı metin yer almaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Müze bilgi sistemi açılış sayfası.

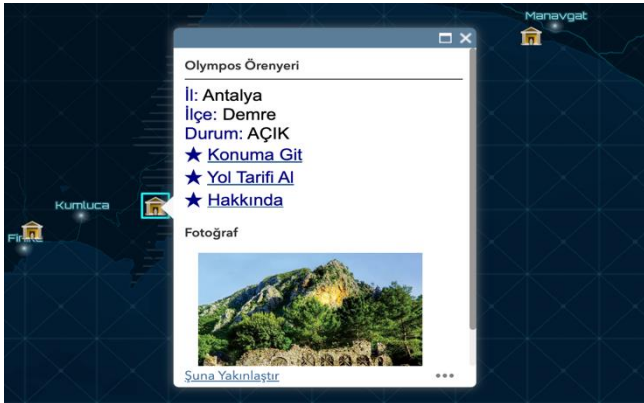
Ana sayfa, kullanıcıların Türkiye genelindeki müzeleri görsel olarak inceleyebileceği etkileşimli bir harita üzerine inşa edilmiştir (**Şekil 5**). Harita üzerinde her bir müze, simgelerle temsil edilmekte olup, kullanıcılar bu simgelere tıkladıklarında, ilgili müzeye dair ayrıntılı bilgilere erişilebilen bir bilgi penceresi açılmaktadır. Bu pencerelerde müzenin adı, bulunduğu il ve ilçe, resmi bilgilendirme bağlantıları, görsel materyallerin yanı sıra, müzeye ulaşmak için harita üzerindeki rota seçenekleri de sunulmaktadır.

Harita sayfası, kullanıcıların müzeleri ve ören yerlerini görsel bir biçimde keşfetmelerine olanak tanırken, kullanıcı dostu bir arayüz ile tasarlanmış olup, müzelerin konumlarına ve ilgili bilgilere erişim süreçlerini hızlandırmaktadır.



Şekil 5. Uygulamanın genel tasarımı.

Ana harita sayfasında, Türkiye genelindeki müzeleri temsil eden simgeler kullanılmış ve her bir simgeye tıkladığında, ilgili müze hakkında bilgilendirme penceresi açılacak şekilde yapılandırılmıştır (Şekil 6). Bu bilgi pencereleri, müzenin kısa tanıtımını sunmanın yanı sıra, müzenin görsellerini, resmi web bağlantılarını ve müzeye ait ek bilgileri içermektedir. Ayrıca, kullanıcıların harita üzerinden müzeye yönlendirilmesi için rota seçenekleri de bu pencerelerde yer almaktadır. Harita üzerindeki bu simgeler, her bir müzenin konumunu açıkça belirtirken, kullanıcıların müzeleri kolayca bulmalarını sağlar. Kullanıcılar, ilgili simgeye tıkladıklarında, müzenin adı, bulunduğu il ve ilçe bilgisi, müzeye ait görseller ve müzeyi tanıtan yazılı içeriklerin yer aldığı bir pencere açılır. Bu pencere aracılığıyla kullanıcılar, müzeye ait temel bilgilere erişebildikleri gibi, müze hakkında daha fazla detaylı bilgi edinmek amacıyla resmi web sitesine yönlendirilebilirler. Ayrıca, kullanıcılar harita üzerinden müzeye ulaşmak için rota oluşturma işlemini de gerçekleştirebilmektedir. Uygulama, bu şekilde kullanıcıların müzeler hakkında hızlı ve doğru bilgilere ulaşmalarını sağlamakta, aynı zamanda harita üzerinden müzelerin konumlarına kolayca yönlendirilmiş olmaktadır. Kullanıcıların müzeler arasındaki mesafeyi ve güzergahları görsel olarak takip edebilmeleri, seyahat planlamalarını büyük ölçüde kolaylaştırmakta ve ziyaretçi deneyimini daha verimli hale getirmektedir.



Şekil 6. Açılır pencere (Pop-up) görünümü.

Uygulamanın tasarım sürecinde, web tabanlı bir harita altyapısı kullanılmış ve tüm veriler bu yapı içerisine uygun şekilde yerleştirilmiştir. Bu sayede hem görsel hem de işlevsel açıdan daha sade ve kullanıcı dostu bir deneyim

sunulmuştur. Uygulama yalnızca bilgi sunan bir platform değil; kültürel geziler, araştırmalar ve seyahat planlamaları için yardımcı bir rehber niteliği de taşımaktadır.

Aynı zamanda uygulamanın güncellenebilir bir yapıya sahip olması, ileride eklenecek yeni müzelerin ve bilgilerin kolayca sisteme dahil edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu özellik, uygulamanın sürekli olarak güncel kalmasına olanak tanımakta ve kullanıcıların her zaman doğru bilgilere ulaşmasını sağlamaktadır. Kültürel mirasın dijital ortamdaki yansması olarak geliştirilen bu uygulama, Türkiye'nin kültürel zenginliklerini geniş bir kullanıcı kitlesine ulaştırarak hem yerli hem de yabancı ziyaretçilerin erişimini artırmaktadır.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Müze Bilgi Sistemi uygulaması toplum yararına oluşturulmuş Web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri uygulamasıdır. Ülke genelindeki müzelerin çok büyük bir kısmını içinde barındırmasıyla şehir yaşamında ve kültürel mirasın korunmasında önemli katkılar sunduğunu ortaya koymuştur. Türkiye her yıl ortalama 50 milyon turiste ev sahipliği yapmaktadır. Hem yerli hem de yabancı turistler düşünüldüğünde "Müze Bilgi Sistemi" gibi uygulamalarının yaygınlaştırılması ülkemiz kültür ve turizm faaliyetleri için büyük önem taşımaktadır.

Müze Bilgi Sistemi, kültürel mirasın korunmasında, müzelerin daha etkin bir şekilde tanıtılmasında ve ziyaretçi deneyiminin iyileştirilmesinde büyük katkılar sağlamaktadır. Bu sistemin yaygınlaştırılması, Türkiye'nin turizm potansiyelini daha geniş bir kitleye ulaştırma imkânı sunmaktadır. Ayrıca, uygulamanın etkin bir şekilde kullanılabilmesi için yeni müze ve ören yerleri tespit edilmeli ve uygulama içine entegre edilerek sürekli güncellemeler yapılmalıdır ayrıca kullanıcı geri bildirimleri dikkate alınarak iyileştirmeler gerçekleştirilmelidir. Müze Bilgi Sistemi, yalnızca Türkiye'deki müzelerin dijital ortamda tanıtılmasını sağlayan bir platform olmanın ötesine geçerek, kültürel mirasın korunmasına ve toplumdaki her yaşta bireyler için kültürel farkındalığın artmasına önemli katkılar sunmaktadır. Uygulamanın bulut tabanlı olması ve sürekli olarak güncellenmesi, kullanıcı geri bildirimlerine dayalı iyileştirmeler yapılması ve sistemin etkinliğini artırmakta, kullanıcı deneyimini maksimum düzeyde geliştirmektedir. Bununla birlikte, uygulamanın güvenliği ve kullanıcı gizliliği konusunda alınan önlemler de büyük önem taşımaktadır, uygulama içerisinde kullanıcı bilgilerini kaydedecek bir sisteme sahip olmaması ve uygulamayı ziyaret edenlerin geliştirici tarafından bile görülmemesi güvenlik açısından büyük önem taşımaktadır. Küreselleşen dünyada, Müze Bilgi Sistemi'nin evrensel bir müze algısı yaratma potansiyeli büyük olup, farklı kültürel mirasların dijital ortamda paylaşılması, kültürel anlayışı ve hoşgörüyü pekiştirebilir. Gelecekte, artırılmış gerçeklik (AR) gibi teknolojilerin entegrasyonu, müze ziyaret deneyimini daha etkileşimli hale getirebilir ve kullanıcıların kültürel mirasa daha yakın bir deneyim sunmasını sağlayabilir. Ayrıca, ileriye dönük bakıldığında uygulamanın dil seçeneklerinin artırılması, yabancı turistlerin ilgisini çekecek şekilde daha erişilebilir hale gelmesine olanak tanıyacaktır. Uygulamanın gelişimi için yapılacak en büyük sorumluluk toplumdaki her yaşta insanın kullanımına sunmak ve toplumun bu gibi kültürel uygulamalarla bütünleşmesini sağlamaktır.

Sonuç olarak web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarına bir örnek taşıyan Müze Bilgi Sistemi, sadece kültürel bir uygulama örneği olarak değil farklı alanlarda sayısız uygulama yapılabilirliğini anlatmak ve uygulamaya konmasının önünü açmak için yapılmış örnek bir çalışmadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı

Rumeysa Pekçetin: Literatür taraması, Analiz, Modelleme, Makale yazımı, Düzenleme.

Mehmet Fatih Döker: Düzenleme, Makale yazımı.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Alatepeli, S. (2009). *Antik kaynaklar ve kalıntılar ışığında coğrafi bilgi sistemine dayalı Smyrna kenti arkeolojik haritasının hazırlanması* (Tez No. 236024) [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Arslan, H., Güleriyüz, G., Gökçeoğlu, M. & Rehder, H. (1999). Vegetation mosaic around the second center of tourism development in the Uludağ Mountain, Bursa, Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 23(4), 233-239.
- Atan, S. (2020). Bulut bilişim ve geleneksel alternatiflerinin karşılaştırılması: İşletmeler için avantajlar, riskler ve geçiş önerileri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(3), 747-759. <https://doi.org/10.32709/akusosbil.548249>
- Babadag, E. (2018). *Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında mobil tabanlı Anadolu Üniversitesi kampüs bilgi sistemi* (Tez No. 535685) [Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Bank, E. (2013, Kasım 28-29). Yönetim bilişim sistemlerinde coğrafi bilgi sistemleri teknolojisinin önemi. [Bildiri sunumu]. 30. Ulusal Bilişim Kurultayı, Ankara, Türkiye.
- Baştanlar, Y., Altıngövd, S., Aksay, A., Alav, O., Çavuş, Ö., Yardımcı, Y., Ulusoy, Ö., Gündükbay, U., Çetin, E., Bozdağı Akar, G., & Aksoy, S. (2006, 20-22 Eylül). E-Müze: Müzeler için web-tabanlı gezi ve bilgi sistemi [Bildiri sunumu]. *Akademik Bilişim Konferansı 2006*, Denizli, Türkiye.
- Bowen, J. P. (1997). The world wide web and the virtual library museums pages. *European Review*, 5(1), 89-104.
- Çalhan, Ö., Öter, Z. & Kaya, Ç. M. (2020). Coğrafi bilgi sisteminin turizm endüstrisindeki önemi: Kültürel mirasın belirlenmesinde kullanımı için bir doküman analizi. *Journal of Travel and Tourism Research*, 16(16), 25-45.
- Çark, Ö. (2019). *Kurumsal kaynak planlama (KKP) sistemleri*. Gazi Kitabevi.
- Çorumluoğlu, Ö., İbrahim, A., Esen, Ö., Kalaycı, İ., & Karauğuz, G. (2008, 23-27 Nisan). CBS, GPS ve dijital fotogrametri teknolojileri desteğindeki TBS'leri ile çağdaş turizm [Bildiri sunumu]. *IV. Lisansüstü Turizm Öğrencileri Araştırma Kongresi*, Antalya, Türkiye.
- Çuhadar, M., Aydoğan, T. & Bahar, H. (2013). Web-@ncient®: Ege Bölgesi antik kentleri için coğrafi bilgi sistemi destekli turist rota planlayıcısı tasarımı. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 5(1), 31-39.
- Değerliyurt, M. & Çabuk, S. N. (2008). Coğrafyayı coğrafi bilgi sistemleri ile tanımlamak. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33), 39-40. <https://doi.org/10.17295/dcd.88722>
- Demirci, Y. Z., & Kavzoğlu, T. (2010, 11-13 Ekim). Kocaeli Turizm Bilgi Sisteminin tasarlanması [Bildiri sunumu]. *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Gebze, Kocaeli, Türkiye.
- Döker, M. F. & Ocak, F. (2020). COVID-19 salgınının Türkiye'deki coğrafi dağılışının izlenmesinde Web CBS kullanımı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (76), 7-18. <https://doi.org/10.17211/tcd.778712>
- Dupuy, A., Juanals, B., & Minel, J.-L. (2015, April 8-11). Towards open museums: The interconnection of digital and physical spaces in open environments [Bildiri sunumu]. *MW2015: Museums and the Web 2015*, Chicago, IL, United States.
- Duran, E., Şeker, D. Z., & Shrestha, M. (2004, 12-23 Temmuz). Web based information system for tourism resort: A case study for Side/Manavgat [Bildiri sunumu]. *XX. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Congress*, İstanbul, Türkiye.
- Geymen, A., Beşdok, E., Atasever, Ü. H., Karkınlı, A., & Çağlıkantar, T. (2008, 3-5 Kasım). Erciyes Üniversitesi Kampüs Bilgi Sistemi [Bildiri sunumu]. *II. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Kayseri, Türkiye, ss. 718-723.
- Harrison, S. J., Winterbottom, S. J. & Sheppard, C. (1999). The potential effects of climate change on the Scottish tourist industry. *Tourism Management*, 20(2), 203-211. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(98\)00072-7](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(98)00072-7)
- Höl, H., & Tarhan, Ç. (2024). Afet sonrası etkin müdahale için CBS tabanlı yönetim sistemi önerisi. *Resilience*, 8(1), 57-71. <https://doi.org/10.32569/resilience.1402651>
- İneç, Z. F., & Akpınar, E. (2011, Eylül). Kemaliye İlçesi (Erzincan) web tabanlı turizm bilgi sistemi [Bildiri sunumu]. *Uluslararası Katılımlı Coğrafya Kongresi*, Türkiye.
- İrcan, M. R. & Duman, N. (2020). İnternet (Web) tabanlı coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamalarının ortaöğretim coğrafya dersi öğretiminde kullanımı. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40(3), 1051-1085. <https://doi.org/10.17152/gefad.782037>
- Kamariotou, V., Kamariotou, M. & Kitsios, F. (2021). Strategic planning for virtual exhibitions and visitors' experience: A multidisciplinary approach for museums in the digital age. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 21, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2021.e00183>
- Kavakli, E., & Bakogianni, S. (2003, September 25-28). Building museum information systems: A knowledge management approach [Bildiri sunumu]. *6th Hellenic-European Conference on Computer Mathematics and its Applications (HERCMA)*, Athens, Greece.
- Kaya, E. (2024). Shiny kütüphanesi ile açık kaynak kodlu web tabanlı CBS uygulaması geliştirme. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(5), 2010-2025. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1399033>
- Kervankıran, İ. (2014). Dünyada değişen müze algısı ekseninde Türkiye'deki müze turizmine bakış. *International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 9(11), 345-369.
- Kırteke, M. & Oğuz, H. (2022). ArcGIS online ile web-tabanlı ağaç bilgi sisteminin geliştirilmesi: Turgut Özal

- Bulvarı-Malatya örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1), 286–309. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1083605>
- Kuria, E., Kimani, S., & Mindila, A. (2019). A framework for Web GIS development: A review. *International Journal of Computer Applications*, 178(16), 6–10. <https://doi.org/10.5120/ijca2019918863>
- Li, J. & Ning, Y. (2020). Key technology of virtual roaming system in the museum of ancient high-imitative calligraphy and paintings. *IEEE Access*, 8, 151072–151086. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3015318>
- Mermer, N., & Kavzoğlu, T. (2010, 11–13 Ekim). İstanbul turistik bilgi sisteminin tasarlanması [Bildiri sunumu]. III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Gebze, Türkiye.
- Mete, M. O. & Yomralıoğlu, T. (2021). Açık kaynaklı bulut CBS yardımıyla kitlesel taşınmaz değerlendirme uygulaması. *Harita Dergisi*, 165, 28–42.
- Mutlu, A., Vural, G., Aydın, Ö., Güney, B., Hamamcı, S. F., Aya, A., ... & Bektaş Balçık, F. (2017, 3–6 Mayıs). Bodrum turistik bilgi sistemi web ve mobil uygulamaları [Bildiri sunumu]. 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Türkiye.
- Neftçi, S., Dengi, C., Ikiel, C., & Thaerzadeh, S. (1997, January). Mugla tourism information system [Bildiri sunumu]. In *Information and Communication Technologies in Tourism 1997: Proceedings of the International Conference in Edinburgh, Scotland, 1997* (pp. 160–168). Vienna, Austria: Springer Vienna.
- Ocak, F. & Şirin, M. (2024). Web tabanlı CBS uygulamalarının afet ve acil durum yönetiminde kullanımı: Gümüşhane şehri örneği, Türkiye. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 454–468.
- Özen, A. (2018). Çok dilli Kapadokya mobil turist rehberliği bilgi sistemi önerisi. *Verimlilik Dergisi*, (1), 117–140.
- Polat, M., Kuriş, U., & Karaş, İ. R. (2014, 22–23 Ekim). CBS tabanlı eski çarşı turist bilgi sisteminin tasarımı [Bildiri sunumu]. 19. Esri Kullanıcıları Konferansı, Ankara, Türkiye.
- Sandal, E. K., & Karabulut, M. (2008, 2–5 Temmuz). Tourist information systems: A case of Kahramanmaraş [Bildiri sunumu]. 5th International Conference on Geographic Information Systems (ICGIS-2008), Fatih University, İstanbul, Türkiye.
- Sezer, M. (2010). Türkiye turizm sektöründe müze turizminin payının değerlendirilmesi (Tez No. 265226) [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Silier, O. (2010). Dünyada ve Türkiye’de kent müzeleri. *Ege Mimarlık*, 74(3), 16–21.
- Tang, S. (2023). Research on cultural heritage information and digital visualization: Taking Confucius Museum as an example. *Communications in Humanities Research*, 2(1), 19. <https://doi.org/10.54254/2753-7064/2/20220300>
- Taylor, J. H. & Ryan, J. (1995). Museums and galleries on the internet. *Internet Research*, 5(1), 80–88. <https://doi.org/10.1108/10662249510084499>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024a, Nisan). Ortalama turist sayısı istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Turizm-Istatistikleri-I.-Ceyrek:-Ocak-Mart,-2024-53657>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024b, 6 Eylül). Kültürel miras istatistikleri. (Bülten No: 53640). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kulturel-Miras-Istatistikleri-2023-53640>



Araplar Boğazı sulak alanı (Ezine, Çanakkale) üzerindeki çevresel tehditler, çözüm önerileri ve sürdürülebilir yönetimi

Melek Sinan^{1*} 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

Anahtar Kelimeler

Araplar Boğazı
Sulak Alan
Çevre Sorunları
Sürdürülebilirlik
Sürdürülebilir Yönetim

Araştırma Makalesi

Geliş: 08.04.2025
Kabul: 19.06.2025
Yayınlanma: 29.06.2025



Özet

Araplar Boğazı Çanakkale iline bağlı Ezine ilçe sınırlarında bulunmakta olup 8 km uzunluk ve vadi tabanında maksimum 750 m genişliğe sahip epijenik yarma vadidir. Kazdağları'ndan doğan Karamenderes Çayı'nın kazdığı vadisinde orta ile aşağı çıkışını birbirine bağlayan bir kavuşma boğazı karakterinde olan Araplar Boğazı, önemli bir sulak alan özelliğindedir. Boğaz yamaçlarındaki antik yerleşim kalıntıları ve tümülüsler, mitolojik doğal çevre unsurları ile hem kültürel bir mekân hem de tespit edilen biyoçeşitlilik itibarıyla önemli bir ekolojik ortamdır. Boğazın sahip olduğu bu önemli tarihi ve doğal özelliklerin varlığına karşın sulak alan, bazı olumsuz insan faaliyetleriyle büyük bir risk altındadır. Bu risk faktörleri boğaz yamaçlarında açılan ocaklar ile tahrip edilen morfolojik yapı, toz kirliliği, tarımsal üretimde ilaçlama ve kontrolsüz su çekimleri, bazı mühendislik yapılarının suyun doğal akışı ve su canlıları üzerinde yarattığı dezavantajlı durumlar, su analiz değerlerinde yüksek çıkan tuzluluk ve elektriksel iletkenlik değerlerine yansıyan su kirliliğidir. Sulak alan üzerindeki bu risk unsurlarının ortadan kaldırılması ya da olumsuz çıktıların olabildiğince minimize edilmesi ise ancak Araplar Boğazı Sulak Alanı'nın kendi ortam özelliklerine uygun bir koruma statüsüne kavuşması ile mümkündür. Bu durum sulak alanın kültürel, tarihi, ekolojik, morfolojik ve ekoturizm bileşenlerinin kamu ve yerel paydaşların da sisteme dahil edilerek bütüncül bir yaklaşımla ele alındığı sürdürülebilir bir yönetimle gerçekleştirilmelidir.

Environmental threats, solution proposals and sustainable management on the Araplar Gorge wetland (Ezine, Çanakkale)

Keywords

Araplar Gorge
Araplar Gorge Wetland
Environmental Problems
Sustainability
Sustainable Management

Research Article

Received: 08.04.2025
Accepted: 19.06.2025
Published: 29.06.2025

Abstract

Araplar Gorge is located in Ezine district of Çanakkale province and is an epigenic valley with a length of 8 km and a maximum width of 750 m at the valley floor. This gorge which has the character of a junction gorge connecting the middle and lower reaches of the valley carved by the Karamenderes Stream originating from the Mount Ida, is an important wetland. Araplar Gorge is both a cultural place with the ruins of ancient settlements and tumuli on its slopes, mythological natural environment elements and an important ecological environment in terms of biodiversity. Despite the presence of these important historical and natural features of the gorge, the wetland is at high risk due to some negative human activities. In fact, the morphological structure destroyed by the quarries opened on the slopes of the gorge and the resulting dust pollution, spraying and uncontrolled water withdrawals in agricultural production, disadvantageous situations created by some engineering structures on the natural flow of water and aquatic organisms, water pollution reflected in high salinity and electrical conductivity values in water analysis values, create a great ecological risk on the wetland. Elimination of these risk factors on the wetland or minimization of their negative outputs as much as possible is only possible if the Araplar Gorge Wetland attains a protection status appropriate to its own environmental characteristics. This should be achieved through sustainable management in which the cultural, historical, ecological, morphological and ecotourism components of the wetland are handled with a holistic approach in which public and local stakeholders are included in the system.

1. Giriş

Sulak alanlar, alçak gel-git de derinliği altı metreyi geçmeyen deniz suyu alanlarını da kapsamakla beraber doğal ya da yapay, durgun ya da akar, sürekli ya da geçici, tatlı, acı ya da tuzlu bütün sular ile bataklık, sazlık ve turbalık gibi su kütlelerini kapsamaktadır (Ramsar Convention Secretarian, 2006). Bu manifestonun felsefesi, sulak alanların korunması gayesiyle ulusal ve uluslararası düzeyde entegre yönetim faaliyetlerini kamu bilincini de kapsayacak bütünlükte kullanım ve korunmasını hedeflemektir. Sahip olduğu biyolojik çeşitlilikle zengin birer ekolojik ve biyolojik rezervuar olan sulak alanlar, yeryüzünün en önemli ekosistemlerindendir. Sulak alanlar ayrıca sosyo-kültürel faaliyetlerin gerçekleştiği, balıkçılık, turizm, saz-kamış üretimi gibi faaliyetlerle ekonomik getiriler de sağlaması hasebiyle ayrı bir öneme sahiptir.

Sulak alanların korunması gayesi ile 1971 yılında İran'ın Ramsar kentinde imzalanan Ramsar Sözleşmesi'ne Türkiye 30.12.1993 yılında taraf olup sözleşme 17.05.1994 tarihinde resmi gazetede yayımlanmıştır. Bu kapsamda Türkiye'de 76 sulak alan bulunmakla birlikte 14 tanesi Ramsar Sözleşmesi kapsamında tescillenmiş, 53 Ulusal Öne Haiz Sulak Alan, 9 Mahalli Öne Haiz Sulak Alan olmak üzere kayıt altına alınmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı). Ramsar Sözleşmesi statüsüne dahil edilmemekle birlikte ülkemizde önemli sulak alanlar da bulunmaktadır. Öyle ki bu sulak alanlar içerisinde ortam ekolojisi açısından oldukça karakteristik, korunması ve doğal yapısı üzerinde baskı yaratan faktörlerin belirlenerek ortamın yeniden rejenere edilmesi ve bu alanların gelecekte de varlıklarının korunması için sürdürülebilir yönetimle izlenmesi gereken sulak alanlar mevcuttur.

Günümüzde küresel ısınmanın yüzey suları üzerinde yarattığı baskı, nüfus artışının katlanarak artışına bağlı olarak doğal ve yenilenemeyen kaynaklar üzerindeki aşırı kullanım/tüketim, sanayileşme, kirlilik gibi etmenlerle sulak alanlar ve çevreleri yoğun baskılarla karşı karşıyadır. Sulak alanlar üzerindeki bu baskı ve tehditler ekolojik degradasyon, biyolojik çeşitlilikte azalma veya tür kaybı gibi telafisi mümkün olmayan felaketlere yol açabilmektedir. Öyle ki hidrolojik, morfolojik, iklimik ve antropojenik faktörlerden kaynaklanan bu problemlerin sulak alan ekosisteminde uğrattığı en küçük bir sorun dahi sistemin bütününe tehdit edebilmektedir. Çünkü bu tür ortamlar en küçük bir problemden dahi etkilenebilecek ve ortama uyum sağlamış canlılar üzerinde tahribatı büyük sonuçlar doğurabilecek kırılganlık hassasiyetine sahip ortamlardır. Dolayısıyla bu doğal ortamlar üzerinde bahsi geçen menfi faktörlerin olabildiğince minimuma indirgenerek sürdürülebilirliğini sağlamak elzemdir. Bu ise bütün paydaşların tarafsız yaklaşımı ve doğruluğu uluslararası mevzuatla tescillenmiş yasal düzenlemelere uygun kullanım ve yönetimle mümkündür. Teorikte bahsedilen uygulamaların pratikte uygulanmadığı yönetmenliklerle bu problemleri çözüme kavuşturmak mümkün değildir. Öyle ki korunması gereken uluslararası öneme sahip sulak alanların birçoğu üzerinde doğal ortamları tehdit eden çok çeşitli problemler vardır (Ari & Derinöz, 2011). Öyleyse pratikteki uygulamalarda birtakım eksiklikler veya denetim sorunları ile karşı karşıya olunan durumların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu durum önemli bir sulak alan konumunda olan ve yasal koruma statüsüne kavuşmamış sulak alanlar üzerindeki koruma ve plânlama çalışmalarını ise titizlikle değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır.

Araplar Boğazı Sulak Alanı Ramsar Sözleşmesi ile koruma statüsü altına alınmayan bir sulak alan olmasına karşın sahip olduğu doğal ortam koşulları ve coğrafi konumu itibarıyla önemli bir sulak alan özelliğine sahiptir. Öyle ki Araplar Boğazı göç yolu üzerinde bulunan Çanakkale Boğazı ve Ege Denizi kıyılarına olan yakınlığı itibarıyla kıyı kuşları ile hem su hem de karasal ortama uyum sağlayan canlıların barındığı bir sulak alandır. Doğal bir koridor morfolojisine sahip yapısı ile hem kendine has izole ve koruyucu bir yapıya hem de bu ortama uyum sağlayan canlıların yaşamlarını sürdürdüğü doğal bir çevreye sahiptir. Bölgede çeşitli araştırmacıların tür tespit amaçlı gerçekleştirdikleri saha çalışmalarında tespit edilen tür sayıları sulak alanın bölgesel önemini ortaya koymuştur. Bu önemli değerine karşın Araplar Boğazı Sulak Alanı günümüzde özellikle insan faaliyetlerine bağlı bilinçsiz kullanım ve mevzuata uygun olmayan kullanımlarla bazı çevresel tehditlerle karşı karşıyadır. Bu baskılar bölgede gözle görülebilir çevresel tahribatlar yaratmış olmakla birlikte bu bilinçsiz kullanımın devam etmesi ise ileride daha büyük problemlere yol açabilecek düzeydeki yanlış uygulamalardır. Kendine has doğal bir yapısı olan sulak alanın bu bilinçsiz çevre kullanımları ile tahribata uğratılmasının bölge ekosistemi üzerinde yaratacağı tahribattan kurtarılmasının tek çözümü ise bir an önce kendi doğal ortamına uygun koruma plânlamalarını kamu ve yerel paydaşları da sürece dahil ederek sürdürülebilir bir yönetim uygulaması ile koruma altına almaktır. Bu uygulamalar ise sürdürülebilir bir istikrarla mümkün ve kalıcı olabileceğinden yasal denetim ve kontroller ile belirli dönemlerde tekrar tekrar gerçekleştirilecek denetimler ile mümkündür.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada araştırmanın esas veri kaynağını arazi çalışmaları oluşturmaktadır. Arazi çalışmaları esnasında sulak alan ve yakın çevresinin kullanımı ve bölge üzerinde tespit edilen insan faaliyetlerinin olumlu/olumsuz etkileri değerlendirilerek sulak alan üzerinde yaratılan çevresel ve ekolojik tahribatlar tespit edilmiştir. Elde edilen doneler uygun literatür taramaları ile ulaşılan veriler doğrultusunda karşılaştırılarak bölgesel yorumlamalar yapılmıştır. Bölgenin iklim verileri için Çanakkale Meteoroloji Müdürlüğü'nden temin edilen Ezine ili meteoroloji istasyonunun iklim verileri, inceleme alanının lokasyon haritasının oluşturulması için 1/25.000 ölçekli I16-a2, I16-b1 ve I16-b4 paftaları kullanılmıştır. Suyun fiziko-kimyasal özelliklerini analiz etmek için ise boğaz içerisinde Karamenderes Çayı'nda Ekim (2024) ayı içerisinde iki kez Extech Instruments ölçüm cihazı ile su analizi yapılmıştır.

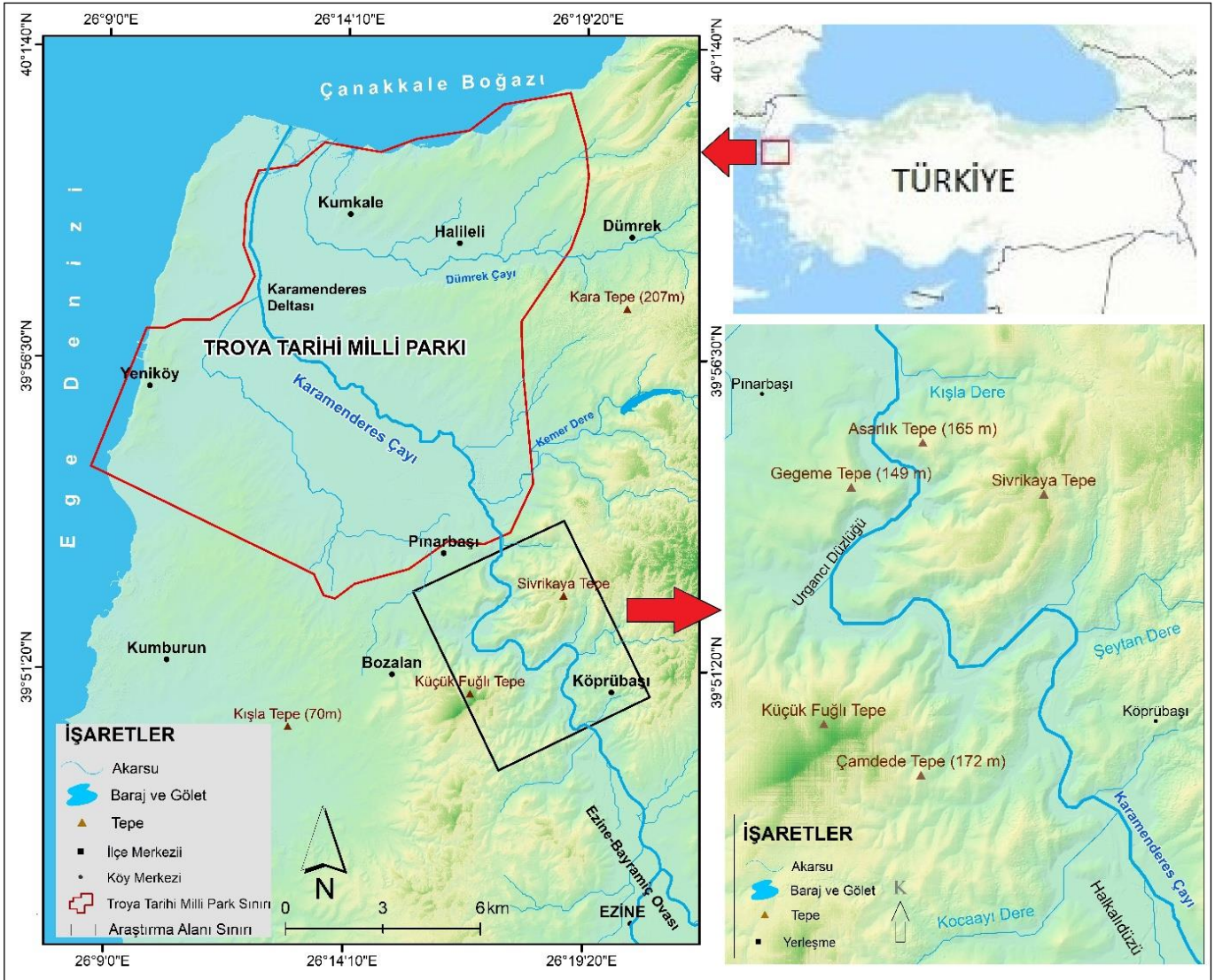
3. Araştırma Sahasının Genel Coğrafi Özellikleri

Araplar Boğazı Sulak Alanı Çanakkale ilinin Ezine ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Troya Tarihi Milli Parkı'nın güneyinde kabaca kuzey-güney yönlü uzanan Araplar Boğazı, güneyde Tuna Burnu olarak adlandırılan sırtın ucundan başlayarak kuzeyde Pınarbaşı Ovası'na açılan Kumkale Regülatörü arasında yaklaşık 8 km uzunluğa sahiptir (Şekil 1). Boğaz bu yönüyle Karamenderes Deltası ile Ezine-Bayramiç Ovası'nı birbirine bağlayan kavuşma boğazıdır. Araplar Boğazı Kazdağları'ndan doğan ve Çanakkale'nin en uzun akarsularından biri olan 110 km uzunluğundaki Karamenderes Çayı'nın bu kesimdeki

vadisini kazarak yatağına gömülmesi ile morfolojik yapısını kazanan epijenik yarma vadidir (Bilgin, 1969). Bölgenin geçirdiği tektonik hareketler ve flüvyal süreçlere bağlı olarak vadisini kazın Karamenderes Çayı, Araplar Boğazı'nda gömük menderesli bir yapı kazanarak menderesli bir akışla Çanakkale Boğazı'na dökülmektedir. Boğaz yamaçları Asarlık Tepe (165), Gegeme Tepe (149 m) Çamdede Tepe (172 m), Şeytan Tepe (155m) gibi tepelik alanlara sahiptir. Boğaz tabanı yer yer daralıp genişlemekle birlikte çayın menderes bükümünü en fazla genişlettiği tabanında yaklaşık 750 m genişliğe sahiptir.

Araplar Boğazı bulunduğu konum itibariye Marmara ikliminin etkisi altındadır. Boğazın bulunduğu Ezine İlçesi yaz aylarında sıcak ve kurak; kış mevsiminde yağışlı olmakla birlikte geçiş iklimi ve denizel-karasallık faktörünün de etkisiyle yaz aylarına kayan ani yağışların

gerçekleştiği bir iklim özelliği sergilemektedir. İlçenin yaz sıcaklık ortalaması 15,8 °C olmakla birlikte yaz sıcaklık ortalaması 26,2 °C, kış sıcaklık ortalaması 7,2 °C; yıllık yağış ortalaması 560,56 mm iken yaz yağış ortalaması 20,5 mm kış yağış ortalaması ise 84,3 mm'dir (Çanakkale Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022). Dolayısıyla yıl boyu akışı devam eden Karamenderes Çayı'nın kış aylarında artan yağışlara ve ilkbahar aylarındaki kar erimelerine bağlı olarak debisi yükselmekte yaz aylarında ise düşmektedir. Araplar Boğazı'nın her mevsimde varlığını koruyan suyun varlığı, Çanakkale Boğazı'nın kıyı kuşlarının göç yolu üzerinde bulunması, Troya Tarihi Milli Parkı kıyısındaki Kumkale Sazlığı'nın kıyı kuşlarının beslenme ve üreme alanı olması ve boğazın kendine has izole yapısı Araplar Boğazı'na karakteristik bir sulak alan ortamı kazandırmıştır.



Şekil 1: Araplar Boğazı Sulak Alanı'nın Lokasyon Haritası

4. Bulgular

4.1. Araplar Boğazı Sulak Alanı'nın Tarihi, Kültürel ve Ekolojik Önemi

Araplar Boğazı Sulak Alanı, tarihi ve mitolojik bir geçmişin izlerini taşıyan Troas Bölgesi sınırlarında bulunmakla birlikte Troia Kenti'ne olan yakınlığından ötürü de kadim tarihi, kültür ve efsaneleri ile anılmaktadır.

Bölgenin sahip olduğu tarihi ve kültürel zenginlikler de bölgenin kültürel kimliği olarak birçok mekânla ve doğal çevre unsurlarıyla özdeşleşmiştir.

Araplar Boğazı içerisinde menderesli bir akış sergileyen Karamenderes Çayı'nın bölge tarihi içerisindeki kültürel önemi büyüktür (Şekil 2a). Öyle ki Karamenderes Çayı antik çağda Scamandros (ya da Scamander) olarak adlandırılmakta ve Homeros'un İlyada eserinde Scamandros

ise büyük bir ırmak tanrısı olarak geçmektedir (Körpe, 2019). Homeros Troia Savaşı efsanesinde savaşı bu nehir çevresinde anlatmakta ve yer yer birçok mitolojik tasvirle betimlemektedir. Dolayısıyla Scamender Çayı Troia Bölgesi ile özdeşleşen başlı başına bir kültür simgesi ve doğal kültürel mirastır.

Araplar Boğazı ise bölge mitolojisinde Troia'nın Arka Bahçesi olarak betimlenmektedir. Araplar Boğazı'nda (Scamender Vadisi) bulunan ve antik çağdan günümüze kadar ulaşan önemli arkeolojik alan ve kalıntılar ise Araplar Boğazı Sulak Alanı'na tarihi, kültürel ve arkeolojik bir önem kazandırmaktadır. Boğazın yamaç ve zirvelerinde bulunan antik yerleşim ve tümülüsler bu kültürel geçmişin izlerini taşımaktadır. Boğazın kuzey kesimlerinde kalan iki antik kentin günümüze ulaşan kalıntıları, sulak alanı oluşturan boğaz yamaçlarının geçmişte yerleşim alanı olarak kullanıldığını göstermektedir. Boğazın sol yamacında bulunan Ballık (Ballıdağ) ve hemen karşı kesimlerine denk gelen yamaçta bulunan Eski Hisarlık (Asarlık) tepelerinde günümüze ulaşan bazı yerleşim kalıntıları bulunmaktadır (Şekil 2b). Ballık boğaz içerisine doğru çıkıntı yapan 149 m yüksekliğe sahip Gegeme Tepe üzerindeki bir burun üzerinde 190x100 m ölçülerinde, üç tarafı surlarla çevrili ve çevresinde Troia mitinde geçen Hektor, Paris ve Priamos'a ait tümülüsleri bulunan; Eski Hisarlık ise 165 m yükseklikteki üçgen biçimli dik kayalık alanda 200 m uzunluğunda, 3.75 m kalınlığında ve 1 m yüksekliğinde surlarla çevrili antik yerleşimlerdir (Akarca, 1978). Antik kentlerin bulunduğu alanlar Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurul Kararı ile 1. Derecede Arkeolojik Sit Alanı, boğazın bu sit alanından sonraki bölümü ise 1. Derecede Doğal Sit Alanı olarak kabul edilmiştir. Dolayısıyla sulak alanı çevreleyen boğazın yamaçlarında bulunan bu arkeolojik kalıntılar, arkeolojik ve doğal sit alanı olarak Troya Tarihi Milli Parkı yakın çevresindeki taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları olarak koruma altına alınmıştır (Salcan, 2017).

Araplar Boğazı Sulak Alanı'nın sahip olduğu bu soyut ve somut kültürel miraslar kuşkusuz sulak alan ortamına sosyo-kültürel bir değer katmaktadır. Sulak alanın doğal olduğu kadar kültürel zenginliğinde çeşitli olması öncelikle bölge varlığının korunması ve sürdürülebilirliğinde oldukça önemlidir. Bir sulak alan ve çevresinde var olan kutsal alan, höyük, tümülüs, sunak, arkeolojik kalıntı ve kent gibi kültürel miraslar bölgeye kültür turizmi, arkeo-turizm gibi alanlarda avantajlar kazandırmaktadır. Turizme değer katan bu mirasların varlığı ve çeşitliliği oranında da bu alanların kazanımı yasa ve yönetmenliklerle güvence altına alınarak korunabilmektedir. Araplar Boğazı Sulak Alanı da Troia mitiyle efsaneleşen mekânları, arkeolojik kent ve tümülüsleri ile bölge tarihi içerisinde önemli bir kültürel mekândır. Dolayısıyla boğazın sahip olduğu bu kültürel mirasın korunması ve sürdürülebilirliği de bahsi geçen kültür unsurları ile sıkı bir ilişki içerisinde. Bölgenin ve boğazın sahip olduğu bu değerlerin tanıtılması ile bölgenin sahip olduğu turizm potansiyeli ekoturizm, kültür turizmi veya trekking alanlarında açığa çıkarılarak sürdürülebilir bir turizm alanı oluşturabilir. (Şekil 2c).



Şekil 2. a) Araplar Boğazı içerisinde Karamenderes Çayı'nın genel görünümü b) Ballıdağ ve çevresinden bir görünüm c) Boğaz içerisinde bölgenin tarihi tanıtımlarının yapılması amacıyla bazı doğal çevre unsurlarına Troas kültür ve mitlerinin tanıtıldığı kayac yüzeyinden görünüm.

Araplar Boğazı tarihi mekân olma özelliğinin yanında su canlıları ve karasal canlıların yaşam alanı olması yönüyle de önemli bir ekolojik ortamdır. Kuşların göç güzergâhında önemli bir geçiş yolu olan Çanakkale Boğazı ve Ege Denizi kıyıları ve bu kıyıda bulunan Kumkale Sazlığı, Araplar Boğazı Sulak Alanı'na uğrayan kuşların da konaklama alanı olmasında etkilidir. Boğazın insan yoğunluğundan uzak izole doğal yapısı, Karamenderes Çayı'nın sürekli akarsu özelliği, debi artışları ile yükselen su seviyesi ve çevresinde dönüştürdüğü balçıklı ortam ile su kuşlarına beslenme ortamı yaratması itibarıyla boğaz, su kuşlarına muazzam bir doğal yaşam alanı yaratmış durumdadır (Şekil 3a, 3b, 3c, 3d, 3e).

Keza boğazın doğal bakir ortamının yaban hayvanlarının yaşamı içinde uygun koşullara sahip olması Araplar Boğazı'nı karasal canlıların yaşamı için de uygun bir ortam haline getirmektedir.

Troya Tarihi Milli Parkı ve çevresi 192 kuş türüne ev sahipliği yaparken (Gerner & Serez, 2006), Araplar Boğazı ise bu çevre içerisinde 96 kuş türü ile oldukça zengin bir sulak alana karşılık gelmektedir (Sevim & Günüz, 2006). Türkiye'de tespit edilen kuş türü sayısının 487 olduğu düşünülürse, Araplar Boğazı 147 tür ile Türkiye'de tespit edilen türlerin % 30,18'ine ev sahipliği yapmaktadır (Günay vd., 2018; Tok ve ark. 2014) 2013 yılına kadar yaptıkları gözlemler neticesinde Çanakkale'de toplamda 9 amfibi, 5 kaplumbağa, 14 kertenkele ve 15 yılan olmak üzere 19 aileye dâhil 43 amfibi (hem karada hem denizde yaşayan canlılar) ve sürüngen türü tespit etmiştir. Araplar Boğazı'nda ise il bazında dağılışı gösteren herptil türlerinin %67,4'ü tespit edilmiş olup bu oran Türkiye'de tespit edilen amfibi ve sürüngen türlerinin % 17,1'ine karşılık gelmektedir (Günay vd., 2018). Belirli araştırma dönemlerinde yapılan gözlemler sonucu tespit edilen karasal ve sucul canlı türleri göstermektedir ki Araplar Boğazı Sulak Alanı gerek bölgede gerekse Türkiye sulak alan ortalamalarına göre önemli bir sulak alandır.

Araplar Boğazı Sulak Alanı'nın su kuşları, karasal-sucul canlılar ve yaban hayvanı (saha çalışmasında iri ve yetişkin domuz sürüleri gözlemlenmiştir) gibi canlılara yaşam alanı yaratması yönünden önemi yadsınamaz. Dolayısıyla bu sulak alanın var olan doğal ortam özelliklerinin korunması, kontrol edilmesi ve sürdürülebilir uygulamalarla yönetilmesi gerekmektedir. Bu ise tespit edilen su kuşları, amfibi ve domuz gibi yaban canlılarını kapsayan biyoçeşitliliğin korunması, su kalitesinin takip edilmesi ve boğaz morfolojisinin tamamen bir bütün olarak kabul edilip koruma statüsünün bütünü kapsaması şeklinde sürdürüldüğü müddetçe mümkündür. Sürdürülebilir yönetim için ise öncelikle sulak alan üzerinde baskı ve tehdit yaratan ve/veya yaratacak risk unsurlarının belirlenmesi gerekmektedir. Öyle ki sulak alanın varlığı üzerinde tehdit oluşturacak faktörlerin belirlenmesi ve bu risklerin ortadan kaldırılması ile bu doğal ortamın korunması ve sürdürülebilir yönetimi mümkündür. Bu sebeple Araplar Boğazı Sulak Alanı üzerinde baskı yaratan risk unsurlarının ortaya koyularak bu risklerin doğal ortam üzerinde yarattığı problemleri etki ve sonuçlarıyla değerlendirmek ve bu problemleri ortadan kaldırmaya yönelik akılcı çözüm önerileriyle sürdürülebilir sulak alan yönetiminin çerçevesini çizmek elzemdir.



Şekil 3. a) *Tadorna ferruginea* (Angıt) (Günay, 2018) b) *Phalacrocorax carbo* ve *Microcarbo pygmeus* (Büyük ve küçük karabataklar) (Günay vd.,2015) c) *Ciconia nigra* (Kara Leylek) (Günay vd.,2015) d) *Lanius nubicus* (Maskeli örümcekuşu) (Günay, 2018) e) *Lacerta trilineata* (İri yeşil kertenkele) (Günay, 2018).

4.2. Kullanım Şekli ve Başlıca Sorunlar

Araplar Boğazı ve yakın çevresindeki doğal çevrenin kullanım şekli gerek su kütlesi gerekse de morfoloji üzerinde bazı olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bu kullanım şekli doğal çevre, su kalitesi, biyoçeşitlilik ve bitki örtüsü üzerinde birtakım problemler yaratmış durumdadır. Bu ortamın doğal yapısını bozan faktörler belirlenip ortadan kaldırılmadığı, doğru ve uygulanabilir bir sürdürülebilir kullanımla yönetilmediği sürece bu doğal ortam bozulma tehdidi altındadır. Dolayısıyla doğal ortam özelliğini bozan sorunların sulak alan ve çevresinde yaratacağı risk unsurlarını belirlemek ve bu risklerin sulak alanın morfolojik, ekolojik, biyoçeşitlilik, su kalitesi, ekoturizm



gibi rekreasyonel yönlerden etki ve çıktılarını ele alarak mevcut potansiyel durumu doğrultusunda koruma ve iyileştirme uygulamalarını ortaya koymak elzemdir. Bu doğrultuda Araplar Boğazı Sulak Alanı üzerinde en büyük problemin insan faaliyetlerinden kaynaklanan yanlış uygulamalar olduğu tespit edilmiştir.

4.2.1. Taş Ocakları ve Sanayi Faaliyetleri

Sulak alanlar geçmiş dönemlerde kurutma, arazi elde etme, arazi genişletme gibi bilinçsiz uygulamalarla kullanılmasına karşın son yıllarda bu alanların biyoçeşitlilik zenginlik, taşkın ve iklim değişikliği ile mücadelede önemli payının olduğu gerçeği ile bilinçlenilmesi sulak alanların korunması ve sürdürülebilir yönetim plânlamalarını da zorunlu hale getirmiştir.

Araplar Boğazı Sulak Alanı üzerindeki en büyük risk unsurlarından ilki hem boğazın vadi tabanına bakan yamaçlarında hem de çevresinde açılan agrega ve kireçtaşı ocaklarıdır (Şekil 4). Bu ocakların varlığı ile sulak alan, boğazın morfolojik silüetinde bozulma, yamaçlarda ormansızlaşma, ocak açım uygulamaları ve araç geçişlerinden kaynaklanan yüksek ses nedeniyle kuşların ürkmesi, bitki örtüsü ve su kütlesi üzerinde artan toz baskısının yarattığı problemlerle karşı karşıyadır. Bu yanlış uygulamalar hem sulak alanın doğal çevre özellikleri hem de sulak alan canlıları üzerinde büyük tehditler oluşturmaktadır.

Araplar Boğazı'nın içerisindeki yamaçlarda açılan ocaklarından biri boğazın kuzey kesimlerinde Ballı Höyük karşısındaki yamaçta 152 m² alanda açılan agrega ocağıdır (Şekil 5a). Bu ocak arkeolojik ve doğal sit olarak kabul

edilen yamaçların hemen yakınında açılmıştır. Bu ocağın varlığı ve işletilmeye devam etmesi sulak alan ekosisteminde yaratacağı olumsuz sonuçlara ilaveten bu tarihi çevrenin silüetine de zarar vermektedir. Boğazın içerisinde açılan diğer küçük çaplı ocaklardan biri boğazın güneyinde Çamlı Burun çevresinde yaklaşık 37 m² alanda açılan agrega ocağıdır. Diğerisi ise 4 m² alanda açılmış fakat günümüzde işletmesi durdurulmuş olan agrega ocağıdır (Şekil 5b). Bu iki ocak doğal sit olarak belirlenen sınırlar dahilinde, diğer ocak ise arkeolojik sit alanı yakınında açılmıştır.

Araplar Boğazı'nın yakınında açılan ocakların da sulak alan üzerine yaratacağı baskıları değerlendirmek elzemdir. Öyle ki bütün bu ocakların açılması bölgeye genel çerçevede büyük bir toz problemi yaratmaktadır. Bu ocaklardan en geniş alan kaplayıcı Akçansa Fabrikası'nın güneyinde Bozalan doğusunda, sulak alana 1 km uzaklıkta ve 1,5 km² alanda açılan bir ocaktır (Şekil 4). İzmir-Çanakkale yolu üzerinde Derbentbaşı ve Köprübaşı arasında da açılmış üç ocak bulunmaktadır. Bu ocaklar boğaza bir ve iki kilometre uzaklıkta 31 m² ve 170 m² alanda açılmış olup en genişi yaklaşık olarak 570 m² alana sahip Üsat Maden Ocağı'dır. Bu ocaklardan temin edilen agrega ve kireçtaşı Ezine İlçesi'nde kurulan iki Akçansa Çimento Fabrikaları'nda işletilmektedir. Bu fabrikalardan biri Ege Denizi kıyısında bulunurken diğeri Araplar Boğazı'na 2,5 km uzaklıkta ve yaklaşık 515 m² alana sahip olup sulak alana oldukça yakındır. Dolayısıyla bu fabrikalara kaynak için açılan bu ocakların yarattığı sorunlar karşısında bu sanayi fabrikasının toz-duman sorunu da sahadaki bir diğer problemdir.



Şekil 4. Araplar Boğazı Sulak Alanı çevresinde açılan ocakların Google Earth görünümü.

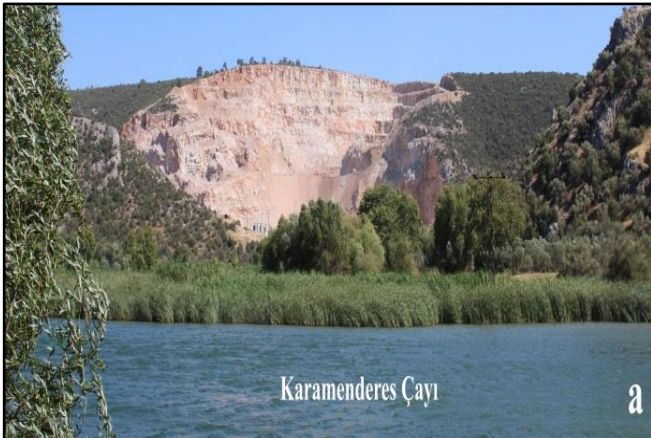
Araplar Boğazı Sulak Alanı üzerinde çevresel tahribata yol açan bu ocakların açılması sırasında açığa çıkan birçok problemten bahsetmek mümkündür. Çalışmalar sırasında açığa çıkan toz yayılımı sulak alanın hava kalitesini düşürmekle birlikte, doğal bitki örtüsü üzerinde de yoğun olarak gözlenmektedir. Doğal ortam üzerinde yaratılan bu kirliliğin su kütlesinde de kirlilik problemi yaratırken su kuşlarını, sürüngen ve diğer biyolojik yaşamı

da doğrudan etkilemektedir. Keza özellikle ocak işletme aşamasında çıkan çalışma sesleri ile ağır yük araçlarının da bölgedeki hareketliliği özellikle su kuşlarını ürkütebilmektedir. Boğaz yamaçlarının bu süreçlerde tamamen çıplaklaşması ve ocak açımında kullanılan dinamitle patlatma uygulamaları ile yamaç dengesinin bozulması özellikle su kütlesine olan moloz yığılmalarına neden olabileceği gibi yoğun yağışlarla yüzeyel akışa

hızlıca geçen yüzey suyunun da su kütlesine yoğun çökel taşınmasına sebep olabilecek riskler barındırmaktadır (Şekil 5c). Hassaten Karamenderes Çayı'nın bu toz-çakıl kirliliği, suya karışma ihtimali olan kimyasalların varlığı Karamenderes Deltası'ndaki sulak alana ve dolayısıyla Çanakkale Boğazı üzerinden denize ulaşma durumlarının araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla sulak alan üzerinde önemli bir sorun teşkil eden bu problem çözüme kavuşturulmalı; hem sulak alanın hem de canlılara izole bir yaşam ortamı sağlayan boğazın çevresel koruma statüsünün iyileştirilmesi ve ortamın tüm bileşenleri ile temiz ve sürdürülebilir kılınması için bu yönetimin yapılması elzemdir.

Araplar Boğazı yamaçları ve çevresinde açılan bu ocakların bölgeye yarattığı bu problemlerin esas konjonktürü, sulak alan sistemini bütün bileşenleri ile birlikte koruma bilincinden yoksun olmaktan kaynaklanmaktadır. Öyle ki bu çevrenin tarihi, arkeolojik, doğal, biyoçeşitlilik gibi doğal ortam koşulları ve insan faktörü ile ilişkili olarak rekreasyon ortamını tahrip eden bu menfi insan faaliyetleri doğal çevre ve sulak alanları koruma bilincinden yoksunluktan öte değildir. Bu ocaklar kapatılmadığı veya çevreye açtığı tahribatların sonuçları minimuma indirilmediği sürece bu olumsuz çıktılar gelecekte katlanarak artan çevre problemleri ve biyolojik kayıplarla karşımıza çıkacaktır.

Boğaz yamaçlarında sürdürülen bu olumsuz çevre faaliyetlerinin bölgedeki su kuşları ve yaban hayatı üzerinde yarattığı bu baskıların ortadan kaldırılması ise arkeolojik ve doğal sit alanı olarak kabul edilen bu alanların yasal koruma mevzuatına uyulması ile mümkündür. Koruma alanı sadece arkeolojik alanı değil çevresini de koruyacak düzeyde hassasiyeti gerektirmelidir. Bu görmezden gelinen koruma ihlali ise sorumlu kurumlar tarafından hakkaniyetli kontrol ve mevzuata uygun hareket etme ile giderilmesi gerekirken yerel paydaşlar da üzerine düşen sorumluluk bilinciyle bu sahaların korunmasını gerekli kurumlara baskı yaparak gerçekleştirmelidir. Bu iki taraflı istikrarlı yönetim ve plânlamalar neticesinde bu sulak alanın korunması ve geleceğinin sürdürülebilir kılınması mümkündür.



Şekil 5. a) Ballı Dağ Höyüğü karşısındaki yamaçta açılan agrega ocağı b,c) boğaz içerisindeki yamaçlarda açılarak tahrip edilen yamaçlar d) Bozalan doğusunda açılan ocağın içerisinden görünüm.

4.2.2. Tarımsal Faaliyetler ve Sulama Sistemleri

Sulak alanlar verimli tarım topraklarına sahip olmaları ve sulama suyunun temin edilme kolaylığından dolayı tarımsal faaliyetlerin sürdürülmesinde tercih edilen alanlardır. Fakat bu alanlarda sürdürülen tarımsal faaliyetler doğru yürütülmediği takdirde büyük tahribatlara yol açabilecek hassasiyete sahip ortamlardır. Dolayısıyla bu alanlarda yürütülecek tarımsal uygulamalar sulak alan ekosistemine zarar vermeden, canlıların yaşam ortamlarını bozmadan, su ve toprak kalitesini bozacak düzeyde tarımsal ilaç ve gübreleme yapılmadan olabildiğince minimum düzeyde risk yaratacak uygulamalarla kullanılmalıdır.

Araplar Boğazı'nda vadi tabanının genişlediği bazı sahalarda tarımsal üretime uygun geniş tarım topraklarının bulunması ve sulama sorununun da olmaması hasebiyle tarımsal üretim yapılmaktadır (Şekil 6). Bu alanlarda bağ-bahçe ürünlerinden olan Çanakkale domatesi, biber, salatalık, marul, ayçiçeği üretimi başta olmak üzere zeytin ve ceviz üretimi de yapılmaktadır. Üretimi yapılan bu ürünler bazı alanlarda ticari bir amaçla yapılmakta olup il ve ilçe merkezlerinde pazarlanmak üzere yetiştirilmektedir. Bununla birlikte bazı lokal alanlarda çiftçilerin bireysel ihtiyaçları için ürettiği ekim alanları da mevcuttur. Üretimi yapılan bu ürünlerin yetiştirmesi için ise toprak sürme, düzenleme, tarla alanına su yönlendirme gibi faaliyetler yürütülmektedir. Geniş alanlarda yüksek ve gelişmiş bir tarımsal üretimin sürdürülmediği aşikâr olan bu üretim alanlarında büyük çaplı bir ekonomik gelir elde edildiğini söylemek mümkün değildir. Yerel üreticilerin temel besin ihtiyaçlarını gidermek ve toprağını değerlendirmek amacıyla sürdürdüğü saha gözlemlerinde tespit edilmiştir.

Bu tarımsal faaliyetlerde her ne kadar büyük ekonomik gelir ve üretim sağlanmasa dahi uygulama yöntemlerinde bazı bilinçsizlik ve kontrolsüzlükler dikkat çekmektedir. Öyle ki bu yanlış uygulamalardan biri tarım ürünlerinin yetiştirmesi için kullanılan gübrelere. Özellikle domates, biber, salatalık ve yeşil yapraklı ürünlerin yetiştirmesi için kullanılan bu gübrelere toprağa karışarak toprak tuzluluk oranlarını etkileyebileceği gibi fotoğraf dörtte de görüldüğü

üzere toprak sürme işlemleri ve yağmurla bu ilaçların Karamenderes Çayı'na doğrudan karışması kaçınılmazdır. Bu durum çayın boğaza ulaşmadan önce Ezine-Bayramiç Ovası'nda geniş alanlarda yürütülen tarımsal faaliyetlerle de ilişkilidir. Saha çalışmaları sırasında su yüzeyinde gözlenen ötrofikasyon ve yoğun balık ölümleri su analiz sonuçlarıyla ilişkilendirildiğinde su kütlesinde kirleticilerin varlığını ortaya koymaktadır. Ayrıca belirli noktalarda büyük yaban domuz ölümleri ile de karşılaşmıştır. Çiftçilerle yapılan görüşmelerde herhangi bir zehirlenme yapılmadığı söylenece dahi boğazda rastlanılan domuz sürüleri bölgede fazla oranda domuzların varlığını ortaya koyduğu üzere mahsule zarar vermesini önlemek ya da tarım ürünlerinde var olan zararlı ilaçlarla olan temaslarından ötürü bu yaban canlılarının zarar gördüğünü ortaya koymaktadır. Dolayısıyla tarımda ilaç kullanımı ile hem toprak hem de su kütlesinin zarar görme durumları göz ardı edilmeden gübre ve ilaç kullanımında doğal hayvan gübrelere ya da zararlı asgari düzeyde olacak ilaç ve ilaçlamalarla sürdürülmek zorundadır. Bu ise kesinlikle sulak alanın denetim ve kontrol altında tutulması gerektiğini göstermektedir. Bir diğer çözüm önerisi olarak ise çiftçinin bilinçlendirilmesi gerekliliğidir ki bu tarım alanları, toprak ve su kütlesi başta olmak üzere canlı hayatının korunması için oldukça önemlidir.



Şekil 6. Araplar Boğazı'nın vadi tabanının genişlediği Urgancı Düzlüğünde üretimi yapılan Çanakkale domatesi ve zeytin üretim alanından bir görünüm.

Araplar Boğazı'nda ekimi yapılan ürünlerin sulama sistemi ise doğrudan Karamenderes Çayı suyunu borular ve dinamolarla çekerek tarım arazisine yönlendirmelerle sürdürülmektedir (Şekil 7a). Tarımda su kullanımı hususunda herhangi bir denetimin yapılmadığı bu uygulamalarda ise suyun kontrolsüz kullanımı söz konusudur. Tarımda sulamada muhakkak bir kullanımın olması gerekmesine karşın bu alanın sulak alan ekosistemi

dahilinde suyun varlığı ve kalitesinin korunmasını zorunlu kıldığından sulama yöntemi ve su kullanımında bir denetimin bulunmasını zorunlu kılmaktadır. Bu hususta günlük sulama ihtiyacı duyan sebze yetiştiriciliği ile yetiştirme döneminde yüksek sulama ihtiyacı duyan mısır ekiminin yapılmasından ötürü sulamada belirgin bir su kullanımının olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla doğrudan herhangi bir kontrol olmadan çiftçinin ihtiyacı kadar su kullanması su

kütlesinin debisi üzerinde bir baskı yaratabilecektir. Ayrıca çay kenarlarında ve sazlık alanlar içerisine yerleştirilen dinamolardan kaynaklanan yüksek ses gürültüsü de su canlılarının bölgeye gelme ya da beslenme alanlarından uzaklaşması gibi problemler doğurmaktadır (Şekil 7b). Dolayısıyla bu sahada öncelikli olarak tarımsal sulama hususunda çiftçilerin bilirkışı tarafından bilinçlendirilmesi, kontrollü su tüketim ve yönetiminin sağlanması gerekmektedir. Akabinde bölgenin sulak alan canlıları için olan öneminin çiftçi tarafından kavranması da su ve kara canlılarına karşı olan bilinçli yaklaşımı beraberinde getirecektir.



Şekil 7. Sulak alanda tarımsal sulamada uygulanan a) yağmurlama sulama yöntemi b) dinamolara doğrudan akarsudan su çekimi yöntemleriyle bağ-bahçe ürünleri sulanmaktadır.

Tarımsal üretim ve sulama yöntemleri hususunda bölge çiftçilerinin bilinçlendirilmesi ise yerel belediye, tarım ve orman bakanlıkları gibi kamu kuruluşları ve alanında uzman araştırmacıların bu bölgeye uygun yönetim ve plânlamaların yapılması akabinde yerel halka anlatması ile mümkündür. Öyle ki her sulak alanın kendine has ortam özelliklerinin bulunması ve bu özelliklerinde yine yerel bölge içerisinde plânlanacak yönetim uygulamaları ile mümkün olabildiği düşünüldüğünde; Araplar Boğazı Sulak Alanı için kendi ortamına uygun olarak yürütülecek tarımsal faaliyet ve sulamalar daha akılcı ve uygulanabilir bir yönetime zemin hazırlayacaktır. Böylece sulak alanda tespit edilen tarımsal problemlerin katlanarak büyüme durumunun da önüne geçilerek daha büyük problemlerin doğmasına engel olacaktır.

4.2.3. Mühendislik Yapıları

Sulak alanlara inşa edilen köprü, baraj, geçit, kanal ve bent gibi mühendislik yapıları bu doğal ortamlar üzerinde bazı avantaj ya da dezavantajlı durumlar yaratabilmektedir. Öyle ki biyoçeşitlilikte azalma, endemik türlerde yok oluş, suyun doğal akışını engelleyen ya da yönlendiren uygulamalar, hayvan geçişlerini engelleyen set/duvar gibi hem su kalitesi üzerinde bozulma yaratacak hem de suyun doğal yatak morfolojisini bozacak/değiştirecek mühendislik yapıları sulak alanlar üzerinde büyük tahribatlar yaratır. Buna karşın sulak alanlarda var olan bu olumsuzlukların giderilmesi ya da bu tehditlere karşı problemler ortaya çıkmadan önlem amaçlı yapılacak yapılar ise bu doğal ortamların korunması için büyük avantajlar sağlayacaktır. Bu doğrultuda Araplar Boğazı'nda inşa edilen mühendislik yapılarının sulak alan üzerindeki avantaj ve dezavantajları değerlendirilmek zorundadır.

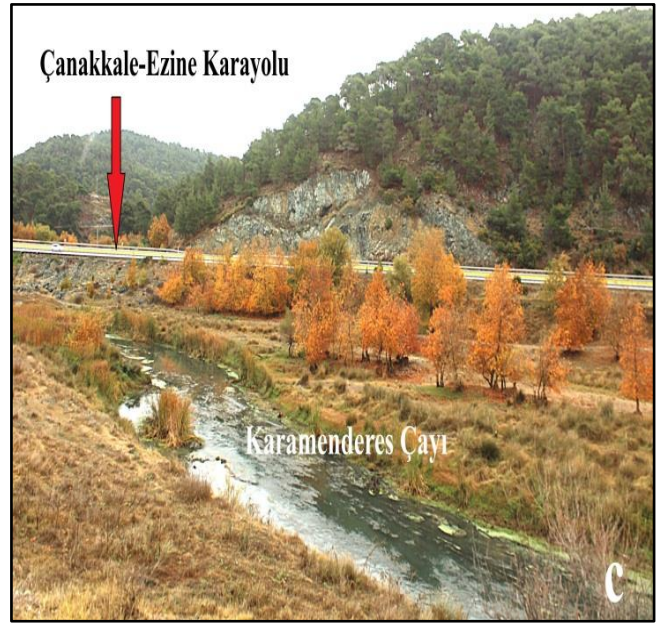
Araplar Boğazı Sulak Alanı'nda bulunan mühendislik yapılarından biri Kumkale Regülatörü'dür (Şekil 8a). Kumkale Regülatörü boğazın kuzeyinde Karamenderes Çayı'nın Karamenderes Deltası'na açıldığı kesimde, delta bölgesinde yaşanan taşkınları önlemek amacıyla DSİ tarafından 2001-2009 yılları arasında inşa edilmiştir. Kuşkusuz regülatörün yapımı ile suyun kontrollü sağlanarak suyun hazinede kalması ve denetimli olarak ovaya bırakılması önemlidir. Öyle ki Karamenderes Ovası'nda kış ve ilkbahar aylarında gerçekleşen taşkınların önlenmesinde regülatörün rolü yadsınamaz. Fakat bent, regülatör ve baraj gibi yapay su yapılarının yapımı akarsu tarafından taşınan verimli toprakları hazne içerisinde biriktirerek aşağı kotlara taşınmasını da engelleyebilmektedir. Dolayısıyla çayın Troya Tarihi Milli Parkı'nda Kumkale Sazlığı Sulak Alanı'na ulaştığı ele alındığında verimli materyallerin regülatörde birikerek aşağı kotlara taşınmama durumunu göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Zira Kumkale Regülatörü'nden sonra Karamenderes Çayı'nın Pınarbaşı Ovası'na geçtiği kesimlerde genişleyen yatağındaki saz ve kamışlarla kamufle olmuş yatağı da su kuşlarının konakladığı bir noktadır. Araplar Boğazı ile Kumkale Sazlığı sulak alanları arasında geçiş hattındaki bu uygun alan da Troya Tarihi Milli Parkı sınırlarında kalan önemli bir alandır (Şekil 8a).

Dolayısıyla bu regülatörün sağladığı avantajlar kadar su naklinin durdurulduğu dönemlerde bu noktaya ve çevresine uğrayan su kuşlarının etkileneceği dönemleri takip etmemek bazı problemlere yol açabilir. Boğazda inşa edilen bir diğer yapı ise taşkın önleme amaçlı inşa edilen bendtir (Şekil 8b). Bent boğazda taşkınların kontrol altında tutulmasında avantaj sağlamaktadır. Buna karşın doğal su akışını bozduğu için balık ve su kaplumbağaları gibi canlıların geçişinde bir engel teşkil etme durumu da yaratabilmektedir. Ayrıca taşkın riskini azalttığı kadar bent ayaklarında biriken sedimentlerle de bazı tıkanmalara da yol açabilme durumuna karşın tıpkı Kumkale Regülatörü'nde yapıldığı gibi belirli aralıklarla temizleme işlemleri yapılmalıdır.

Sulak alan üzerinde baskı yaratacak yapılardan diğeri ise karayollarıdır. Sulak alan içerisinde karayolu olmayıp patika yollarla geçişler sağlanmaktadır. Boğazın kuzey kesimlerindeki girişi ve yakınlarında Çanakkale'den Pınarbaşı-Mahmudiye-Geyikli beldelerine geçiş yolu bulunmaktadır. Bu anayoldan boğazın kuzeyine giriş sağlanmakta olup, bu alanlarda açılan bir agrega ocağına giriş bu yoldan sağlanmaktadır. Bu sebeple boğaz girişindeki taş ocağına geçen araçlar bu kesimler boyunca araç

yoğunluğu ile gürültü ve toz kirliliği yaratmaktadır. Araplar Boğazı'nın güney kesimlerinde Çanakkale-Ezine Karayolu da Karamenderes Çayı yakınından geçmektedir (Şekil 8c). Bu yoldan hem il ve ilçeler arası ulaşımın sağlanması hem de Çanakkale-İzmir Yolu olması dolayısıyla yoğun olarak araç geçişleri gerçekleşmektedir. Ayrıca anayolun hemen alt kotuna karayolları müdürlüğünün patika bir yol açtığı ve işaretlemeler yaptığı bir proje başlamış durumdadır. Bu karayollarının varlığı ulaşım ihtiyacının karşılanması amacıyla yapılmasına karşın araçların çıkardığı ses ve toz kirliliğinin sulak alanın hava kalitesi ve su kuşlarının gürültü dolayısıyla bölgeden uzaklaşma risklerini doğurmaktadır.

Araplar Boğazı Sulak Alanı'nda yapılan mühendislik yapıları kuşkusuz bölgede var olan sulama ve ulaşım ihtiyaçlarının giderilmesi amacıyla inşa edilmiştir. Fakat bahsedilen problemlerin doğal ortam üzerinde oluşturacağı riskler dolayısıyla sulak alan yönetiminde göz önünde bulundurulması önem taşımaktadır. Her şeyden önce ulaşım ihtiyacının yadsınamaz bir ihtiyaç olmasına karşın alt kotta başlatılan yeni yol çalışmalarının ileriki dönemlerde ne şekilde sürdürüleceğinin dikkatlice izlenmesi gerekmektedir. Çünkü bu yol genişletme çalışmaları ile su ve hava kalitesini etkileyecek çaptaki çalışmalar ile açığa çıkacak olan toz hareketliliği ve gürültü kirliliğinin bölgede problem doğuracağı aşikârdır. Dolayısıyla mevcut var olan sorunun doğuracağı riskleri önceden kestirebilmek daha etkili ve erken farkındalık yaratan koruma önlemleri ile ekolojik dengenin korunması ve sürdürülebilirliğinde önemli bir adım olacaktır.



Şekil 8. Araplar Boğazı'nda inşa edilen bazı mühendislik yapıları

4.2.4. Su Kalitesi ve Su Analiz Değerleri

Organik, inorganik, biyolojik ve radyoaktif maddelerin suya karışmasıyla su kaynaklarının kullanımını bozacak ölçüde ortaya çıkan su kirliliği, en geniş tabirle ekolojik yapının bozulmasını ifade etmektedir (Keleş & Hamamcı, 1997). Öyle ki sulak alan ekolojisini tehdit eden en büyük baskı unsurlarından olan su kirliliği, suya karışan kirlenmelerin su kalitesinde yarattığı bozulmalarla sulak alan canlılarının hayati varlığı üzerinde doğrudan etkilidir.

Karamenderes Çayı'nın yukarı çıkışı Kazdağları'ndan doğan birçok derenin birleşmesi ile Bayramiç Barajı'na drene olmaktadır. Çayın yukarı çıkışında herhangi bir yoğun tarımsal üretim yapılmaması ve nüfusun da seyrek olması hasebiyle su üzerinde kirlenici unsurların oranı oldukça düşük olup çayın drene olduğu barajda bu nedenle içme suyu temin etme avantajı yaratmıştır. Buna karşın çay, orta çıkışında Ezine-Bayramiç Ovası'nda akışa geçmesiyle birlikte yoğun bir kirlilikle karşı karşıyadır. Ovada sürdürülen yoğun tarımsal üretim, çay yatağı boyunca farklı noktalardan alınan kum-çakıl ocakları ve çaya katılan yan derelerin yataklarında gözlenen evsel-fabrika atıkları nedeniyle suya yüklenen kirlilik oranı artmaktadır (Şekil 9). Bu oranlar ise özellikle çayın orta çıkışına katılan yan derelerin çaya taşıdığı kirlilikler ve tarımsal üretimde

kullanılan kimyasalların payının yüksek olmasına bağlanabilir. Öyle ki Ezine’de kurulan süt fabrikası, zeytinyağı fabrikaları gibi küçük çaplı imalathanelerin kirli atıkları da toprağa ve bazı az debili derelere bırakılmaktadır. Araplar Boğazı Sulak Alanı’na ulaşan çayın su kalitesi üzerinde doğrudan bozulmalar yaratan bu kirlilikler, boğaz içerisinde de sürdürülen tarımsal faaliyetlerle değişmekle birlikte ovadaki kadar yoğun bir kirlilik baskısına uğramamaktadır.



Şekil 9. Ezine Ovası'nda Karamenderes Çayı'nın Araplar Boğazı'na ulaşmadan önceki yatağına dökülen atık tekstil ürünleri dere boyunca gözlenmektedir.

Araplar Boğazı Sulak Alanı içerisinde Karamenderes Çayı'nda ölçülen su analiz değerleri de bu savları destekleyen değerler ortaya koymaktadır (Tablo 1). Çayın yukarı çığırında da gerçekleştirilen ölçümlere nazaran orta çığırındaki yüksek tuzluluk ve elektriksel iletkenlik değerlerinden anlaşılmaktadır. Yukarı çığırında 370 uS civarlarında olan elektriksel iletkenlik orta çığına aşağı çığıra bağlayan Araplar Boğazı'nda 542 Us değerine, tuzluluk ise 187 ppM'den 261 ppM değerine yükselmiştir. Dolayısıyla bu veriler, suya katılan kirleticilerin oranında bir artışın olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 1. Araplar Boğazı'nda Karamenderes Çayı'nda ölçülen su analiz değerleri

pH	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (ppm)	Askıda Katı Madde (ppm)	Elektriksel İletkenlik (uS)
8,51	21,3	261	372	542

Karamenderes Çayı'nın su kalitesi üzerinde olumsuz etkiler bırakan tarımsal kirlilik, çeşitli işletmelerden toprak/suya karışan kirleticiler, taş ocaklarının bitki ve su üzerinde bıraktığı tozlar doğrudan sulak alan ortamını tehdit eden problemlerdir. Bu problemlerin su kütlesi üzerinde bıraktığı en belirgin sonuçlardan biri ötrofikasyondur (Şekil 10). Farklı dönemlerde de gerçekleştirilen saha çalışmaları da olmakla birlikte 2024 Kasım ayında gerçekleştirilen çalışmalarda çayda yoğun balık ölümlerine rastlanılmış ve kötü kokunun varlığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla hem su kuşları hem de suda yaşayan canlılar için bu su kirliliği ve burada gerçekleşen canlı ölümlerinin de suda yaratacağı kirlilik, canlı yaşamını doğrudan tehdit etmektedir.

Araplar Boğazı'ndan çıkan Karamenderes Çayı'nın Çanakkale Boğazı'na dökülmeden önceki Kumkale Sazlığı Sulak Alanı'na da taşınacak olan kirleticiler buradaki sulak alan ve deniz ekosistemini de etkileyecektir. Dolayısıyla su kütlesi üzerindeki bu baskıların dahi küçük boyutlu olan olumsuz çıktıları iki sulak alan üzerinde risk oluştururken, risk unsurlarının dikkatlice değerlendirilip tarımsal üretimde kirletici içeriği düşük gübre ve ilaçlamaların yapılması hususunda çiftçiler bilinçlendirilmelidir. Ovada çay yatağı içerisindeki kum-çakıl alım işlemlerinde de su kütlesi üzerinde olumsuzluk yaratmadan alım işlemleri için denetimlerin yapılması ise elzemdir.



Şekil 10. Araplar Boğazı'nda Kasım ayında Karamenderes Çayı'nda gözlenen ötrofikasyon ve yoğun olarak gerçekleşen balık ölümleri.

4.2.5. Ekoturizm ve Sportif Faaliyetler

Günümüzde artan yoğun iş temposu ve şehir hayatının insan üzerinde bıraktığı depresif ruh hali, yorgunluk gibi insanın günlük yaşam karşısında yaşam motivasyonunu düşüren menfi yaşam tarzı insanı doğal çevreyle iç içe bir yaşam sürmeye daha da itmektedir. Bu süreçte sulak alanlar ziyaretçilere sunduğu temiz ve bakır doğası, balık tutma, kano ile gezinti, yüzme, kuş-yaban hayat canlılarını gözleme ve fotoğraflama gibi çeşitli hizmetlerle rekreasyon faaliyetlerini sürdürme ortamı yaratmaktadır. Bütün bu faktörlerin yanında sulak alanlar, insanın fiziksel ve zihinsel dinginliğini sağlamak, doğada zaman geçirmek amacıyla tercih ettiği ekoturizm mekânlarıdır.

Araplar Boğazı da 100'e yakın farklı kuş türüne ev sahipliği yapması, doğal ve temiz doğası itibarıyla trekking ve yerel standartlarda olsa dahi kuş gözlem etkinliklerinin düzenlendiği bir sulak alandır. Bu yönüyle Araplar Boğazı Sulak Alanı'na çoğunlukla il içerisindeki çeşitli sivil toplum örgütleri, yürüyüş ve dağcılık kulüplerinin düzenledikleri trekking, tanışma-kaynaşma etkinlikleri, kuş gözlem etkinlikleri kapsamında günübirlik gezintiler düzenlenmektedir. Bu etkinliklerden biri olan günübirlik trekking turları, doğaseverlerin boğazın her iki girişinden de sağlanan patika yollarda gerçekleştirilmektedir. Boğaza giriş Ezine ilçesine bağlı Pınarbaşı Köyü'nden ve İzmir-Çanakkale yolu üzerinde Köprübaşı Köy yoluna girmeden yaklaşık 30 m önceki patika yollardan sağlanabilmektedir. Sulak alana düzenlenen yürüyüş etkinlikleri bu iki girişten başlayarak Karamenderes Çayı'nın iki tarafındaki patika yol boyunca sürdürülmektedir (Şekil 11).

Yürüyüş gruplarının uygun buldukları yürüyüş rotası ile yılın her gününde bu sulak alana yürüyüşler düzenlenmektedir. Bu trekking etkinlikleri ile ziyaretçiler akarsu boyunca hem doğal çevreyi keşfetmekte hem de diğer ziyaretçiler ile sosyalleşme ortamı sağlayan bu sulak alanda insan-çevre ilişkisinde su faktörü ekseninde ekoturizm faaliyetlerini gerçekleştirmektedir.

Sulak alanda sürdürülen sportif faaliyetlerden bir diğeri ise kuş gözlem etkinlikleridir. Bu kuş gözlem etkinliklerinden biri kuş türlerinin tespiti ve dönemsel olarak araştırmacılar tarafından izlenen bilimsel gözlemlerdir. Diğeri ise kuşlara ilgi duyan doğaseverlerin kuş gözlem talepleri nedeniyle yerel yürüyüş grupları tarafından düzenlenen etkinliklerdir. Yürüyüş gruplarının düzenledikleri faaliyetler sistemli organizasyon ve üst düzey ekipmanlarla sürdürülen gözlem etkinlikleri değildir. Trekking faaliyetlerini düzenleyen gruplar ve bu alana ilgi duyan yerel katılımcılar tarafından düzenlenen ve küçük gruplar şeklinde gerçekleştirilen etkinliklerdir. İletişim ve organizasyon ise programı düzenleyen gruplar tarafından kendi aralarında kurdukları çeşitli sosyal medya araçları üzerinden sağlanmaktadır (Şekil 12).

Bölgede yaşayan yerel halkın doğal çevrelerini tanımak, bu ortamda yaşamlarını sürdüren canlılar hakkında bilgilenmek ve kuşları yerinde gözlemlemek amacıyla düzenledikleri bu etkinlikler yerel halkın kendi bölgelerini yakından tanımasını ve sulak alanın önemini kavramalarında

oldukça önemlidir. Öyle ki yerel halkın kendi doğal kaynaklarının varlığı ve zenginliğine karşı bilinçlenmesi sulak alanın korunması ve sürdürülebilir kullanımı gerek doğal ekosistemin varlığını sürdürmesi gerekse de gelecek nesillere aktarımında mühimdir.

Araplar Boğazı Sulak Alanı'nda yürütülen doğa yürüyüşü ve kuş gözlem etkinlikleri gözlemlendiği kadarıyla bazı sınırlılıklarla sürdürülmektedir. Bu yetersizliklerden biri kuşkusuz ki boğaz içerisine kazandırılması gereken bazı hizmetlerdir. Öyle ki sulak alanı doğaseverlere cazip kılacak düzenlenmiş bir yürüyüş parkuru elzemdir. Bu parkur boyunca ziyaretçilere bölgeyi tanıttak, kuş türleri, avifaunalar ve yaban canlıları hakkında kısa bilgilendirici levhaların yerleştirildiği bir yürüyüş yolunun düzenlenmesi ziyaretçilerin dikkatini çekecektir. Keza bu süreçte bazı uygun noktalarda doğaseverlerin kuşları gözlemleyeceği bir teras alanının yapılması da oldukça önemlidir (Saltık, 2013). Kuşları ürkütmeden kamufle bir ortamda inşa edilecek olan bir terasın varlığı sulak alana yapılacak olan ziyaretleri arttıracak ve bölge turizminin de canlanmasına yol açacaktır.

Bu uygulamalar kuşkusuz bölgeye kazandırılacak turizm etkinlikleri çerçevesinde sürdürülebilir bir sulak alan turizmi yaratmada önemli kıstaslardan biridir.



Şekil 11. Araplar Boğazı Sulak Alanı'nda Çanakkale Bisiklet Topluluğu'nun 12 Nisan 2023 tarihinde Karamenderes Çayı kenarındaki patika parkurda gerçekleştirdikleri trekking faaliyeti (Fotoğraf: ÇABİP).



Şekil 12. Bölgede yerel halk tarafından sosyal medyada (Facebook) 29 Mayıs 2015 tarihinde gerçekleştirilmesi plânlanan kuş gözlem etkinlik paylaşımı.

5. Sonuç

Araplar Boğazı Sulak Alanı'nın sahip olduğu zengin biyoçeşitlilik itibarıyla önemli bir ekolojik ortam; arkeolojik ve tarihi kalıntıları yönüyle de kültürel bir mekân olması sulak alana çok yönlü avantajlar sunmaktadır. Öyle ki Araplar Boğazı Sulak Alanı'nda bulunan antik yerleşim alanları, tümölüsler ve boğazın Troia Antik Kenti'ne olan yakınlığı ile kültürel geçmişin izlerini taşıyan Araplar Boğazı, bölgeye tarihi bir mekân olma özelliği kazandırmıştır. Keza sulak alanda sürdürülen gözlemlerde farklı araştırmacılar tarafından tespit edilen su kuşları ve amfibilerin ülke ve bölge geneli içerisindeki yüksek sayıları da zengin biyoçeşitliliği ortaya koymaktadır. Dolayısıyla sulak alanın sahip olduğu tarihi alan ve ekolojik ortam özelliklerinin korunması, doğal çevre üzerinde baskı ve risk yaratacak problemlerin tespit edilerek bu problemleri ortadan kaldırmak için gerekli önlemlerin alınma gerekliliği bütüncül bir sürdürülebilir yönetimle mümkündür.

Araplar Boğazı yamaçlarında bulunan antik yerleşimlerin bulunduğu sahaların arkeolojik sit alanı olarak koruma altına alınması ile bu kültürel mirasların korunması yasal statüye bağlanmasına karşın yamaçların farklı noktalarında açılan agrega ocakları genel morfolojik yapıda tahribatlar yaratmış durumdadır. Bu ocakların açılması ile yamaç dengesinin bozulması, yamaçların çıplaklaştırılması, su kütlesi ve toprağa karışan kirleticilerin artışı, hava kirliliği ve gürültü problemlerine yol açmıştır. Esasında buradaki temel sorun boğazın genel morfolojisinin bir bütün olarak değerlendirilmemesinden kaynaklanmaktadır. Antik yerleşimlerin bulunduğu alanın arkeolojik sit, diğer alanların doğal sit alanı olarak kabul edilmesine karşın bu alan ve çevrelerini zarara uğratabilecek uygulamaların yapılması ve bu duruma da herhangi bir cezai yaptırımın olmadan ocak işletmelerinin devam etmesi bahsedilen bu bütüncül yaklaşımdan yoksunluğu ortaya koymaktadır. Öyle ki uygulanan yöntemlerin ortaya çıkardığı bu problemler, sulak alanın korunması ve sürdürülebilir yönetiminde izlenmesi gereken stratejinin sulak alan hassasiyetinde yapılmasını gözler önüne sermektedir. Bu kapsamda arazi gözlemlerinde tespit edilen ocak açım sorunlarının doğurduğu riskler ele alındığında ocakların sulak alan üzerinde baskı yaratan başat faktörlerden biri olduğu söylenebilir.

Sulak alan üzerinde tespit edilen bir diğer problem ise tarımsal üretimdeki sulamadır. Boğaz içerisinde sürdürülen tarımsal üretimde sulama, çiftçinin doğrudan Karamenderes Çayı'ndan dinamo ve borularla üretim alanına su nakli ile gerçekleşmektedir. Yaz döneminde ne kadar su tüketiminin yapıldığı hususunda kesin bir çıkarım yapılamamakla birlikte özellikle sulak alan sisteminde su kütlesi üzerindeki en büyük baskılardan biri olan bu kontrolsüz su çekimlerinin kesinlikle denetlenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu denetime Ezine-Bayramiç Ovası'nda yoğun olarak sürdürülen tarımsal faaliyetlerdeki sulama yöntemleri de dahil edilerek kontrol edilmelidir. Diğer yandan yüksek gürültü çıkaran dinamoların kuşların beslendiği/barındığı sazlık-kamışlık alanlara yerleştirilmesi nedeniyle canlıların bu alanlardan uzaklaşmasını önlemek adına da bu denetimlerin yapılması elzemdir. Dolayısıyla boğaz içerisinde sürdürülen tarımsal üretimde çiftçilerin bu hususlarda bilinçlendirilmesi için üretim dönemi öncesinde bilirkişiler tarafından gerekli bilgilendirmeler kesinlikle yapılmalıdır.

Su analiz değerlerine göre yukarı çığına nazaran artan yüksek tuzluluk ve elektriksel iletkenlik değerlerine yansıyan kirlilik, su kütlesi ve dolayısıyla da sulak alan canlıları üzerindeki diğer bir tehdit unsurudur. Yoğun bir tarımsal üretimin gerçekleştiği orta çığı boyunca uzanan Ezine-Bayramiç Ovası'nda sürdürülen tarımsal faaliyetlerde kullanılan ilaç ve gübrelerin suya ve toprağa karışması, çaya katılan yan derelerde tespit edilen kirlilikler su kirliliğini arttırmaktadır. Dolayısıyla aşağı çığına doğru artan bu kirlilik oranları ise sulak alan canlılarının hayati varlığı üzerindeki en büyük sorunlardan biridir. Bu sorunu ortadan kaldıracak bazı uygulamalar ise ilaç ve gübre kullanımının kontrol altında tutulmasıdır. Bu hususta su analizlerinin uzun dönemli takip edilmesi ve kayıt altına alınması da gerekmektedir. Dolayısıyla hangi dönemlerde hangi kirleticilerin arttığı, bu kirleticilerin nelerden ya da hangi faaliyetlerden kaynaklandığının tespit edilmesi ve denetim altında tutulması gerek kuşların hayatı ve üreme dönemleri gerekse de su ile teması olan diğer canlıların sağlıklı ortam koşullarında varlığını sürdürmesinde önemlidir.

Sulak alan ve çevresinde tespit edilen yanlış uygulamalar dolayısıyla ortaya çıkan çevre sorunlarına karşı bölgenin var olan potansiyelini ön plâna çıkartacak ekoturizm, kültür turizmi gibi alanlardaki uygulamalar ve tanıtımlarla bölgeye kazandırılacak rekreasyon alanı ile bu alanlardaki yanlış uygulamalar gerek yasalda gerekse halk nezdinde bastırılabilir. Bu doğrultuda sulak alan içerisindeki uygun alanlara bölgede tespit edilen canlıların tanıtıldığı kısa tanıtım levhaları, yürüyüş yolu ve kuş gözlem terasları ile yapılacak kalkındırma faaliyetleri doğaseverlerin ilgisini arttırdığı gibi bölgeye olan ziyaretleri de arttıracaktır. Bu durum ise bölgeyi rekreasyonel anlamda cazip kılacaktır. Fakat bu turizm yatırımlarının bölgenin doğal yapısını bozmayacak şekilde ve ziyaretçilerin sulak alan üzerinde baskı yaratmayacak düzeyde gerçekleştirmeleri için gerekli sınırlamalarla yapılması gerçekliğinin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu denetim için ise gerekli kurumlar tarafından bu alanda görevlendirilecek bir ya da iki kişi ile koruma ve gözetleme işi gerçekleştirilebilir. Böylece bölgenin sürdürülebilir turizm yönetimi ile hem korunması hem de kalkındırılması sağlanabilir.

Araplar Boğazı Sulak Alanı'nın sahip olduğu biyoçeşitlilik, arkeolojik mekânlar ve doğal çevre üzerinde tahribat yaratma potansiyeli olan bu faktörlerin ortadan kaldırılması ya da minimize edilmesi genel morfolojik ve

hidrografik yapının bir bütün olarak ele alınıp bu doğal çevreyi bütün bileşenleri ile bütüncül bir sistem dahilinde koruma ile mümkündür. Bu ise arkeolojik ve doğal sit olarak tanımlanmasına karşın kapsamlı ve yasal bir statü ile koruma yönetmenliğinin olmamasından kaynaklanan eksiklerle pek de mümkün görünmemektedir. Bu sebeple sulak alanın kendine has ortam özelliklerinin tanımlandığı bilimsel bir temelde düzenlenen yasal korumanın yerel paydaşları da sisteme dahil eden bütüncül bir sürdürülebilir yönetimi zorunlu kılmaktadır.

Bilgilendirme/Teşekkür

Su analiz cihazını temin eden Çanakkale Belediyesi personeli Cemali Ünlü'ye teşekkür eder, katkı ve önerilerinden ötürü de hakemlere hassaten şükranlarımı sunarım.

Araştırmacıların katkı oranı

Melek Sinan: Literatür taraması, Arazi çalışması, Makale yazımı.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Adızel, Ö. & Durmuş, A. (2009). Sulak alan tahribatının Dönemeç (Engil) Deltası Van örneğinde irdelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 42-44.
- Akarca, A. (1978). Troas'ta Aşağı Kara Menderes Ovası çevresindeki şehirler. *Belleten Dergisi*, 42(165), 1-52.
- Akbulut, M., Odabaşı, S.S., Odabaşı, D.A. & Çelik, E.Ş. (2006). Çanakkale İli'nin önemli içsuları ve kirlenici kaynakları. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(1), 9-15.
- Alkan, A. (2015). Bitlis şehrinin çevre sorunları ve alınması gereken önlemler. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33), 11-36. <https://doi.org/10.17295/dcd.07140>
- Arı, Y. (2019). Gönen Çayı Deltası Sulak Alanında (Balıkesir) doğa koruma: su, kültür ve yaşam. *International Journal of Geography and Geography Education*, (40), 151-171. <https://doi.org/10.32003/iggei.570380>
- Aşur, F. (2017). Van kenti yakın çevresi kıyı alanı örneğinde sulak alanlar ve görsel peyzaj kalite değerlendirmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4), 506-515.
- Avşin, N. & Erzen, M.S. (2024). Çevresel faktörlerin Van Sazlığı Sulak Alanı üzerindeki etkileri. *The Journal of Social Science*, 32(32), 283-295. <https://doi.org/10.16990/SOBIDER.4695>
- Aydın, H., Karakus, H. & Meriç, B. (2013). *Sulak alan hidrolojisi (sulak alanlar)*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Bilgin, T. (1969). *Biga Yarımadası güneybatı kesiminin jeomorfolojisi*. İstanbul Üniversitesi Yayınları No:1433, Edebiyat Fakültesi Basımevi. İstanbul.
- Can, Ö. & Taş, B. (2012). Ramsar alanı içinde yer alan Cernek Gölü ve sulak alanının (Kızılırmak Deltası, Samsun) ekolojik ve sosyo-ekonomik önemi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 5(2), 1-11.
- Çanakkale Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022 Ezine ilçe iklim verileri. Çanakkale.
- Çelik, A. & Üzümcü, T.P. (2020). Sürdürülebilir eko-turizm destinasyonları olarak sulak alanlar: Uluabat Gölü. *Çomü Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 335-346. <https://doi.org/10.33202/comuagri.736093>
- Çiftçioglu, H. (2016). Türkiye'de çevre sorunları ve yerel yönetimler. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 3(4), 47-56. <https://doi.org/10.33202/comuagri.736093>
- Diñç, A. & Ok, M. (2022). Kuş gözlemciliğinin ekoturizme etkisinin araştırılması: Eskikaraağaç Örneği. *Journal Of Tourism Intelligence and Smartness*, 5(2), 145-153.
- Erçikdi, B., Kesimal, A., Yılmaz, E. & Kaya, R. (2003). Titrekaya Taş Ocağı'nın üretiminde patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin bölgedeki tarihi yapılara etkisinin belirlenmesi. *III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu Tam Metin Bildiriler Kitabı* (ss.221-228).
- Everest, Z. A., Eliuz, E.A.E. & Tarım, D. (2024). Taş ocaklarının ekolojik etkileri. *Turan:Stratejik Arastirmalar Merkezi*, 16(63), 29-38.
- Günay, U. K., Çelekoğlu, V. & Tok, C.V. (2015). Araplar Boğazı (Ezine, Çanakkale) civarındaki kuş popülasyonları üzerine bir ön çalışma. <https://www.researchgate.net/publication/283510152>.
- İlgar, R. (2011). Çanakkale ilindeki fiziki çevreye özgü sorunlarının değerlendirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(21), 109-122.
- İlgar, R. (2021). Çanakkale ilinin sulak alanları. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 613-629. <https://doi.org/10.30692/sisad.937951>
- Kardaş, F. & Cebe, M. (2021). Sulak alanlar ve göçmen kuşların ekosistemdeki yeri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 7(1), 1-5.
- Keleş, R. & Hamamcı, C. (1997). *Çevrebilim*. İmge Kitabevi. 2. Baskı. Ankara.
- Kıymaz, S. (2009). Seyfe Gölü Sulak Alanı ve su kaynakları yönetimine ilişkin sorunlar ve çözüm önerileri. *Ecological Life Sciences*, 5(2), 174-185.
- Korkanç, S.Y. (2004). Sulak alanların havza sistemi içindeki yeri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 6(6), 117-126.
- Köklü, S. (2010). Sulak alanların tarımsal amaçlı kullanılmasının yarattığı çevre sorunlarının Amik Gölü örneğinde irdelenmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Körpe, R. (2019). Scamander: From Trojan War to end of antiquity:It's mythology and iconography. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(2), 349-359. <https://doi.org/10.17518/catv.18021>
- Özçelik, H. (2018). Burdur Gölü Sulak Alanı üzerine tehditler ve yönetim planı üzerine öneriler. *ISNOS-MED*, 294-323.
- Ramsar Convention Secretariat. (2006). *Ramsar Handbooks For The Wise Use of Wetlands*. 3. Edition, İran, Ramsar, 1971.
- Salcan, E. & Tokay, Z.H. (2017). Troya Tarihi Milli Parkı'nda süregelen koruma sorunları ve çözüm önerileri. *Tasarım Kuram Dergisi*, 13(24), 148-169. <https://doi.org/10.23835/tasarimkuram.539283>
- Saltık, N. (2013). Çanakkale Kara Menderes Vadisi Araplar Boğazı Kesiminin Ekoturizm Planlaması Açısından Değerlendirilmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sevim, İ. & Gönüz, A. (2006). Kazdağı-Araplar Boğazı çevresinde yerleşik ve göçmen kuş popülasyonları üzerine gözlemler. *Kazdağları II. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, (ss. 77-82).
- Sevindi, C. & Kaya, G. (2019). Kuş gözlemciliği turizmi açısından Tortum Gölü Sulak Alanı (Uzundere-Erzurum). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(4), 2203-2218.
- Sülük, K., Nural, S. & Tosun, İ. (2013). Sulak alanlarda halkın çevre bilincinin değerlendirilmesi:İşıkli Gölü örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 7-11.
- Şahin, İ. (1999). Demiryurt (Tödürge-Sivas) Sulak Alanı ve yakın çevresinde coğrafi gözlemler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (34), 19-30.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. Sulak Alanlar. <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Sayfalar/Detay.aspx?TermStoreId>
- Tok, C. V., Günay, U. K., Yakın, B. Y. & Kaplan, Ç. (2018). Araplar Boğazı (Karamenderes Vadisi, Çanakkale) ve civarının herpetofauna ve avifaunası. *Doğanın Sesi Dergisi*. (2), 3-17.

- Tok, C. V., Özkan, B., Gürkan, M. & Yakın, B. Y. (2014). Çanakkale'nin tetrapodları (amphibia, reptilia, aves, mammalia) ve korunma statüleri. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(2), 36-53.
- Ünal, M. & Canlı, M. (2019). Sulak alanların yok edilmesinin etkileri ve Amik Gölü örneği. *Doğanın Sesi Dergisi*, (4), 49-66.
- Yiğit, F. S. & Ketten, A. (2024). Türkiye sulak alanlarının genel değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 20(1), 348-360.
- Yiğitbaşıoğlu, H. (2003). Burdur Gölü'nün çevre sorunları. *Sırrı Erinç Sempozyumu Genişletilmiş Bildiriler Kitabı*, (ss. 182-185).



© Author(s) 2025. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

18-25 yaş arası gençlerin turizm faaliyetlerine yönelik algı ve eğilimleri

Elif Kılıçarslan^{1*} , Muhammet Kaçmaz² 

¹Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sakarya, Türkiye.

²Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sakarya, Türkiye.

Anahtar Kelimeler

Turizm
Gençlik
Gençlik Turizmi

Araştırma Makalesi

Geliş: 04.03.2025
Kabul: 21.04.2025
Yayınlanma: 29.06.2025

Bu çalışma, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalında “Gençlik Turizmi; 18-25 Yaş Arası Gençlerin Turizm Faaliyetlerine Yönelik Algı ve Katılım Eğilimleri” adlı tez çalışmasından üretilmiştir.



Özet

Küreselleşmeye katkı sağlayan turizm faaliyetleri bireylerin imkanları ve tercihleri doğrultusunda gerçekleşmektedir. Yaş, cinsiyet, meslek gibi faktörlerin yanı sıra ekonomik, sosyal ve kültürel faktörler de turizm faaliyetlerinin çeşitlilik göstermesinde etkili olmaktadır. Bu bağlamda yeni yerler keşfetmeye meraklı, heyecan ve macera arayışında olan, bağımsızlığı ve özgürlüğü bir tutku olarak ifade eden, deneyimler yolu ile kendini tanımaya odaklı ve turizmin de geleceğini belirleyecek olan gençlerin turizm faaliyetlerine katılımı önem arz etmektedir. Gençlik turizmi olarak literatürde kendine yer bulan bu turizm faaliyetlerinin gençlerin nüfus, ekonomi ve sosyal yaşam içindeki paylarının artması ile önemi daha fazla artmaktadır. Ailelerin yaşam standartlarının yükselmesi, çalışan genç sayısındaki artış, burs ve indirimler şeklinde gerçekleşen kamu kuruluşlarının ve özel şirketlerin gençlere yönelik eğitim, gezi, kamp vb. etkinlikleri de gençlerin turizmdeki varlığını arttıran etkenler olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca internetin özellikle de sosyal medyanın gençlerin gezip görme, yeme içme, seyahat ve konaklama eğilimleri üzerindeki olumlu etkisi de gençleri turizm faaliyetlerine katılıma teşvik etmekte hatta çoğu zaman katılım oranını büyük oranda arttırmaktadır. Gençlerin turizmdeki öneminin ve payının artmasıyla birlikte gençlik turizmi üzerine yapılan çalışmalar da artmaktadır. Bu çalışma, 18-25 yaş aralığındaki gençlerin turizme yönelik ilgi, beklenti ve algılarını incelemeyi amaçlamaktadır. Nicel araştırma yöntemlerinden anket tekniği seçilmiş olup çevrim içi anket yöntemiyle elde edilen veriler, betimleyici ve çıkarımsal istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir. Verilerin normal dağılım göstermemesi nedeniyle parametrik olmayan analiz yöntemleri tercih edilmiştir. Araştırma bulguları, gençlerin turizm faaliyetlerine yüksek ilgi duyduğunu, ancak beklentilerinin çeşitlilik ve erişilebilirlik yönünde yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Çalışma, gençlerin turizmdeki eğilimlerine yönelik güncel bir bakış sunarak ilgili paydaşlara yol gösterici nitelikte katkılar sağlamaktadır.

Perceptions and tendencies of young people between the ages of 18-25 towards tourism activities

Keywords

Tourism
Youth
Youth Tourism

Research Article

Received: 04.03.2025
Accepted: 21.04.2025
Published: 29.06.2025

Abstract

Tourism activities that contribute to globalization are carried out in line with the opportunities and preferences of individuals. In addition to age, gender, and occupation, economic, social, and cultural factors are also effective in the diversity of tourism activities. In this context, the participation of young people, who are curious to discover new places, who are in search of excitement and adventure, who express independence and freedom as a passion, who focus on getting to know themselves through experiences and who will determine the future of tourism, in tourism activities is essential. The importance of these tourism activities, which find their place in literature as youth tourism, increases with the increase in the share of young people in the population, economy, and social life. The increase in the living standards of families, the rise in the number of working young people, the activities of public institutions and private companies in the form of scholarships and discounts for young people such as training, trips, camps, etc. also draw attention as factors that increase the presence of young people in tourism. In addition, the positive impact of the internet, especially social media, on young people's tendencies to travel, see, eat, drink, and accommodation encourages and often provokes young people to participate in tourism activities. With the increasing importance and share of young people in tourism, studies on youth tourism are also increasing. This study examines the interests, expectations, and perceptions of young individuals aged between 18 and 25 towards tourism. Data were collected through an online survey and analyzed using

descriptive and inferential statistical methods. Nonparametric analysis techniques were employed since the data did not follow a normal distribution. The findings reveal that young people are highly interested in tourism activities, with expectations mainly focused on diversity and accessibility. The study provides an up-to-date perspective on youth tendencies in tourism and offers valuable insights for relevant stakeholders.

1. Giriş

Yeteneklerini diğer bireylerle etkileşim halinde iken ortaya çıkaran insan turizm faaliyetlerine katılarak toplum içerisinde aktif bir rol üstlenmektedir. Üstlendiği rol sayesinde hem bireysel olarak gelişimine katkı sağlamakta hem de topluma sosyal, kültürel ve ekonomik olarak katkı sağlamaktadır. Böylece turizmin küreselleşmesinde rol oynayan önemli bir aktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüz dünyasında refah seviyesindeki artış, ulaşım faaliyetlerindeki hız ve çeşitlilik, teknolojinin tatil plan ve rezervasyonlarındaki kolaylaştırıcılığı ve özellikle internet ve sosyal medyanın yaygınlaştırıcı etkisi turistik faaliyetlere katılımı artırmaktadır. Bu artış içerisinde ise gençlerin payı oldukça dikkat çekicidir.

Turizm ilk zamanlarda çoğunlukla yüksek gelirli bireylerin bir faaliyeti olarak öne çıkarken günümüzde daha düşük gelirli bireylerin de turizm faaliyetlerinde aktif rol oynadığı görülmektedir. Tüm hızıyla gelişim gösteren turizmde olumsuz etkileri en aza indirmek için kitlesel turizme alternatif çeşitli turizm türleri ortaya çıkmaktadır (Doldur, 2023). İnsanların özel ilgisine göre şekillenen turizm; insanların istek ve ilgilerini karşılamaya başlamasıyla birlikte çeşitlenmekte ve böylece turizm ile ilgili yeni kavramlar ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu kavramlardan biri de günümüzde dikkatleri üzerine çeken gençlik turizmi olmuştur (Öztürk & Yazıcıoğlu, 2002). Diğer yaş gruplarına göre turistik faaliyetlere katılım oranı yüksek olan genç bireyler heyecana, maceraya ve değişime açık bir kişiliği temsil etmektedir (Koroğlu & Güleç, 2008). Seyahat deneyimlerini olumlu bir şekilde değerlendirmek isteyen bireyler için gidilecek yerin araştırılmasından başlayarak eve gelinceye kadar geçen sürede işlemlerin kolay, hızlı, anlaşılır ve sorgulanabilir olması önem arz etmektedir (Kaçmaz & Döker, 2019). Sosyal ağların oluşumuyla birlikte insanlar; Facebook, Instagram, Twitter gibi sosyal medya mecralarında ziyaret ettikleri turistik destinasyonlar hakkında fikir ve düşüncelerini kolay bir şekilde paylaşma imkânı bularak çektikleri fotoğraf ve video paylaşımlarıyla benzersiz bir etkileşim sahası oluşmuştur (Kapan & Üncel, 2020). Fiziksel ve zihinsel açıdan güçlü, yeni ve farklı destinasyonları keşfetmenin yanında yeni deneyimlere meraklı fazla olan gençlerin deneyimlerinin neredeyse her anını internet ve sosyal medyada paylaşmaya eğilimli olmaları da kültürler arasındaki etkileşimi ve gençler arasında benzer deneyimleri yaşama isteğini artırmaktadır. Dolayısıyla gençler turizm sektörünün gelişimine ve turizmin küreselleşmesine önemli katkı sağlayan bir nüfus grubu olarak önem kazanmaktadır. Bu bağlamda gençlerin deneyim çeşitliliği arayışı içinde olması ile ülkelerin ve şehirlerin turizm faaliyetlerini bütün bir yıla yayma isteğinin örtüştüğü de görülmektedir. Gençlik turizminin temelini gelecekteki seyahat eğilimlerinin belirleyicisi olarak dinamik, yeniliklere açık, öğrenim ve iş dışında yeni bir şeyleri keşfetmek için sürekli ikamet ettikleri yerlerin dışında seyahat eden genç nüfus oluşturmaktadır.

Bölgesel ve küresel barış ortamının sağlanmasına ve yerel ekonominin gelişimine katkıda bulunan gençlerin turizm pazarı içerisindeki payının giderek artmasıyla gençlik

turizmi popüler bir turizm türü haline gelmektedir. Gençlerin daha fazla seyahat etmesi ve turizm faaliyetlerine daha fazla zaman ayırması gençlik turizminin alternatif bir turizm türü olarak dikkat çekmesine de yol açmaktadır. Kitle turizminden daha hızlı büyüme ve gelişme gösteren gençlik turizmi; turizmin gelişimine teşvik etmenin, yeni alanlar ve yeni pazarlar açmanın hazırlayıcısı olarak bilinmektedir (Garrido, 1992). Birleşmiş Milletler Dünya Turizm Örgütü (UNWTO)'nın elde etmiş olduğu verilere göre dünyada turistik faaliyetlere katılım sağlayan bir milyar birey bulunmaktadır. Bunun %20'sini gençler oluşturmaktadır (TÜRSAB, 2015). Her geçen yıl turizm hareketliliğine katılanların sayısında artış gözlemlenmektedir. Katılımcıların içerisinde gençlerin oranının artması gençlik turizminin gelişimi açısından önemlidir. Çalışmanın amacı turizmde önemi hızla artan nüfus grubu olarak gençlerin turizm algılarını ve turizm faaliyetlerine katılımını etkileyen faktörleri incelemektir.

2. Alanyazın incelenmesi

Gençlik turizmi ile ilgili çalışmalar sayıca sınırlı olsa da konu çeşitliliği açısından alanyazındaki yerini başlıklar hâlinde incelemek daha uygun olacaktır.

2.1. Alternatif turizm kavramı ve gençlik turizmi tanımı, kapsamı ve gelişimi

Fransızca kökenli olan turizm; dinlenme, eğlenme, farklı yerleri görme, tanıma, sportif faaliyetlerde bulunma veya izleme ile bilgi ve görgüyü arttırmak gibi amaçlar taşıyabilen seyahatlerin bütünüdür (Doğanay & Zaman, 2016). Turizm, İkinci Dünya Savaşından sonra hızla gelişme göstererek daha geniş kitlelere ve tüm dünya geneline yayılmaya başlamıştır. İnsanlar geçmişten günümüze kadar olan süreçte birçok farklı sebepten dolayı seyahat etmişlerdir. Sosyal hayatta meydana gelen değişimlerle birlikte bilgi, iletişim ve teknolojiye, ulaşım araçlarında gerçekleşen gelişmeler gibi birçok nedenle tüm dünya insanları etkilenmeye başlamış ve böylece turizm hareketleri daha da genişleyerek küresel çapta bir nitelik kazanmıştır (Soyak, 2013). Küresel çapta önemli bir ivme kazanan turizme katılım sayısı her geçen gün arttıkça çeşitlenmekte ve alternatif turizm türleri ortaya çıkmaktadır.

İnsanların tüketim anlayışlarında meydana gelen değişimlerle birlikte oluşan talepler doğrultusunda turist taleplerini karşılayabilmek adına ortaya alternatif turizm kavramı çıkmıştır (Zengin, vd. 2018). Dört mevsim turistik faaliyetlere olanak sağlayan alternatif turizm türlerinden biri olan gençlik turizmi, 15-25 yaş arası genç bireyler kamusal ve özel kuruluşların sağladığı destek ve teşviklerden yararlanmaktadır (Oral, 1992). Gençlik turizmi; devamlı olarak yaşadıkları, çalıştıkları ve okudukları yerlerden gezmek, dinlenmek, eğlenmek amacıyla belli bir süreliğine ayrıldığı, seyahat ettikleri bölgedeki turizm işletmelerinin sunduğu mal ve hizmetlerden faydalandığı ekonomik, sosyal ve kültürel faaliyetler bütünüdür (Denizer, 1992). Değişik tüketici gruplarına hitap eden turizm, tüketici toplum eğiliminin sürekli farklı bir varyasyona uğradığı sektördür.

Bu sektörün içindeki en büyük payı ise yaşlarının vermiş olduğu merak ve heyecan duygusuyla hareket ederek turistik faaliyetlere katılım sağlayan “gençler” oluşturmaktadır (Talü, 1995). Sahip oldukları yaş itibarıyla yüksek enerjilerini açığa çıkarmak, bağımsızlıklarını kanıtlamak, hayatlarında bir anlam bulmak ve bir kimlik elde etmek için çevrelerini araştırmak ve değiştirmek isteyen gençler, bu amaçlar doğrultusunda hareket ederek turistik faaliyetlere katılırlar (Doğan, 1992).

Küresel seyahatin yeni öncülleri olarak tanımlanan gençler, her sene seyahat eden bireyler arasında daha fazla bir orana sahiptir. Gençler Birleşmiş Milletler tarafından sosyal bir değişim olarak kabul edilerek turizm sektöründe gelişimin sürekliliği konusunda önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir (UNWTO, 2016). Bütün bir yıla yayılım gösteren gençlik turizmi gelecek vadeden bir turizm türüdür. Önceleri uluslararası turizmde gençlik turizminin etkisi fark edilmemiş ve önemi göz ardı edilmiştir (Richards & Wilson, 2003). Son dönemlerde ise genç gezginlerin turizm içerisindeki payının artmasıyla birlikte güçlü bir pazar oluşturduğu görülmektedir (Khoshpakyants & Vidisecheva, 2010). Bu durumda gençlik turizmi günümüzde hızlı büyüme gösteren ve gelecek vadeden turistik bir faaliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Gençlik turizmi alanında yapılmış olan ve yapılacak olan her bir çalışma önem arz etmektedir.

2.2. Gençlik turizmi üzerine yapılmış araştırmalar

Öztürk ve Yazıcıoğlu (2002) yapmış oldukları çalışmada gençlerin turizm faaliyetlerine katılım düzeylerini belirleyerek onların bu faaliyetlerden beklentilerine ilişkin bilgileri elde etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarının sonucunda gençlerin eğlenmek amacıyla seyahat ettiklerine, seyahate gidecekleri yerlerde en çok doğal, temiz ve güzel bir çevre istediklerine ve yeme içme imkanlarının yeterli düzeyde olmasını talep ettiklerine ulaşılmıştır. Ayrıca gençlerin tatil amaçlı seyahatlerinde en önemli engelin ekonomik yetersizlikler ve güvenlik sorunları olarak belirtilmiştir. Kaşlı ve ark. (2013) gençlerin turistik tercihleri belirlenmesi üzerine çalışarak Eskişehir’de yaşayan gençler üzerinden örneklemiştir. Araştırmalarının sonucunda gençlerin turistik tercihleri üzerinde ortak bir davranış sergilediklerine, bütçenin önemli bir etkisi olduğuna, tatil yeri seçiminde en çok interneti kullandıklarına ve tatillerini çoğunlukla arkadaşları ve aileleriyle geçirmeyi planladıklarına ulaşılmıştır.

Bizirgani ve Dionysopoulou (2013) çalışmalarında sosyal medyayı aktif kullanan gençlerin profilini ve sosyal medya ve bilgi iletişim teknolojilerinin seyahat kararları üzerine etkisini araştırarak sosyal medyanın seyahat kararları üzerinde etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Cristea ve ark. (2014) çalışmalarını yerel ölçekte tutarak Bükreş’teki öğrenciler arasında turizm ürünlerine yönelik tüketici davranışlarını ölçmeye yönelik yapmışlardır. Çalışmalarından elde etmiş oldukları sonuca göre gençler seyahat etmekten hoşlanıyor, seyahat edecekleri yerin tercihinde internetten faydalıyor ve genellikle bireysel olarak seyahat etmeyi tercih ediyor. Yazarlar turizm pratiği açısından genç kadın ve erkek arasında farkın olmadığına ortalama gelirin gençlerin seyahat sıklığını etkilemese de kalış sürelerini azalttığı sonucuna varmışlardır. Eusebio ve Carneiro (2014) yaptıkları çalışmada turizmin, genç turistlerin yaşam kalitesinin çeşitli alanlarında (fizyolojik ve psikolojik özellikler, sosyal ilişkiler ve çevre) etkisine

değinmekte. Çalışmanın sonucunda turizmin genç turistlerin yaşam kalitesi üzerinde etkisi olduğuna ulaşılmış olup özellikle seyahat motivasyonlarının, ev sahibi-turist etkileşiminin, seyahat grubunun ve ziyaret edilen destinasyon türünün gençlerin yaşam kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Richards (2015) çalışmasına turizm alanyazında gençlik turizmi olgusunu inceleyerek başlamış ve küresel çapta bir anket çalışması yaparak anket sonucunda gençlerin üç ana seyahat tarzının olduğuna ulaşmıştır. Bu üç ana seyahat tarzı; kendi kendine yetebilen küçük çaplı yerleşim yerlerini tercih eden sırt çantalı gezginler (backpacker), bireyselleştirilmiş yaşam tarzını benimseyen dijital gezginler (flashpacker) ve yerel toplumla bütünleşmeye çalışırken sistemin dayattığı kurallardan uzaklaşan küresel gezginler (konumdan bağımsız gezginler) olarak dikkatleri çekmiştir.

Buffa (2015) çalışmasında gençlerin sürdürülebilirlik konusundaki tutumlarını anlamak, turizmin gelişimini gelecek talebe uygun bir yönde yönlendirmek amacıyla anket çalışması uygulamış ve böylece gençlerin seyahat motivasyonlarını ve davranışlarını ölçerek genç turistlerin farklı turist profillerinde olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında genç turist tiplerini zor yol genç turistleri ve yumuşak yol genç turistleri olarak ikiye ayırmış ve gençlerin sürdürülebilirliğin belirli boyutlarına olan ilgisine ve bu ilginin gençlerin seyahate karar verme sürecine, seyahat motivasyonuna ve davranışlarına etki ettiğini belirtmiştir. Eusebio ve Carneiro (2015) çalışmalarında farklı faaliyet profillerine sahip genç ziyaretçilerin turizm deneyimlerinin iyileştirilmesine yönelik çıkarımları tartışarak genç turistleri; kültür severler, eğlence severler, güneş ve plaj severler ve doğa severler olmak üzere dört ana kümede toplamışlardır. Bu bağlamda dört ana küme için daha cazip turizm faaliyetleri oluşturmaya yönelik öneriler sunmuşlardır.

Çakar ve Seyitoğlu (2016) yapmış oldukları çalışmada gençlik turizmi kavramını kapsamlı bir şekilde ele alarak gençlik turizmi motivasyonları hakkında fikir oluşturmaya amaçlamışlardır. Polat (2017) Balıkesir il merkezindeki gençler üzerinde yaptığı çalışmadan elde ettiği sonuçlara göre gençlerin destinasyon seçiminde dikkat ettikleri unsurun fiyat olduğunu, tatil yeri seçimlerinde bilgi kaynağı olarak en çok interneti kullandıklarını, en çok deniz kenarında yapılacak tatillerden hoşlandıklarını belirtirken bununla birlikte tatil yeri seçiminde etkili olan en önemli faktörün paranın karşılığını almak olarak belirlenmiştir. Değişgel ve Bingöl (2018) çalışmalarını yerel ölçekte Türkiye’nin turizm potansiyeli açısından önemli olan Şanlıurfa ili üzerine yapmışlardır. Şanlıurfa’nın gençlik turizmi potansiyeline değinerek bölgenin gençlik turizmi açısından beklentiye karşılayacak düzeye getirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Zengin ve ark. (2018) Sakarya Üniversitesi gençleri üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada çeşitli sonuçlara ulaşılmıştır. Analiz sonuçlarına göre genel bir yorumlama yaparak ortaya çıkan anlamlı farklılıkların genel olarak turizmin negatif etkilerinden kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Turizm algısıyla ilgili pozitif etkiler ise zaten olması gerektiği gibi gerçekleşiyor algısını oluşturmuştur. Karataş ve ark. (2020) çalışmalarında Doğu Akdeniz ve Kocaeli Üniversitesi’nde okuyan gençlerin gençlik turizmine bakışını belirlemek amacıyla anket uygulayarak anket çalışması sonucunda genç bireylerin tatil programı yaparken ekonomik, ulaşım, konaklama ve güvenlik unsurlarından doğrudan ya da dolaylı olarak etkilendiğini tespit etmişlerdir. Garbatov ve Chuvatkin (2021)

yapmış oldukları çalışmalarında gençlerin önem verdiği turizm motiflerini belirlemeyi tercih etmişlerdir. Yazarlar, ihtiyaçlar teorisi ile farklı yaşlardaki gençlerin turizm tercihleri arasındaki ilişkiyi ele alarak gençlerin ilgi alanlarının turizm pazarında yer alan gençlerin ihtiyaçlarıyla örtüşmediğini ortaya koymuşlardır. Mirea ve ark. (2021) çalışmalarında gençlere 20 soruluk anket uygulayarak gençlerin turizm eğilimlerini belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda gençlerin doğaları gereği spontane ve dinamik yerleri tercih ettiklerine ulaşarak sürdürülebilir turizmden uzak kalabildiklerini tespit etmişlerdir.

Özay ve Köroğlu (2022) çalışmaların gençlik turizmi üzerine yapılan çalışmaları inceleyerek bibliyometrik analizini yapmışlar ve bunu görselleştirmişlerdir. Araştırmalarının sonucunda gençlik turizmi çalışmalarına bakıldığında yıl ve yazar bazında üretkenliğinin düşük olduğuna, çalışmalarda en çok kullanılan dilin İngilizce hem üretkenlik hem de etkililik bakımından alana en çok *Annals of Tourism Research* dergisi olduğuna, Amerika Birleşik Devletleri ve Avustralya'nın bu alan üzerinde en çok katkısı olan ülkeler olduğuna ulaşmışlardır. Saparniene ve ark. (2022) çalışmalarında genç turistlerin sürdürülebilirlik konusundaki davranışları ve sürdürülebilir turizm gelişimine yönelik tutumları üzerinde durmuşlardır. Ayrıca çalışmanın sonucunda gençlerin sürdürülebilir davranışa yönelik olduğunu tespit etmişlerdir.

Sonuç olarak, gençlik turizmi, küresel çapta hızla gelişen ve gelecekte daha da önemli hale gelmesi beklenen bir turizm türüdür. Alanyazında yapılan çalışmalar, gençlerin turizm faaliyetlerindeki yerini ve önemini ortaya koyarken, bu alanda gerçekleştirilen bilimsel araştırmalar, genç turistlerin tercihlerini ve motivasyonlarını anlamaya yönelik önemli katkılar sunmaktadır.

3. Amaç ve Yöntem

Bu çalışmanın amacı turizmde önemi hızla artan nüfus grubu olarak gençlerin turizm algılarını ve turizm faaliyetlerine katılımını etkileyen faktörleri incelemektir. Gençlik turizmi üzerine yapılan çalışmalarda, yaş aralığı konusunda farklılıklar bulunmakta ve ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilmektedir. Uluslararası dilde gençlik turizmi; 15-25 yaş arasında bulunan gençlerin kamu ve özel kuruluşlar tarafından sunulan destek ve teşviklerden yararlanarak ülke içinde ya da dışında kültür ve dinlenme motifleri kapsamında yaptıkları seyahat ve konaklamalardan oluşan ekonomik, sosyal ve kültürel bir olay olarak ifade edilmektedir (Oral, 1992). UNESCO tarafından yapılan tanımlamada genç, ailesine bağlı çocuktan bağımsız bir yetişkine geçiş evresi olarak veya zorunlu eğitimden mezun olan ve çalışma yaşında olan kişidir. Bu tanımlamadan hareketle bu araştırmada veri toplama aracı olarak anket tekniği kullanılmıştır. Anket formu, ilgili literatür taranmış olup daha önce yapılmış çalışmalardan yola çıkarak yeniden oluşturulmuş ve araştırmanın amaçlarına uygun olarak geliştirilmiştir.

Araştırma kapsamında, Türkiye'de aileden bağımsız hareket etmeye başlayan gençleri temsil edecek şekilde, 18-25 yaş aralığındaki 400 genç bireye Google Formlar aracılığıyla anket uygulanmıştır. Elde edilen veriler SPSS 22 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğunu test etmek amacıyla Kolmogorov-Smirnov testi yapılmış ve verilerin normal dağılmadığı ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Bu nedenle analizlerde parametrik olmayan testler tercih edilmiştir. İkili grup

karşılaştırmalarında Mann-Whitney U testi, üç ve daha fazla grup karşılaştırmalarında ise Kruskal-Wallis H testi kullanılmıştır.

4. Analiz ve Bulguların Yorumlanması

Araştırmanın bulguları betimleyici istatistik bulgular ve karşılıklı ilişki testlerine yönelik bulgular olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

4.1. Betimleyici istatistik bulgular

Araştırmaya toplamda 400 genç katılmış olup gençlerin %61'i (244 kişi) kadın, %39'u (156 kişi) erkektir. Gençlerin %22,8'i (91 kişi) 18-19 yaş aralığında, %21,3'ü (85 kişi) 20-21 yaş aralığında, %18,3'ü (73 kişi) 22-23 yaş aralığında ve %37,8'i (151 kişi) 24-25 yaş aralığında yer almaktadır. Gençlerin %27,5'i (110 kişi) lise mezunu iken %21,5'i (86 kişi) ön lisans düzeyinde, %40,3'ü (161 kişi) lisans düzeyinde, %10,8'i (43 kişi) lisansüstü düzeyindedir. Gençlerin %54,5'i (218 kişi) tatile yaz tatillerinde giderken %26,5'i (106 kişi) yılda birkaç kez, %3'ü (12 kişi) yılda üç beş kez, %16'sı (64 kişi) ise fırsat buldukça gitmektedir (Tablo 1). Bu durum değerlendirildiğinde gençlerin çoğunun eğitim öğretim ve çalışma hayatı süresinde tatile gidemediği düşünülebilir. Ayrıca gençlerin tatile gitme sıklığının sınırlı olduğu ifade edilebilir. Gelir durumu ve tatile ayırdıkları bütçe açısından gençlerin düşük gelire sahip olmaları tatile gitme sıklıklarını etkileyebileceğini düşünmek mümkündür.

Tablo 1. Gençlerin cinsiyet ve yaş özelliklerinin frekans ve yüzde dağılımı.

Kategori	Alt Kategori	Frekans (n)	Yüzde (%)
Cinsiyet	Erkek	244	61
	Kadın	156	39
Yaş	18-19	91	22,8
	20-21	85	21,3
	22-23	73	18,3
	24-25	151	37,8
Eğitim durumu	Lise	110	27,5
	Ön lisans	86	21,5
	Lisans	161	40,3
	Lisans üstü	43	10,8
Tatil sıklığı	Yaz Tatilinde	218	54,5
	Yılda bir iki kez	106	26,5
	Yılda üç beş kez	12	3
	Fırsat buldukça	64	16

Turizm türlerine yakınlık ile ilgili soruda (Tablo 2) gençlere üç seçenek seçebilecekleri belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gençlerin daha çok deniz/ kıyı (%30,4), doğa (%26,1), tarih/kültür (%18,4) ve kamp/çadır (%12,5) turizmi ilgili oldukları görülürken foto/safari (%1,5), inanç (%2,9), spor (%3,3) ve karavan (%4,8) turizmine olan ilgilerinin ise oldukça düşük kaldığı görülmektedir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'de deniz turizmine olan ilgi fazladır. Gençlerin çoğunlukla tatillerini yaz aylarında yapabilmesi, kıyı turizminin ülkemizde yaygın ve popüler olması başta Ege ve Akdeniz'de olmak üzere çok sayıda şehirde ve

sahilde deniz turizmi yapabilme imkânı sunmaktadır. Aynı zamanda yaz aylarında gençlik popülasyonunun sahil şehirlerinde ve şeridinde toplanıyor olması da gençler arasında deniz/kıyı turizmini ilk sıraya taşımaktadır. Son yıllarda Türkiye’de doğal alanların turizme kazandırılmasındaki ve kamp alanları sayısındaki artış gençler arasında doğa ve kamp/çadır turizmine olan ilgiyi de arttırmıştır. Doğada olmak, doğada vakit geçirmek, yürüyüş yapmak, doğa ile ilgili aktivitelerde bulunmak sosyal medyanın etkisiyle de yeni eğilimler olarak karşımıza çıkmaktadır. Heyecanı yüksek, maceraperest ve gezgin ruha sahip olan gençler doğayı bir kaçış ve arkadaşları ile vakit geçirebilecekleri bağımsız mekanlar olarak görmeleri de doğa ve kamp/çadır turizmine olan ilgiyi arttırmaktadır. Tarih ve kültür turizminin öne çıkmasında Türkiye’de çekilen dizi ve filmlerin etkisi yüksek olmakla birlikte, tarihi ve kültürel mekanları ziyaret ile bu mekanlarda ya da yakın çevresinde yeme, içme imkanlarının, eğlence faaliyetlerinin artması da gençleri tarihi ve kültürel mekanlara çekmektedir. Ayrıca tarihi ve kültürel mekanlarda çekilen fotoğrafların sosyal medyada ilgi odağı olması, gençlerin kendini entelektüel olarak ifade etme olanağı sunması, tarih ve kültür turizminin gençler arasında tercih edilmesini etkileyen faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarihi ve kültürel turizm olanaklarına sahip şehirlerde düzenlenen kültür festivalleri ve etkinlikler de gençlerin turizm tercihlerini etkilemektedir. Anket sonuçları değerlendirildiğinde gençlerin sporu ve inancı bir turizm faaliyeti olmaktan ziyade bir yaşam faaliyeti olarak gördükleri, özel ilgi alanlarından çok genel turizm türlerin yakın oldukları anlaşılmaktadır. Popüler kültürün gençlerin turizm faaliyetleri üzerindeki etkisi de oldukça fazladır. Sportif faaliyetlere dayalı turizm türlerinin (koşu, yüzmeye, dalış, kano, vb.) ciddi bir eğitime gereksinim duyması, niş ve az sayıda kişi ile yapılabileceğinden ve diğer turizm türlerine göre maddi açıdan daha pahalı olması ve spor malzemelerine gereksinim duyması da spor turizmine olan ilgiyi azaltan faktörler olarak belirtilebilir. İnanç genellikle gençler arasında bir turizm faaliyeti olarak görülmemekle birlikte az sayıda gencin katıldığı inanç turizmi faaliyetleri de çoğunlukla ibadet ya da ziyaret olarak nitelendirilmektedir. Foto/safari turizmine olan ilginin düşük olması öncelikle ekonomik açıdan oldukça pahalı bir turizm türü olmasından kaynaklanmakla birlikte Türkiye’de gençlerin düşük bütçeler ile katılabileceği bu tür faaliyetlerinin azlığı da önemli bir etkidir. Ekonomik koşullar gençlerin ulaşım ve konaklama maliyetleri üzerinde direkt etkili olduğundan fiyat artışları gençlerin tatil algı ve beklentileri üzerinde oldukça etkilidir. Hatta Navratil ve Suec (2015) yapmış oldukları çalışmalarında gençlerin kalacak yerin fiyatı konusunda hassas davrandığına ve ucuz konaklamada en çok temizliğe dikkat ettiklerini tespit etmişlerdir. Katılımcı sayısının az, donanım maliyetlerinin yüksek ve ulaşım giderlerinin fazla olduğu turizm türlerine doğal olarak gençlerin de ilgisi az olacaktır.

Tablo 2. Gençlerin “Hangi Turizm Türüne Daha Yakınsınız?” sorusuna verdikleri cevabın frekans ve yüzde dağılımı.

Hangi turizm türüne daha yakınsınız? (*)	Frekans (n)	Yüzde (%)
Tarih/Kültür Turizmi	144	18,4
Doğa Turizmi	205	26,1
İnanç Turizmi	23	2,9
Deniz-Kıyı Turizmi	238	30,4
Spor Turizmi	26	3,3
Foto/ Safari Turizmi	12	1,5
Karavan Turizmi	38	4,8
Kamp/Çadır Turizmi	98	12,5

Tablo 3. Gençlerin “Turizm Sizin İçin Ne İfade Etmektedir?” sorusuna verdikleri cevabın frekans ve yüzde dağılımı.

Turizm sizin için ne ifade etmektedir? (*)	Frekans(n)	Yüzde (%)
Gezmek	152	23,5
Yeni Yerler Keşfetmek	246	38,1
Yeni İnsanlar Tanımak	38	5,9
Dinlenmek	113	17,5
Sosyal Bir Aktivite	97	15,0

Turizmin gençler için ifade ettiği anlam ile ilgili sonuçlar (Tablo 3) değerlendirildiğinde gençler için turizm öncelikli olarak yeni yerler keşfetmek (%38,1) anlamına gelmektedir. Gençlerin yeni mekân deneyimlerine olan açıklığı aynı zamanda farklı insanlarla tanışma ya da çevresindeki insanlarla daha samimi etkileşime girme isteğinin de bir yansıması olarak görülebilir. Keşfetme arzusundan sonra turizmi bir gezi (%23,5) faaliyeti olarak gören gençlerin durağanlık yerine hareketliliği tercih ettiği ifade edilebilir. Gezmek, insanın bulunduğu yerden başka bir yere gitmesi olarak hareketi temsil etmektedir. Turizmi dinlenme (%17,5) ve sosyal bir aktivite (%15) olarak gören gençlerin sayısı da oldukça fazladır. Dinlenme faaliyeti iş ve okulun olmaması açısından değerlendirilebilirken, sürekli yeni bir eylemde bulunma isteği de turizmi bir sosyal faaliyet olarak görme eğilimini arttırmaktadır. 18-25 yaş arasındaki katılımcıların merak, heyecan ve macera peşinde koşmaları, yaşamlarına bir yön ve anlam vermek ve bir kimlik duygusu kazanmak istemeleri ve kendi toplumlarından yabancılaşmaları nedeniyle (Doğan, 1986) “yeni yerler keşfetmek” turizm için daha fazla anlam ifade ederken “yeni insanlar tanımak” %5,9’lu bir oran nedeni ile gençler arasında ilgi görmediği düşüncesi yanlış bir çıkarım olacaktır. Zira yeni insanlarla tanışmak keşfetme ve gezme isteğinin içinde yatan sebepler olarak değerlendirilebilir.

4.2. İkili grup karşılaştırmalarına yönelik bulgular

Bireylerin kişilik özelliklerine göre değişkenler arası farklılıkları belirlemek için ikili gruplarda Mann Whitney- U Testi, üç ve üzeri gruplarda ise Kruskal Wallis H Testi kullanılmıştır (Tablo 4, 5).

Tablo 4. Mann Whitney-U testi sonuçlarına göre cinsiyete dayalı anlamlı farklılıklar.

İfade	Test Değeri (U)	P Değeri	Anlamlı Farklılaşma
Gezi turlarına katılım	16205,5	0,010*	Kadınlar erkeklere oranla daha fazla katılım sağlamaktadır
Gezi tercihimde yakın mesafe önemlidir	15973,0	0,005*	Kadınlar için yakın mesafe erkeklere göre daha önemlidir
Tatillerde paket turları tercih ederim	15689,5	0,002*	Kadınlar erkeklere oranla paket turları daha çok tercih etmektedir
Tatillerimi ailemle yapmayı tercih ederim	14306,5	0,000*	Kadınlar erkeklere oranla aileleriyle tatil yapmayı daha çok tercih etmektedir
Bireysel olarak tatil yapmak önceliğimdir	15833,5	0,004*	Erkekler kadınlara oranla bireysel tatil yapmayı daha çok tercih etmektedir

*p<0,05

Tablo 5. Kruskal Wallis H testi sonuçlarına göre yaş, eğitim ve tatil sıklığına dayalı anlamlı farklılıklar.

İfade	Değişken	Test Değeri (KW)	p Değeri	Anlamlı Farklılaşma
Gezi turlarına katılım	Yaş	7,875	0,049*	24-25 yaş grubu diğer yaş gruplarına göre daha fazla katılım sağlamaktadır
Gezi turlarına katılım	Eğitim durumu	8,549	0,036*	Lisans seviyesindekiler lise mezunu ve ön lisans düzeyindekilere göre daha yüksek katılım göstermektedir
Gezi turlarına katılım	Tatile gitme sıklığı	8,092	0,044*	Yılda 3-5 kez tatile gidenler daha fazla gezi turlarına katılmaktadır

*p<0,05

Bu testlerin sonuçlarına göre; “gezi turlarına katılım” ifadesinde cinsiyete göre anlamlı farklılaşma görülmektedir. (U= 16205,5 / p=,010*) (p<0,05). Kadınlar erkeklere oranla daha fazla katılım sağlamaktadır. Bu sonuç erkek egemen bir toplumda gençlerle ortaya çıkan bir değişim, dönüşüm dalgasının işareti olarak görülebilir. Gezi ve seyahat konusunda erkeklere göre daha dezavantajlı durumda olan ya da erkeklere bağımlı olarak bu faaliyetlere katılım sağlayan kadınların günümüz Türkiye’inde daha aktif ve erkeklerden bağımsız olarak hareket etmeye başladığının da göstergesidir. Gençler arasında yaş farkına bağlı olarak da anlamlı bir farklılaşma görülmektedir. (KW= 7,875 p=,049*) (p<0,05). 24-25 yaş grubundaki bireylerin gezi turlarına katılımlarının diğer yaş gruplarındaki bireylere göre daha fazla katılım sağladıkları tespit edilmiştir. Bu durum öğrencilik hayatından çalışma hayatına geçişteki artışa bağlı olarak ekonomik bağımsızlığını kazanan gençlerin turizm algılarının ve beklentilerinin değiştiğine, geliştiğine bir işarettir. Çalışma hayatının getirdiği iş yükü, yoğun tempo ve stres gençlerin turizm faaliyetlerine katılımını arttırmaktadır. Yaş durumunda olduğu gibi gençlerin eğitim durumları da anlamlı bir farklılaşma olduğu görülmektedir. (KW= 8,549 p= ,036*) (p<0,05). Lisans seviyesinde olanların lise mezunu ve ön lisans düzeyinde olanlara göre gezi turlarına katılımı daha yüksektir. Bu durumda eğitim seviyesinin artması ile gençlerin turistik faaliyetlere katılım oranının da arttığı görülmektedir. Anlamlı bir farklılaşma görülen diğer bir konuda da tatile gitme sıklığıdır (KW= 8,092 p=,044*) (p<0,05). Tatile yılda üç beş kez vakit ayıranların gezi turlarına katılım oranı da yüksek çıkmaktadır. Bu durum ülkemizde tatil anlayışının gençler arasında da değiştiğinin ve yaygınlaştığının bir göstergesi olarak ifade edilebilir.

“Gezi tercihimde yakın mesafe önemlidir.” ifadesinin sonuçları incelendiğinde cinsiyete göre anlamlı farklılaşma görülmektedir (U=15973,0 p=,005) (p<0,05). Kadınların gezilere katılımı erkeklere oranla daha fazla olsa da yakın mesafe konusu erkeklere göre daha fazla önem kazanmaktadır. Bu durumu kadınların yaşadığı, yaşayabileceği güvenlik kaygıları ile ilişkilendirilebilmekle birlikte evli olmayan kadınlar üzerindeki aile etkisi, evli olan kadınların eş ve çocukların durumu ile ilgili meseleler kadınların gezi tercihlerinde yakın mesafeleri tercih etmelerinde etkili olmaktadır. Özellikle evli gençlerin çocuklarının da yaşlarının küçük olduğu düşünüldüğünde küçük çocuklarla seyahat etmenin, tatil yapmanın zorlukları daha yakın mesafelerin tercih edilmesine neden olmaktadır. Ayrıca mesafe artışı ile gezi süresi ve maliyetleri de artacağı için gezilere daha düşük bütçe ayırmak durumunda olan gençlerin yakın mesafeleri tercih ettiği de görülmektedir.

“Tatillerde paket turları tercih ederim.” ifadesine ait puan ortalamaları incelendiğinde cinsiyete göre anlamlı farklılaşma görülmektedir (U= 15689,5 p= ,002) (p<0,05). Kadınlar erkeklere oranla tatillerinde paket turları daha çok tercih etmektedirler. İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra yaygınlaşan paket turlar turizm kiteselleşmesine ve gelişimine katkı sağlamıştır. Ülkemiz açısından da önemli bir gelir kaynağı olan paket turlara daha çok yer gezmek, uzak mesafelere güvenli bir şekilde yolculuk yapmak isteyen kadınlar erkeklere oranla daha fazla tercih etmektedir (Hoşcan & Selçuk, 2021). Yapılan bu çalışmada da benzer bir sonuç ortaya çıkmış genç kadınlar benzer sebeplerden paket tur tercihlerinde öne çıkmıştır.

“Tatillerimi ailemle yapmayı tercih ederim” ifadesine ilişkin sonuçlar cinsiyete göre anlamlı farklılaşmaktadır ($U=14306,5$ $p=.000$) ($p<0,05$). Kadınlar erkeklere oranla aileleriyle birlikte tatil yapmayı daha çok tercih etmektedir. Bireysel ve toplumsal kaygılar, güvenlik endişesi ve kadınların aileleri ile vakit geçirme isteğinin erkeklere göre daha fazla olması kadınların aileleri birlikte tatil yapma isteklerini arttırmaktadır.

“Bireysel olarak tatil yapmak önceliğimidir” ifadesine ilişkin sonuçlar cinsiyete göre anlamlı farklılaşmaktadır ($U=15833,5$ $p=.004$) ($p<0,05$). Erkeklerin kadınlara oranla bireysel olarak tatil yapmak istemeleri daha yüksek olduğu tespit edilmiş olup bir önceki ifadeyi de teyit eder niteliğinde karşımıza çıkmaktadır. Tatili her türlü sorumluluktan uzaklaşma ve kaçış olarak görme eğilimi erkeklerde daha fazladır. Bu sonuçlar temel ve genel toplumsal etkiler ve eğilimlerin gençler üzerinde de etkili olduğunu göstermektedir. Değişim ve dönüşümün tasarımcısı ve taşıyıcısı olan gençler aynı zamanda içinde bulunduğu toplumsal ve kültürel yapıların da etkisi altındadır. Gençlerin sıklıkla yollarını kaybetmelerinin, fikir ayrılıkları ve çatışmalarına düşmelerinin dolayısı ile kırılganlıklarının artmasının en temel sebeplerinden biri olan bu birbirine zıt görünen ikili yapı turizm faaliyetlerinde de fazlası ile kendini göstermektedir. Zira gençler diğer birçok konuda olduğu gibi turizm faaliyetlerini de kendini tanımak ve keşfetmekten ziyade kendini tanıtmak ve ifade etme biçimi olarak görmektedir. Giyim, yeme içme, eğlence, eğitim, kültür, seyahat anlayışlarını özellikle sosyal medya aracılığı ile gösterme eğilimleri gençlerin turizm faaliyetlerinden elde edebilecekleri kazanımların önüne geçmektedir. Zira turizm faaliyetleri bireyin farklı mekanlarda ve farklı insanlarla etkileşim halinde bir kendini keşfetme sürecidir. Oysaki günümüz turizm faaliyetleri bir keşfetme serüvenine değil bir keşfedilme sürecine dönüşmektedir. Keşfetme anlayışı genelde sosyal medya özelde turizm faaliyetlerinin en sıklıkla paylaşıldığı platformlardan biri olarak Instagram’da şekil değiştirmiş dolayısı ile gençlerin turizm algı ve beklentilerini de şekillendirmeye başlamıştır. Anket içerisinde yer alan diğer ifadelerle gençler arasında anlamlı bir farklılaşma görülmediği tespit edilmiştir.

5. Sonuç

Küreselleşen dünyanın en önemli ekonomik, sosyal ve kültürel faaliyetlerinden biri haline gelen turizm sektöründe, gençlerin artan payı, sektörün dinamiklerini kökten değiştirmektedir. Bu çalışma kapsamında 18–25 yaş arası 400 genç üzerinde yapılan anket sonuçları, gençlerin özellikle deniz, kıyı ve doğa turizmüne olan yakınlıklarını ve yeni yerler keşfetme arzusunu ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, kadınların gezi turlarına katılımda daha yüksek oranlar sergilemesinin, toplumsal güvenlik ve mesafe tercihlerinin belirleyici olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde, evli gençlerin ve küçük çocuklu bireylerin yakın mesafeleri tercih etmesi, ekonomik kısıtlamaların turizm alışkanlıklarını etkilediğini işaret etmektedir.

Araştırmamız, internet ve sosyal medyanın turizmdeki rolünü de net bir şekilde ortaya koymuş; bu mecraları etkin kullanan gençlerin, yeni destinasyonların oluşumuna ve mevcut destinasyonların popülerleşmesine önemli ölçüde katkı sağladığını göstermiştir. Ayrıca, gençlerin turizme katılımı yalnızca bireysel bir etkinlik olmaktan çıkarak, yerel ve küresel ekonomilere, sosyal etkileşimlere ve kültürel entegrasyona da olumlu yansımaktadır.

Covid-19 salgını tüm yaş gruplarının olduğu gibi gençlerin de turizm algı ve beklentilerini etkilemiştir. Gençler hayattan keyif aldıkları, kendilerini iyi hissettikleri ve enerjik oldukları dönemlerde turizm faaliyetlerine daha fazla katılım sağlamaktadır. Tüm sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde gençlerin turizm faaliyetlerindeki küresel, ulusal ve yerel önemi giderek artmaktadır. Özellikle internet ve sosyal medyayı daha iyi ve daha çok kullanan gençler yeni destinasyonların oluşumunda ve var olanlarının popülerleşmesinde de oldukça etkilidir. Dolayısı ile gençlerin daha fazla turizme katılımını sağlayacak ekonomik koşulların oluşturulması turizm faaliyetlerinin gelişimine de önemli katkı sağlayacaktır. Farklı sosyal, kültürel, toplumsal ortamlarda yer alabilen, kendilerini ifade edebilen ve keyif alabilen gençler toplumsal ve kültürel mesafelerin azalmasında, huzur ve barış ortamının sağlanmasında önemli bir aktör olarak görülmelidirler. Nasıl ki gençler dünyanın ve ülkelerin geleceğinde önemli bir yere sahip ise turizmin geleceğindeki konumları da oldukça sağlamdır. Bu nedenle özel sektörün turizm faaliyetlerinde gençlere özel ayrıcalıklı gezi turları ve tatil paketleri düzenlemeleri, kamunun ise gençlere ekonomik olarak destek olması gençlerin turizm faaliyetlerine yönelik beklenti ve algıları üzerinde olumlu etki edecek ve katılımlarını arttıracaktır. Üniversite öğrencilerinin kredi yurtlar kurumuna bağlı yurtları gezi ve tatil amaçlı kullanabilmeleri bu bağlamda başarılı bir örnek olarak değerlendirilebilir. Ayrıca başta Gençlik ve Spor Bakanlığı olmak üzere belediyelerin ve üniversitelerin gençlere yönelik gerek sportif gerek akademik etkinlikleri de gençlerin farklı şehir, kültür, ortam ve insanlarla tanışmalarını sağlamaları da önemli bir kazanımdır. Bu tür faaliyet ve etkinliklerin artması ekonomik nedenler ile turizme katılım sağlayamayan gençlerin önünü açacak, ülkeye ve ülke insanına duyduğu güveni artacaktır. Sonuç olarak gençlerin turizme katılımı önemli bir ekonomik faaliyet olmak ile sosyal, kültürel ve toplumsal barış için de oldukça önemli ve büyük bir adımdır. Gençlerin ülke ve dünya genelinde attığı adımların sayısı arttıkça bilgisi, görgüsü, kültürü, düşleri, düşüncesi, inancı da artacak turizm ülke ve dünya gençleri arasında bir köprü olacak, bir ağ ve en önemlisi bir bağ oluşturacaktır.

Araştırmacıların katkı oranı

Elif Kılıçarslan: Literatür taraması, Anket Uygulaması, Analiz, Makale yazımı; **Muhammet Kaçmaz:** Düzenleme, Makale yazımı.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Buffa, F. (2015). Young tourists and sustainability: Profiles, attitudes, and implications for destination strategies. *Sustainability*, 7(10), 14042-14062.
- Bizirgianni, I. & Dionysopoulou, P. (2013). The influence of tourist trends of youth tourism through social media (SM) and information and communication technologies (ICTs). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 73(2013) 652-660.
- Cristea, A. A., Apostol, M. S. & Dosescu, T. C. (2014). Young consumer behaviour towards tourism products. *Knowledge Horizons. Economics*, 6(3), 136-139.
- Çakar, K. & Seyitoğlu, F. (2016). In the proceedings of the multidisciplinary academic conference. In J. Vopava, V.

- Douda, R. Kratochvil ve M. Konecki (Eds.), *Youth tourism: understanding the youth travellers' motivations* (pp. 248-253). MAC Prague.
- Değişel, S. & Bingöl, Z. (2018). Şanlıurfa ilinin gençlik turizmi potansiyelinin incelenmesi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 8(1), 375-390.
- Denizer, D. (1992). *Gençlik turizminde pazarlama stratejisi*. (Gençlik turizmi konferans-workshop). Ankara Turizm Bakanlığı Turizm Eğitimi Genel Müdürlüğü.
- Doğan, H.Z. (1986). "Gençlik ve Turizm". *Çinde Turizm Yıllığı 1986* (ss. 71-79). Türkiye Turizm Bankası Yayını.
- Doğan, H. Z. (1992). *Gençlik turizminin psikolojik temelleri*. (Gençlik turizmi konferans-workshop). Ankara Turizm Bakanlığı Turizm Eğitimi Genel Müdürlüğü.
- Doğanay, H. & Zaman, S. (2016). *Türkiye turizm coğrafyası*. Pegem Akademi.
- Doldur, H. (2023). Yeşilova ilçesinin ekoturizm potansiyeli. *Çinde K. Kapan (Ed.), Doğan ve beşerî özellikleriyle Yeşilova* (ss. 197-212). Pegem Akademi.
- Eusébio, C. & Carneiro, M. J. (2014). The impact of tourism on quality of life: A segmentation analysis of the youth market. *Tourism Analysis*, 19(6), 741-757.
- Eusébio, C. & João Carneiro, M. (2015). How diverse is the youth tourism market? An activity-based segmentation study, tourism. *An International Interdisciplinary Journal*, 63(3), 295-316.
- Garrido, J. (1992). *Hostels and the international youth hostel federation*. (Gençlik turizmi konferans-workshop). Ankara Turizm Bakanlığı Turizm Eğitimi Genel Müdürlüğü.
- Garbatov, S. & Chuvatkin, P. (2021). Competitiveness and the development of socio-economic systems. In E. Popov, V. Barkhatov, V.D. Pham & D. Pletnev (Eds.), *The research of youth travel preferences* (pp. 464-475). European Publisher Ltd.
- Hoşcan, N. & Selçuk, I. (2021). Hane halkı bütçe anketi kapsamında Türkiye'de paket tur harcamaları. *Finans Ekonomi Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 251-264.
- Kaçmaz, M. & Döker, M.F. (2019). Turizm değerlerimizin tanıtılması ve pazarlanmasında web-mobil tabanlı coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı. *Çinde E. Akköprü & M.F. Döker (Eds.), Coğrafya araştırmalarında coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları* (ss. 217-240). Pegem Akademi.
- Kapan, K. & Üncel, R. (2020). Gelişen web teknolojilerinin (WEB 1.0- WEB 2.0- WEB 3.0) Türkiye turizmine etkisi. *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi*, 3(3), 276-289.
- Karataş, İ., Altun, Ö. & Cızrelioğulları, M. N. (2020). Gençlik turizmine üniversiteli gençlerin bakış açısı: Doğu Akdeniz ile Kocaeli Üniversitesi karşılaştırılması. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 314-332.
- Kaşlı, M., Arslaner, E., Demirci, B. & Yılmazdoğan, O. C. (2013). Gençlerin turistik tercihlerinin belirlenmesi: Eskişehir'de yaşayan gençler örneği. *Çinde K. Karamustafa (Ed.), 14. Ulusal turizm kongresi bildirileri* (ss. 928-940). Erciyes Üniversitesi Turizm Fakültesi Yayınları.
- Khoshpakyants, A. & Vidischeva, E. (2010). Challenges of youth tourism. *European Researcher*, 1(1), 101-103.
- Köroğlu, A. & Güleç, B. (2008). Turistik ürün çeşitlendirmesi. *Çinde N. Hacıoğlu & C. Avcıkurt (Eds.), Gençlik turizmi* (ss. 41-60). Nobel Yayınevi.
- Mirea, C. N., Sârbu, A. M. & Nistoreanu, P. (2021). Youth: Possible segment of the movement for sustainability in tourism. In M. Arami, P. Baudier & V. Chang (Eds.), *Proceedings of the 3rd international conference on finance, economics, management and IT business (FEMIB 2021)* (pp. 72-79). Science and Technology Publications.
- Navratil, J. & Svec, R. (2015). Perception of the "Cheap Accommodation" in the youth tourism market. In K.S. Soliman (Ed.), *Innovation vision 2020: From regional development sustainability to global economic growth* (pp. 944-954). IBIMA.
- Oral, S. (1992). *Türkiye'de gençlik turizmi ve geliştirilmesi (Sorunlar ve öneriler)*. (Gençlik turizmi konferans-workshop). Ankara Turizm Bakanlığı Turizm Eğitimi Genel Müdürlüğü.
- Özay, Z. & Köroğlu, A. (2022). Gençlik turizmi çalışmalarının bibliyometrik analizi ve görselleştirilmesi. *Journal of Gastronomy, Hospitality and Travel*, 5(4), 1337-1352.
- Öztürk, Y. & Yazıcıoğlu, İ. (2002). Türkiye'deki üniversite gençliğinin turizme yöneltilmesi üzerine bir araştırma. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 13(2), 162-171.
- Polat, E. (2017). Genç bireylerin turistik tercihlerinin belirlenmesi üzerine Balıkesir kent merkezinde bir araştırma. *Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 234-250.
- Richards, G. (2015). The new global nomads: Youth travel in a globalizing world. *Tourism Recreation Research*, 40(3), 340-352.
- Richard, G. & Wilson, J. (2003). *Today's youth travellers: Tomorrow's global nomads, new horizons in independent youth and student travel*. International Student Travel Confederation (ISTC).
- World Tourism Organization (UNWTO) (2016). *Affiliate members global reports, Volume thirteen – The power of youth travel*. UNWTO. https://www.wysetc.org/wp-content/uploads/2016/03/Global-Report_Power-of-Youth-Travel_2016.pdf
- Saparniene, D., Mejere, O., Raisutienė, J., Juknevičienė, V. & Rupulevičienė, R. (2022). Expression of behavior and attitudes toward sustainable tourism in the youth population: A search for statistical types. *Sustainability*, 14(1), 473.
- Soyak, M. (2013). Uluslararası son eğilimler ve Türkiye'de turizm politikalarının evrimi. *Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 1-18.
- Talu, B. (1995). Turizmin çeşitlendirilmesi süreci kapsamında gençlik turizmi-Türkiye'ye yönelik makro düzeyde bir model yaklaşımı (Tez No. 43350) [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Gençlik turizmi 2015 raporu, turizmci 300 milyon gencin peşinde* (2015). Türkiye Seyahat Acentaları Birliği.
- Zengin, B., Kınır, S. & Tezcan, N. Ş. (2018). Gençlerin turizm algısı ve turizme verilen destek; Sakarya Üniversitesi öğrencileri üzerine bir araştırma. *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(18), 147-168.



EK-1

Değerli Katılımcı;

Bu ankette “***Gençlik Turizmi; 18-25 Yaş Arası Gençlerin Turizm Faaliyetlerine Yönelik Alguları ve Katılım Eğilimleri***” isimli yüksek lisans çalışması kapsamında gençlerin turizm algısını ölçmeye yönelik bir araştırma anketidir. Ankette ulaşılmak istenen hedef kitle 18-25 yaş arası gençlerdir. Vereceğiniz yanıtlar **üçüncü şahıslarla paylaşılmayacak** yalnızca “**bilimsel amaçla**” kullanılacaktır. Araştırma ile ilgili soru ve görüşleriniz için aşağıdaki mail adreslerinden bize ulaşabilirsiniz. Göstermiş olduğunuz ilgi ve vermiş olduğunuz destek için teşekkür ederiz.

ARAŞTIRMACILAR

Elif KILIÇARSLAN

Sakarya Üniversitesi

Coğrafya Bölümü

elif.kilicarslan3@ogr.sakarya.edu.tr

Doç. Dr. Muhammet KAÇMAZ

Sakarya Üniversitesi

Coğrafya Bölümü

mkacmaz@sakarya.edu.tr

Bölüm 1: Kişisel Bilgiler

1. Cinsiyetiniz?

() Kadın () Erkek

2. Yaşınız?

() 18-19 () 20-21 () 22-23 () 24-25

3. Eğitiminiz?

() Lise () Ön Lisans () Lisans () Yüksek Lisans

4. Aylık Geliriniz?

() 500-1000 TL () 1000-2000 TL () 2000-3000 TL () 3000 TL’den fazla

5. Öncelikli Gelir Kaynağınız?

() Burs () Çalışıyorum () Aile

6. Yaşadığınız şehir?

Bölüm 2: Genel Turizm Faaliyetlerini Ölçmeye Yönelik Sorular

7. Tatile ne sıklıkla gidersiniz?

() Yaz tatilinde
() Yılda bir iki kez
() Yılda üç beş kez
() Fırsat buldukça (hafta sonları, resmî tatiller vb.)

8. Tatile yıllık ayırdığınız bütçe ortalama ne kadardır? :

() 0-500 TL () 500-1500 TL () 1500-2500 TL () 2500 TL’den fazla

9. Günübirlik bir geziye ayırdığınız bütçe ortalama ne kadardır? :

() 50-100 TL () 100-250 TL () 250-500 TL () 500 TL’den fazla

10. Hangi turizm türüne daha yakınsınız? (En fazla üç seçenek işaretleyebilirsiniz)

- () Tarih/Kültür turizmi
 () Doğa Turizmi
 () İnanç Turizmi
 () Deniz-Kıyı Turizmi
 () Spor Turizmi
 () Foto/Safari Turizmi
 () Karavan Turizmi
 () Kamp/Çadır Turizmi

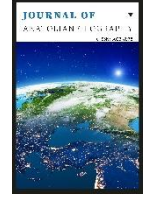
11. Turizm sizin için ne ifade etmektedir? (En fazla iki seçenek işaretleyebilirsiniz)

- () Gezmek
 () Yeni yerler keşfetmek
 () Yeni insanlar tanımak
 () Dinlenmek
 () Sosyal bir aktivite

Aşağıdaki her soru için, sağdaki sayılardan konunun önemiyle ilgili görüşünüzü en iyi yansıtan seçeneği işaretleyiniz.

Soru	Önem Ölçeği				
	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
12. Gezi turlarına katılırım.	1	2	3	4	5
13. Yeni yerler keşfetmeyi ve macerayı severim.	1	2	3	4	5
14. Gezi tercihlerimde yakın mesafe önemlidir.	1	2	3	4	5
15. Bir geziye katılmadan önce gideceğim yeri araştırırım.	1	2	3	4	5
16. Sosyal medyada gördüğüm yerleri gezmek isterim.	1	2	3	4	5
17. Gezdiğim yerleri sosyal medya hesaplarımda paylaşıyorum.	1	2	3	4	5
18. Arkadaşlarımdan tavsiye ettiği bir yere gitmek önceliğimdir.	1	2	3	4	5
19. Ekonomik durumum tatil tercihimin etkiler.	1	2	3	4	5
20. Ailem tatil tercihimin etkiler.	1	2	3	4	5
21. Bir gezide seyahat ettiğim aracın konforu benim için önemlidir.	1	2	3	4	5
22. Otel kalitesi tatil tercihimin etki eder.	1	2	3	4	5
23. Tatil yerini seçerken ulaşım imkânlarının gelişmiş olmasına dikkat ederim.	1	2	3	4	5
24. Konaklayacağım yerin teknolojik imkânlarının gelişmiş olmasını isterim.	1	2	3	4	5
25. Tatil yerimi tercih ederken tarihi bir yer olmasına dikkat ederim.	1	2	3	4	5

26. Tatillerde deniz turizmini tercih ederim.	1	2	3	4	5
27. Tatil yerimin doğal güzelliklere sahip olması benim için önemlidir.	1	2	3	4	5
28. Kongre ya da fuarlar turizm faaliyetine katılımımı artırır.	1	2	3	4	5
29. Festival veya şenlikler turizm faaliyetine katılımımı artırır.	1	2	3	4	5
30. Tatillerde paket turları tercih ederim.	1	2	3	4	5
31. Tatillerimi ailemle yapmayı tercih ederim.	1	2	3	4	5
32. Bireysel olarak bir geziye katılmak önceliğimdir.	1	2	3	4	5
33. Genelde akraba veya arkadaş ziyareti yapmak amacıyla turizm faaliyetine katılırım.	1	2	3	4	5
34. Tatillerimi arkadaşlarımla yapmayı tercih ederim.	1	2	3	4	5
35. Uygun fiyatta ulaşım ve konaklama turizm faaliyetlerine katılımımı artırır.	1	2	3	4	5
36. Karavan ile seyahat etmek ilgimi çeker.	1	2	3	4	5
37. Tatillerde alışveriş yapmayı severim.	1	2	3	4	5
38. Tatillerde alışveriş önceliğim yerel halktan yerel ürünler almaktır.	1	2	3	4	5
39. Pandemi süreci turizm alışkanlıklarımı değiştirdi.	1	2	3	4	5
40. Pandemi süreci otellerde tatil yapma isteğimi azalttı.	1	2	3	4	5
41. Pandemi süreci kamp/ çadır turizmine olan ilgimi artırdı.	1	2	3	4	5
42. Turistik gezilerde alışveriş alışkanlığım yoktur.	1	2	3	4	5
43. Ulaşım ve konaklama fiyatları turizm faaliyetine katılımımı etkilemez.	1	2	3	4	5
44. Hayattan keyif aldığım dönemlerde turistik faaliyete katılımım yüksek olur.	1	2	3	4	5



Makine öğrenimi ve uzaktan algılama verilerini kullanarak Orta Apeninler'deki biyolojik çeşitlilik değişiminin tahmin edicilerini toplamak ve manzara geçmişini yeniden oluşturmak

Polina Lemenkova^{*1} 

¹University of Bologna, Department of Biological, Geological and Environmental Sciences. Bologna, Italy.

Anahtar Kelimeler

Yapay Sinir Ağı
Karar Ağacı
Coğrafi Veri
Ekoloji
Rastgele Orman
CBS
İtalya

Araştırma Makalesi

Geliş:25.04.2025
Kabul:12.06.2025
Yayınlanma:29.06.2025



Özet

Görüntü işleme ve yazılım işlevselliği için yöntemlerin seçimi, Dünya manzaralarını izlemek için çok önemlidir. Bu çalışma, uzaktan algılama (UA) veri işleme için Makine Öğrenmesi (MÖ) yöntemlerinin kullanımını sunmaktadır. Amaç, İtalya'nın merkezi Apeninler örneği ile arazi örtüsü değişikliklerinin kartografik analizini gerçekleştirmektir. Teknik olarak, Python kütüphanesi Scikit-Learn ile entegre GRASS CBS yazılımını kullanan bir MÖ tabanlı sınıflandırma yöntemi sunuyoruz. MÖ yöntemlerini kullanarak görüntü işleme, GRASS CBS algoritmaları işletim araştırılmıştır. Veriler Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırması (ABDJA)'den elde edilmiştir ve Landsat 8-9 OLI/TIRS uydu görüntülerinin bir zaman serisini içerir. Görüntü işlemenin operasyonel iş akışı, UA veri işlemeyi içerir. Görüntüler, otomatik olarak algılanan arazi örtüsü türü kategorileriyle raster haritalara sınıflandırılmıştır. Yaklaşım, rastgele piksel tohumlarının eğitim veri kümesi olarak kullanılan gözetimsiz sınıflandırma dahil olmak üzere GRASS CBS'in betik dilinde bir dizi modül kullanılarak uygulanmıştır. MÖ sınıflandırıcıları, görüntülerden türetilen arazi örtüsü türlerindeki değişiklikleri tespit etmek için kullanılmıştır. Sonuçlar, ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde farklı bitki örtüsü koşullarını göstermektedir. Mevcut görüntü sınıflandırma yöntemlerinden farklı olarak, MÖ, yamaların topolojisini modellerken piksellerin spektral yansıması arasındaki farklılıkları dikkate alır. Diğer avantajlar, ML'nin rastgele karar ağaçları oluşturma süreci sırasında komşu manzara yamalarının benzerliğini ölçmek için doku ve spektral özelliklerle ilgili verileri kullanmasıdır. Bu çalışma, MÖ'nin kartografi, UA veri işleme ve jeoenformatik için faydalarını göstermiştir.

Gathering predictors of biodiversity change and reconstructing land cover history in Central Apennines using machine learning and remote sensing data

Keywords

Artificial Neural Network
Decision Tree
Geospatial Data
Ecology
Random Forest
GIS
Italy

Research Article

Received: 25.04.2025
Accepted: 12.06.2025
Published: 29.06.2025

Abstract

The selection of methods for image processing and software functionality is crucial for monitoring Earth's landscapes. This work presents the use of Machine Learning (ML) methods for remote sensing (RS) data processing. The aim is to perform cartographic analysis of land cover changes with a case of central Apennines, Italy. Technically, we present a ML-based classification method using GRASS GIS software integrated with Python library Scikit-Learn. Image processing using ML methods was investigated by employing the algorithms of GRASS GIS. The data are obtained from the United States Geological Survey (USGS) and include a time series of Landsat 8-9 OLI/TIRS satellite images. The operational workflow of image processing includes RS data processing. The images were classified into raster maps with automatically detected categories of land cover types. The approach was implemented by using a set of modules in scripting language of GRASS GIS, including for non-supervised classification used as training dataset of random pixel seeds. The ML classifiers were used to detect changes in land cover types derived from images. The results show different vegetation conditions in spring and autumn periods. Unlike the existing methods of image classification, ML considers the differences among the spectral reflectance of pixels when modelling topology of patches. Other advantages are that ML uses data on texture and spectral features to measure the similarity of neighbouring landscape patches during the process of generating random decision trees. This study demonstrated the benefits of ML for cartography, RS data processing and geoinformatics.

1. Introduction

1.1. Background

The increasing volume of Earth observation (EO) data and speed of satellite imagery acquisition driven by the development in Remote Sensing (RS) technologies make it possible to monitor Earth's surface with unprecedented detail and frequency. Current methods of RS data processing in Geographic Information System (GIS) struggle to detect and quantify spatial processes and derive information visible from space. Monitoring of many natural phenomena (land cover changes, earthquakes, tsunamis, floods, landslides) and social activities (smart agriculture, effective land planning, decisions on urbanization) are linked to optimized map making using RS data. In this process, using RS data affects the functionality and informativeness of maps and provides geospatial information to support decision making. Therefore, there is a need for automated methods that can process RS data to effectively derive and visualize information.

The machine learning (ML) and deep learning (DL) technologies and growth of automation algorithms have greatly widened the possibilities of generating maps based on RS data. The integration of ML in RS data processing significantly improves the quality of RS-based maps through improved precision and accuracy of cartographic workflow and possibility to operate with large volumes of spaceborne data in real-time regime. ML applications and algorithms of programming languages have shown potential in handling geospatial data. These techniques can process data with robustness and high speed (generating a series of maps in a few seconds) while distinguishing shapes of objects or seasonal changes in land cover properties using analysis of time series. Its proven sensitivity makes ML promising for RS data.

This paper presents the use of the ML for EO-based cartographic approach in the case study of Italy. Here we demonstrate the best state-of-the-art practices and applications of the AI tools in RS and cartography. Using the foundations of ML methods of RS data processing, the DL approaches were applied to image processing to overcome the challenges in EO-driven cartography and explore the applications of using AI/ML in RS data analysis in central Italy. We focus on the capability of ML/DL methods for detecting changes in Earth's landscapes, quantifying environmental dynamics and processes related to climate change and discuss these technologies as a solution to future RS challenges.

1.2. Study area

1.2.1. General ecological characteristics of the region

The study area is located in central Italy, (Figure 1). Landscapes of central Italy include a unique mosaic of land cover types. To mention a few most important ones, these encompass broadleaved forests, coniferous forests, arable lands (olive plantations, vineyards, fruit trees and berry plantations) (Baldini, 2003; De Luca et al., 2024), pastures, terraced mountainous landscapes (Tecilla & Cosner, 2024; Lemenkova, 2020; Cavalli et al., 2013), wetlands and contrasting coastal marine environments along the Adriatic (Mačić, 2014), Tyrrhenian (Renda & Giacobbe, 2021) and Ligurian Seas.

1.2.2. Water balance and the impacts of climate change

Droughts caused by climate change and exacerbated by the ongoing anthropogenic processes of land use in rural Italy affect fragile ecosystems in the central Apennines. These ecosystems have high importance for human water resources at the European Union (EU) regional level and the local and mesoscale climate (Antrop, 2005).



Figure 1. Landsat -8 OLI-TIRS satellite image with depicted geographical features: Lake Trasimeno, Lake of Bolsena and Central Apennines. (Source: USGS. Image modification: Author).

Besides, grasslands and forests in mountainous areas of Apennines are ecologically significant for Italy, due to their primary role in maintaining balance of unique biodiversity and resilience of vulnerability to climate change (Vessella, 2024; Agnoletti et al., 2019).

1.2.3. Measurement techniques and methodological approaches

In ecohydrology, changes in land cover types reflect water balance that is available for vegetation. Measuring these parameters can be resolved by separating evapotranspiration into evaporation from surfaces inside the forest canopies or forest landscapes and transpiration by the vegetation (Maselli et al., 2004).

In humid subtropical climate that is typical for central Italy, high and constant fluctuation in humidity is known. This includes variations in droughts to wet periods with diverse frequency and lead to land degradation (Agnoletti, 2007). Such a specific climate setting affects the sustainability of ecosystems which heavily rely on groundwater as a primary water source (Salvati & Colantoni, 2013). The surrounding mountainous landscapes are strongly affected by regional climate settings. Dry periods are characterized by low precipitation and high temperatures, while wet periods are notable for occasional floods, landslides in mountainous regions and high variations in temperature.

Climate extremities in central Italy are reflected in all components of ecosystems of Apennines: soil, vegetation coverage and land cover types (Calfapietra et al., 2015; Barbati et al., 2012). Nevertheless, the relevance of seasonality of water balance and fluctuations of land cover and vegetation coverage in lakes of Parco Nazionale del Lago Trasimeno and Lago di Bolsena is still largely unknown. For the landscapes of Mediterranean climate and coniferous forests of Central Apennines, water balance is influenced by climate and geological properties (mineral content of soil) that enables water infiltration to supply groundwater horizon. At the same time, soil properties directly affect the capacity of groundwater table to accumulate in reservoirs for maintaining water balance, which is crucial for dry periods with occasional droughts to support vegetation and root system (Ball & Douglas, 2003).

This study aims to evaluate changes in land cover types in selected region of Central Italy using satellite images. The objective of this paper is to apply ML methods for cartographic analysis and mapping. The research question of the present study is following:

According to the literature review and analysis of the state-of-the-art research on Italy there are following identified knowledge gaps: the presented two lakes are not evaluated using ML learnign methods and RS data. In view of the missing research on this specific area, the objective of the study is to evaluate the environmetnal dynamics in the Central Alps using RS data.

1.3. Objectives and goals

1.3.1. The objective of the study and the identified gap in the literature

The aim of this study was to estimate, for the first time, the effects of seasonal meteorological variations on land cover types around the lakes of Lago Trasimeno and Lago di Bolsena and Central Apennines. While previous studies have measured different components of the water balance, little is known about the frequency and influence of seasonal effects of droughts on landscapes and land cover types in Central Apennines.

This study aims to answer the following question:

How do seasonal climatic fluctuations affect land cover types around Central Italian lakes and mountainous areas?

To answer primary question, we detail the following auxiliary questions:

- (a) What is the direct contribution of climate to land cover change?
- (b) What do the drivers of biodiversity change and landscape dynamics in Central Italy?
- (c) What are the most dominating vegetation types controlled by the distribution of soil?
- (d) What is the role of ML in the automated identification of patterns on the satellite images?
- (e) Are there any regional differences between vegetation types around the two lakes?
- (f) What is the role of the RS data as sorce of information for cartographic modelling?

To answer these questions, we complemented a highly automated cartographic workflow for RS-based monitoring of the study area around the two lakes. The methodology is based on the Machine Learning (ML) approach in geoinformatics. Variations in the biodiversity and land cover types on the several satellite images captured in different

seasons are routinely performed using GRASS GIS using scripts implemented by modules of this software.

1.3.2. Description of the study areas and rationale for their selection

In this study, we compared land cover changes in three contrasting areas of Central Italy, (Figure 1):

1. National Park – Lago Trasimeno (Umbria region)
2. National Park – Lago di Bolsena (Lazio region)
3. Central Apennines and coasts of the Adriatic Sea (Marche region and Acona district)

High importance of these fragile ecosystems for global sustainability consists in balancing water resources on Apennine Peninsula and the local and mesoscale climate (Salvati et al., 2016). A special role is played by the two lakes located in centre of the country near the western border – Lago Trasimeno and Lago di Bolsena. While previous studies have measured different components of the water balance in Italy (Corbari & Mancini, 2014; Onofri et al., 2011; Caparrini et al., 2004), little is known about the frequency and influence of seasonal climate fluctuations in the land cover types and water balance around these lakes.

1.3.3. Methodological approach: The use of Machine Learning and GRASS GIS

This study employs a Machine Learning (ML) approach to satellite image analysis in Central Italy. This approach was selected to define changes in land cover types that reflect variations in water balance during seasonal period of 5 years. To assess the role of the climatic variations on vegetation coverage in lacustrine and mountainous ecosystems, we conducted a comprehensive study of a satellite image analysis using a machine learning (ML) approach implemented in GRASS GIS.

1.3.4. Water balance and soil-related factors during dry and wet periods

During dry periods with extreme heat and no rainfall, ground water remains the only available water resource for vegetation. This affects lacustrine and mountainous ecosystems of Central Italy. Groundwater in soil supports the functionality of the surrounding ecosystems. In turn, diverse types of soil moisture influence the saturated zone where pores and rock fractures are filled with water and form water table.

During wet periods and rainfalls, the variability of soil water content is increased by drainage, because coarser texture of soil drains faster than finer-textured parts (Lindh & Lemenkova, 2022, Lindh & Lemenkova, 2023; Batey, 2009). Besides, complex, diversified and ragged geomorphology of central Italy and Apennine Mountains also plays important role in accumulation of water which affects vegetation (Tarolli & Straffellini, 2020). Besides rock content, smooth topography, micro-relief and groundwater table position are key factors affecting water flow paths and root system characteristics.

1.3.5. Water flow pathways and evapotranspiration in ecosystems of Italy

In hydrological approaches with a focus on contrasting ecosystems in lacustrine and mountainous environments, water balance and land cover type modelling are widely

based on simplifications and model generalizations. Existing experimental studies evaluate different components of water cycle in rivers and lakes using direct measurements. Scarce existing studies evaluate land cover types during periods of short flash floods in mountains and their seasonal fluctuations. A modeling technique is often used to evaluate one or more of the balance's components indirectly (Isaia et al., 2014).

Major atmospheric boundary fluxes such as evapotranspiration (evaporation and transpiration) and irrigation and the lower boundary fluxes above the mountainous lakes such as soil percolation are essential elements of water balance and environmental sustainability of mountainous forests of Central Italy. This requires studying the mechanisms of their functions within water cycle. In this regard, remote sensing data present valuable source of information supporting research on areas affected by natural hazards: droughts and floods during dry and wet periods, respectively.

Changes in landscapes reflect variations in annual water balance and all its components of lacustrine environments and mountainous landscapes of Central Apennines based on data measured in 2018-2023. To estimate the land cover, change reflecting water balance in Central Italy, we measured the relative contribution of the pixels corresponding to land cover types and ecosystem components in the water balance at the catchment level. It is like other Mediterranean ecosystems (e.g., Greece, Spain, Türkiye, Croatia, France), climate change has a key influence on the annual and seasonal land cover changes and water budget. Likewise, lacustrine environment and mountainous ecosystems are affected by climate variations. Moreover, climate has noticeable impact under certain meteorological conditions of Central Italy, as demonstrated on time series of the processed satellite images.

2. Study area

The topography of the Central Apennines is characterized by diversity of accumulated and depleted landforms that resulted from the millennial history of geologic formations of Apennines, (Figure 2). The area of central Apennines is notable for high forest cover and high biodiversity according to the soil types. The dominating vegetation species include Silver fir, Norway spruce, Beech, Black pine, Birch). Groundwater represents an essential source of water availability in Central Apennines. Nevertheless, effects of the water balance components on land cover types in context of droughts and climate change are surrounded by considerable uncertainties.

Meanwhile, numerical assessment of water balance components using satellite images and ML methods is crucial for sustainable management of water basin and analysis of water cycle and land cover changes in Central Italy – a country with contrasting climate and occasional climate hazards (droughts, avalanches, landslides and floods). Unpredictable and variable rainfall patterns over

Italian Peninsula, high temperature variability, and scarcity of water, typical central regions, are affected by climate change in environmental processes. Land cover changes in Central Italy reflect availability of water in mountainous regions. Such environmental processes are expected to become even more crucial under climate change conditions. Vegetation interacts profoundly with the water cycle captured from ground water. This influences both water availability for human needs and the distribution between sensible heat and latent heat. Climate-environmental interactions over Italy present complex mechanism of ecosystems sustainability. For instance, in mountainous regions of central Apennines, the primary cause of land desertification and land cover change is degradation of vegetation. In turn, one of the main causes of vegetation deterioration is water stress.

The water cycle mechanisms are inextricably linked to the water required in soil for vegetation development (Brady & Weil, 1999). In turn, they are influenced by climate change, seasonal variations and effects of anthropogenic activities in central Italy. Mountain regions of Apennines and lakes – Lago Trasimeno and Lago di Bolsena – are essential sources of water in the surrounding ecosystems. As a result, changes in land cover types influenced by water availability have an impact extending far wider than their actual range. However, they are also strongly affected by climate change with past and projected warming exceeding the global average (Boisvenue & Running, 2006). The variety of landforms and topographic structure created conditions for diverse soil types, (Figure 3).

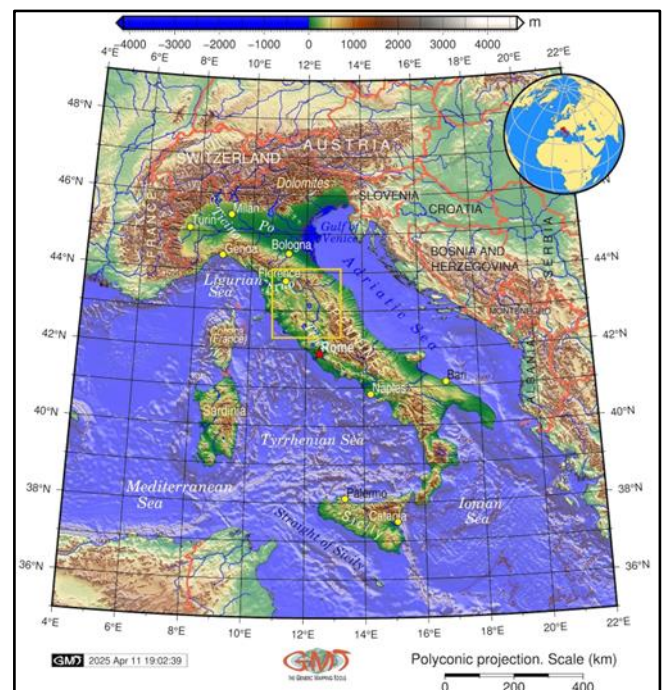


Figure 2. Study area and location of the satellite images. (Source: Author. Software: Generic Mapping Tools (GMT)).

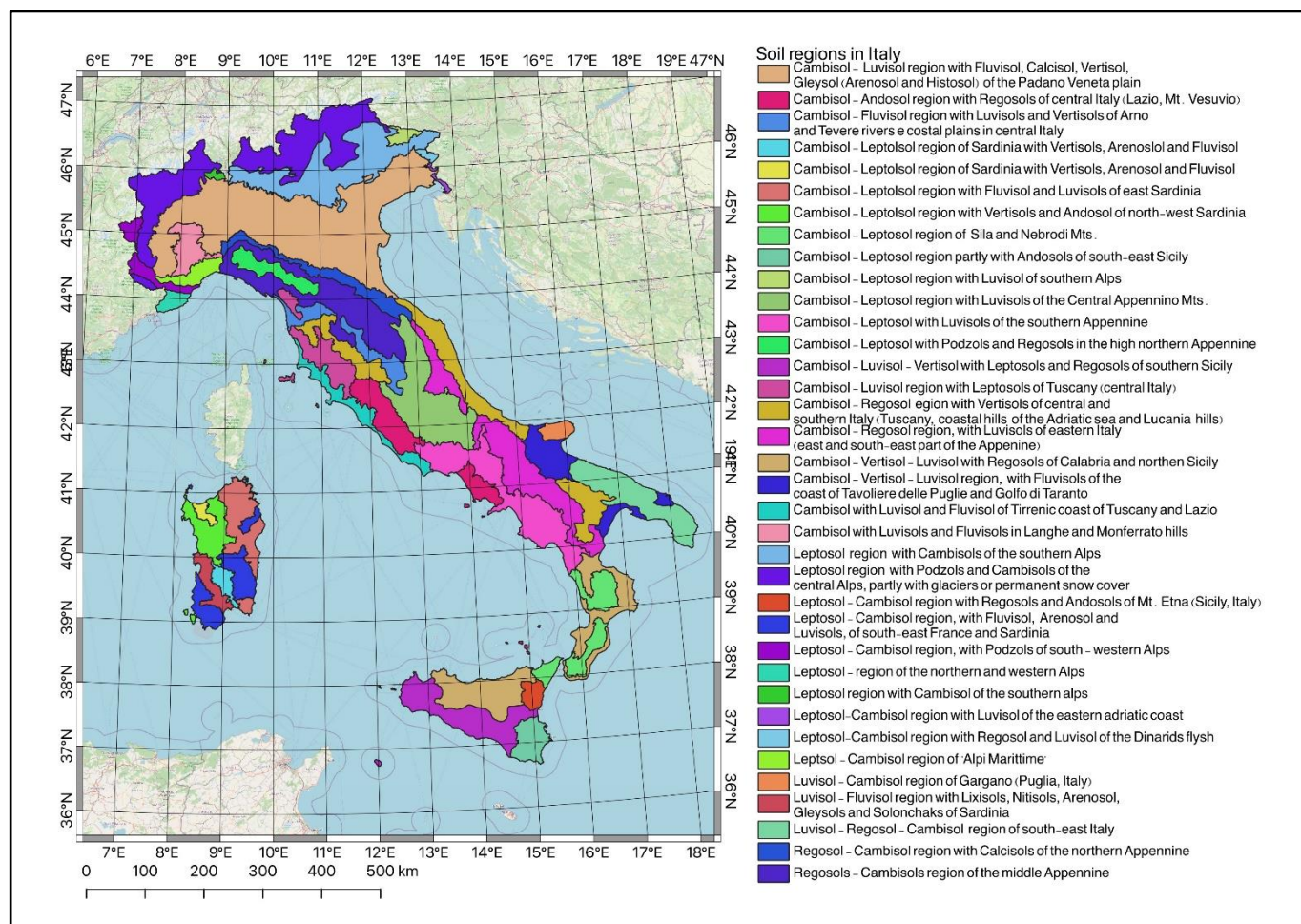


Figure 3. Soil types in Italy: 10 major categories generalised from the database with thematic maps showing soil regions of Italy, scaled 1:5,000,000. (Map source: Author. Software: QGIS).

Lacustrine regions are of essential importance for water provision in water-scarce mountainous regions of Italy with an impact extending far wider than their actual range. Besides, they are strongly affected by climate change with past and projected warming exceeding the global average. The distribution vegetation of lacustrine and coastal regions around the Adriatic Sea is driven by the change of climatic and soil conditions along elevation gradients and influenced complex micro-topography and geochemistry.

However, the important link between climate change and vegetation response often remains neglected in studies on Central Italy. Specifically, there are no studies investigating land cover change and water balance in the environments of Lago Trasimeno and Lago di Bolsena. In landscapes of southern Italy (e.g., Basilicata, Calabria, Puglia), seasonal climate fluctuations are mostly dependent on meteorological conditions and effects of droughts (Peres et al., 2023). However, central regions are insufficiently studied. In this regard, this work presents the contribution to the missing research on variations in central Italian landscapes. The goals of this research are aligned to reinforce the environmental objectives of nature protection in European Union (EU), namely:

1. Adaptation to climate change in Central Apennines region of Italy in a spatial-explicit manner using computational remote sensing techniques.
2. Time series analysis to evaluate risks associated to climate change around two lakes – Lago Trasimeno (Umbria) and Lago di Bolsena (Lazio).

3. The protection and restoration of biodiversity and ecosystems of saline lake as unique landscape of mountainous regions (Central Apennines).

3. Materials and Methods

3.1. Conceptual approach

In this study, ensemble learning was implemented using the Random Forest classifier in GRASS GIS to classify Landsat-8 OLI-TIRS imagery from 2018–2023, based on selected spectral bands and specific preprocessing procedures. With existing applications in the environmental and Earth science sector, many studies are currently investigating the applicability of programming algorithms in processing Remote Sensing (RS) data (Lemenkova, 2019; Lemenkova, 2025c). On the one hand, the availability of the RS data supported by the increasingly rising pool of Earth observation sensors and products of satellite missions, both commercial and open, brings new opportunities to the thematic mapping or terrain-based modelling. On the other hand, such challenges require the development of the advanced methods for processing these datasets, as discussed earlier (Lemenkova & Debeir, 2023; Khan et al., 2021; Lemenkova, 2023). In this regard, advanced methods present significant benefits since ML helps avoid subjectivity compared to the traditional cartographic methods using Geographic Information Systems (GIS) (Klaučo et al., 2013; Klaučo et al., 2017; Lemenkova, 2021). For instance, due to the introduced training and randomness in raster data processing ensured by computer-vision algorithms of

automated image analysis, ML enables to avoid subjectivity in image classification (Lemenkova, 2024a; Lemenkova, 2024b).

The specific application of the Machine Learning (ML) methods within the cartographic approach consists in the following foundation. The techniques of Random Forest (RF), and ensemble learning enable pattern recognition in the satellite image processing using automated algorithms of the computer vision. This enables to technically minimize the possible errors and misclassification in the pixels assigned to various target classes. As a result, classified imagery are accurately and precisely deciphered and designated classes are recognised using ML techniques. Adopted from the programming and general computer vision domains, the ML well serves the needs of RS data processing and cartography, as demonstrated below.

Environmental techniques of land cover monitoring are largely based on the field observation and in-situ fieldwork. For instance, while transpiration and soil evaporation can be measured directly through sap flow sensors, using canopy chambers, evaporation from lakes and rivers, and coastal wetlands can only be estimated indirectly or through modelling and simulation techniques. Another important parameter is water infiltration in soil, which indicates the flow of water into the ground soil level, followed further as percolation. These parameters still represent major uncertainties to be resolved in the issue of ecohydrology and environmental monitoring.

The rate of wet canopy evaporation in mountain forests can be estimated from eddy covariance measurements or as the differences between precipitation, throughfall and stemflow in arid lands, or those using the conventional Penman-Monteith-equation. Nevertheless, RS data present robust technique and precise source of information for modelling land cover types in response to water fluctuations at precipitation level.

Ensemble learning approach of image processing is the method of image processing that applies several learning paradigms to achieve high-performance satellite image processing. The effects of the ensemble learning resulting in the improved cartographic outputs approach are explained by the integrated power of different tools which bring their benefits to the workflow compared to these algorithms when used alone. In ML-based satellite image analysis, the ensemble learning includes a series of alternative models, such as Random Forest (RF) or decision trees, ensuring a more adjusted workflow. In computer vision, ensemble learning methods of ML are an essential part of automated image analysis and mapping based on these images. Such benefits of ML for cartographic workflow have been reported in some publications in recent decades (Elshevy et al., 2024; Lemenkova, 2025a; Lemenkova, 2025b).

As one of robust ML methods, random forest can be used in diverse environmental applications, including landslide susceptibility assessment (Manzo et al, 2012), forest mapping, lithology analysis, disaster monitoring (Diehr et al., 2025), to mention a few. Moreover, selected works also introduce a modelling method for assessing soil salinity based on remote sensing imagery for agricultural purposes. However, the suitability of specific software that includes these methods as embedded algorithms for image processing requires more attention. In remote sensing, two major methods have been discussed and compared recently: supervised and unsupervised image classification.

3.2. Data and Image Classification Procedure

This research aims to build a workflow for satellite image processing using ensemble learning techniques of Random Forest (RF) algorithm.

Data included eight multispectral satellite images from Landsat satellite mission. Specifically, the sensors used are Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) images that are projected automatically in the Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 33 for Italy in WGS84 Ellipsoid/Datum with the following coordinates, (Table 1).

Table 1. Coordinates of upper and lower left and right corners of the satellite images Landsat 8-9 OLI/TIRS.

Image characteristics	Coordinates
Corner upper left latitude	44.22284
Corner upper left longitude	11.08013
Corner upper right latitude	44.28620
Corner upper right longitude	14.04998
Corner lower left latitude	42.05848
Corner lower left longitude	11.21622
Corner lower right latitude	42.11724
Corner lower right longitude	14.08305

The essential characteristics and feature attributes of the images are summarised in the (Table 2).

Table 2. Metadata of the Landsat 8-9 OLI/TIRS satellite images: major technical characteristics of scenes with cloudiness.

Date	Satellite Scene ID	Cloud %
20/04/2018	LC81910302018110LGN00	0.55
27/09/2018	LC81910302018270LGN00	0.26
22/03/2019	LC81910302019081LGN00	0.67
14/09/2018	LC81910302019257LGN00	0.06
14/03/2022	LC81910302022073LGN00	7.41
06/09/2022	LC81910302022249LGN00	0.06
17/03/2023	LC81910302023076LGN00	2.52
03/09/2023	LC91910302023276LGN00	4.24

Each Landsat image comprising the dataset was processed, and the maps were visualised in 2018, 2019, 2022 and 2023 for spring and autumn periods. For import, the 'r.import' module was used, and then the multispectral bands were grouped together using command 'i.group'. This enabled to integrate raster map layers in a collection of bands and assigned them to a cluster.

Based on integrating several ML approaches, it includes the decision trees algorithm with controlled variance that improves the accuracy of image partition. Technically, the research is performed using the ML-based modules of the Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) GIS software. The aim of this study is to dissect the effects of seasonal land cover types of fluctuations in the central Italy on spatial heterogeneity and patterns of the land cover patches in the surrounding lacustrine and coastal landscapes of Central Italy, Apennines.

The practical goal of this study is to apply the scripting techniques of GRASS GIS with the objective to assess the novel method of ensemble learning with a case of RF algorithms applied to cartographic workflow adopted from previous studies (Lemenkova, 2024c). The RF approach was selected as a valuable method since it uses the computer vision approaches that have the anti-noise capacity which is

useful for image processing used for mapping changes in the basin from evaporated to flooding period. Such benefits are useful when processing data with high spectral heterogeneity and landscape fragmentation as in Central Italy.

3.3. Applicability

In view of repetitive droughts in central regions of Italy, current research contributes to developing the regional adaptation strategies to climate change in Europe including the following categories:

- Technological level: monitoring land cover types for detecting drought-tolerant crops and adjusting irrigation types in central Italy;
- Agronomic level: crop diversification in Italy
- Institutional level: insurance schemes, policy reforms for climate change adaptation in EU.

Stakeholder involvement into climate change monitoring in Italy at practical level relies on quantitative analyses and mapping that match qualitative versions of possible climate scenarios in drought-prone regions in central Apennines.

3.4. Organization and structure

The paper is organized as follows. Chapter 2 explains the ensemble learning method with RF approach to RS data processing. The methodology is presented in snippets of GRASS GIS code. In the following section, the results of image classification are presented. Finally, the last section concludes the paper with the discussion regarding the landscapes and climate-related land cover changes in the Central Apennines. The ML methods of image processing were employed using different mathematical algorithms embedded in the GRASS GIS. These approaches were used for image classification to detect changes in land cover types over the study area in central Italy and map them during the 5-year period of 2018 to 2023.

3.5. Algorithms

Several ML algorithms embedded in the GRASS GIS have been used in this study to classify Landsat 8-9 OLI/TIRS multispectral satellite images based on certain feature combinations. Specifically, the tested classifiers included Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), and Classification using clustering techniques (k-means). The area is covering the region of central Apennines in a regional scale. Diverse land cover types have distinct spectral reflectance that can be recognised using computer vision algorithms. This principal characteristic of the satellite images is used for image processing in GRASS GIS. Technically, the script with defined parameters of image classification was applied to each ML algorithm for satellite image processing. The classified areas detected on the satellite images were technically validated against CORINE land cover types using correlation error matrices and accuracy analysis. As previously described, classification was performed using RF, SVM, DT, and MLPC algorithms. Among them, the SVM method was reasoned as the most effective approach.

4. Results and Discussion

4.1. Classification Accuracy and Algorithm Performance

In the database, the categories included following classes: 'Non-irrigated arable land', 'Permanently irrigated land', 'Rice fields', 'Vineyards', 'Fruit trees and berry plantations', 'Olive groves', 'Pastures', 'Annual crops associated with permanent crops', 'Complex cultivation patterns', 'Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation', 'Agro-forestry areas', (Figure 4).

We tested the ML algorithms in order to compare them and define the appropriate classifier. The performance of each classifier was evaluated based on overall classification accuracy and Cohen's Kappa coefficient, using the Corine Land Cover (CLC) Land Use Land Cover (LULC) dataset as a reference. Defining optimal classification approach supports the accurate discernibility of the land cover features, and to map the variability of landscapes over time. The data were validated against the CORINE land use land cover (LULC) Copernicus database which was generalized for the study area. This was done using vector geometry tools in QGIS.

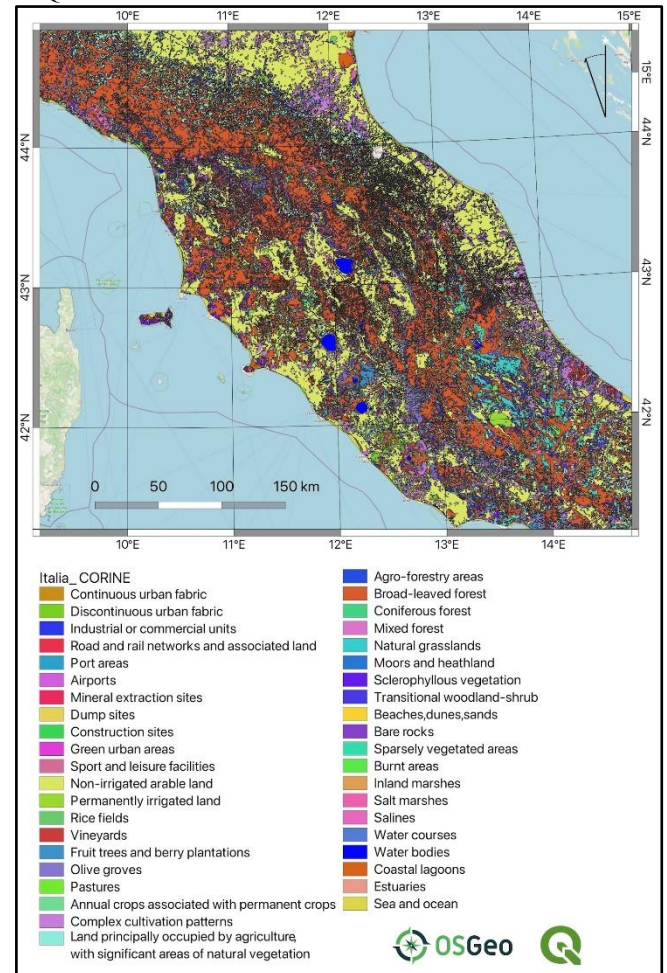


Figure 4. Validation of land cover types according to CORINE categories. (Mapping software: QGIS. Source: Author).

4.2. Spatiotemporal Changes in Land Cover

The paper compares land cover type variations in these three regions and evaluates the role of climate fluctuations in the water balance using satellite images Landsat. In this study, we performed a Machine Learning (ML) – based analysis of satellite imagery to visualise and evaluate fluctuations of the two lakes in central Italy and Apennine Mountains using seasonal series of satellite images.

The cartographic plotting of the images with ML methods is presented in (Figure 5) and (Figure 6). The land cover types in the northern Italy were identified as following 10 classes according to the existing adopted, modified and generalized classification schemes: 1) urban areas, 2) arable lands and agricultural fields, 3) water areas, 4) needle-leaved trees, 5) bare lands and soils, 6) pastures, 7) permanent herbaceous vegetation, 8) croplands, 9) broadleaved trees, 10) shrubland. Final mapping outcomes were carried out by the classification using the four algorithms (RF, SVM, DT and MLPC) from four satellite images allows the analysis of the interannual effects (2019, 2022 and 2023) on the types of land cover in Apennines.

4.3. Climatic and Hydrological Interpretations

Special focus is placed on the hydrological interpretation and environmental settings of the two lakes. The ground water horizons in both lakes – Lake Bolsena and Lake Trasimeno – represent an additional source of water in surrounding landscapes of central Italy, not quantified by the commonly used methods, to the overall water input. Lakes play an important role of a water condensate which is formed in larger quantities at higher temperatures.

4.3.1. Hydrological Role and Morphology of Lake Trasimeno

Lake Trasimeno belong to the tectonic types and alluvial origin. Located in the province of Perugia, in the Umbria region, it has a surface area of 128 km². Lake Trasimeno is the largest lake in central Italy and a transboundary area of laminar lake in shallow topographic depression. This lake has shallow depth (average 4.3 m, max – 6 m). Climate fluctuations play an important role in the land cover types and water balance of Central Apennines and related two lacustrine basins. This is especially notable for the periods based on the observation during numerous days with mixed precipitation (satellite images for spring), maintaining for several days a high relative humidity inside the lacustrine environment composing the landscape (during winter period). Moreover, lacustrine processes related to water collection is crucial for water supplies of two lakes – Lake Bolsena and Lake Trasimeno, maintaining surface water in the conditions of climate warming and groundwater that are critical for Mediterranean ecosystems of Italy.

4.3.2. Climatic Vulnerability and Geomorphology of the Lake Bolsena

The basin of Lake Bolsena developed from the lake in central Italy, located in upper Lazio, in the northern part of the province of Viterbo (Alta Tuscia). Formed over 300,000 years ago following the caldera collapse of some volcanoes of the Volsini mountains complex that accompanied the volcano-tectonic subsidence of the area, nowadays, it presents the depression that collects waters from three

drainage systems off the highlands, and the surroundings river network system.

This lake is the largest lake of volcanic origin in Europe. The topography of the region is generally hilly which causes the diurnal oscillation of wind and variations in thermo-topographical gradients. Highly changing hydro-geomorphological setting of the deltaic drainage system of lake leads to the regular fluctuations of the local weather where temperature changes according to diurnal and seasonal cycles. The changes in land cover types reflected difference between water input in form of precipitation over the lake and surroundings and water output as evapotranspiration and water discharge, plus the variation in the soil water content, demonstrated variations in different months from March to August, within the uncertainty range of the measurements.

Image analysis demonstrated that 'pastures' and 'herbaceous vegetation' classes have the increase in coverage of occupied areas at 15% and 17%, respectively, while coniferous forests decreased by 5% (regional species: Silver fir, Norway spruce, Beech, Black pine, Birch).

Shrubland expanded to 29% indicating graduate replacement of other vegetation types. For broadleaved forests, the results show insignificant increase at 2%. Specifically, this can be explained by the high increase in herbaceous vegetation related to climate effects, as reported in spring periods between 2018 and 2023. The results of image processing using ML are presented in figures below. The results are illustrated on a series of maps showing the distribution of land cover types and how landscapes in Central Apennines change in a short-term 5-years period, (Figure 5) (for 2018) and (Figure 6) (for 2023).

For example, in periods of droughts and dry seasons (summer heat), ecosystems with high and constant frequency of droughts are supplied by groundwater that in turn is supported by lakes. Moreover, the occurrence of higher temperatures and raindrops creates favourable conditions for such processes and land cover fluctuations in the lacustrine environments. This can be illustrated by the lacustrine basins, where mixing of fresh and rainfall groundwater contributes to the hydrological and geochemical and multi-environmental water balance. In turn, water supply supports functionality of vegetation in the surroundings land cover types. However, the relevance of aquifers for the water balance of mountainous landscapes of Apennines is still largely unknown and changes in land cover types in these regions are more profound.

The amount of water intercepted by the lakes in diverse seasons varies with temperature, wind and duration of droughts. Depending on these characteristics, for instance, severe heat waves, changing weather patterns, is a major predictor of water interception rates. Nevertheless, important features are the occurrence of droughts and duration of the period without stable precipitation which may intercept high amounts of water going to groundwater. Thus, they store water inside the lake, sustain evapotranspiration in the surrounding vegetation, decrease the ratio of water, and increase the air humidity. Climate-related hazards such as frequent and severe droughts, unstable water inflow and extreme temperatures typical for arid and semi-arid climate of Central Apennines affect rare species that use lacustrine ecosystems as shelter habitats.

The influence of seasonal climate effects on the water balance in the landscapes surrounding two lakes – Lake

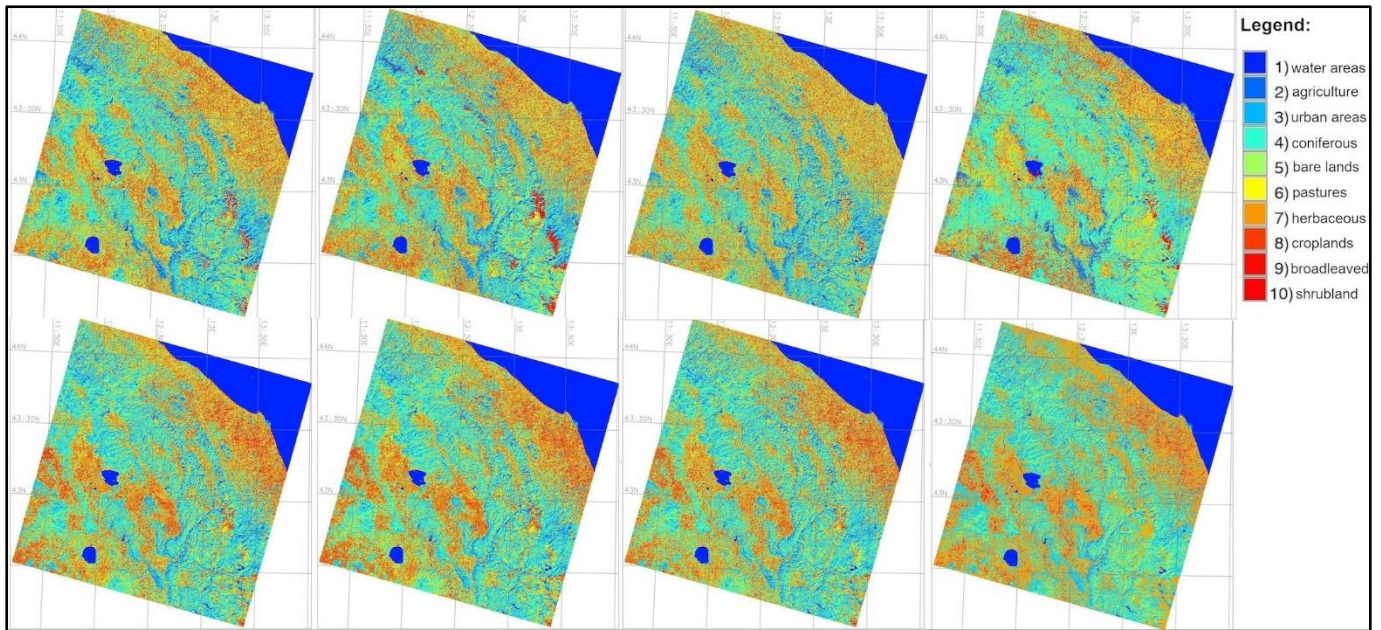


Figure 5. Time series analysis of satellite images on 2018: classified 10 key land cover types of Software: GRASS GIS. (Source: author).

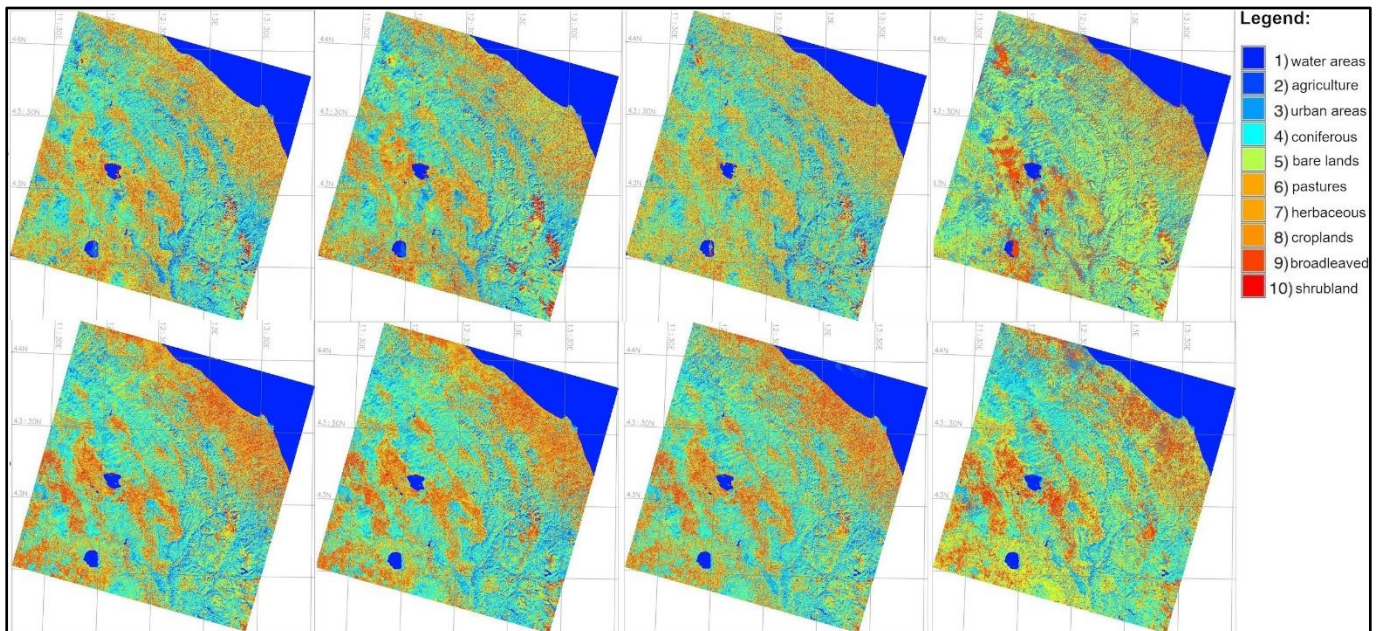


Figure 6. Time series analysis of satellite images on 2023: classified 10 key land cover types of Software: GRASS GIS. (Source: Author).

Bolsena and Lake Trasimeno – was studied by estimating and comparing land cover types by satellite image analysis. In this way, current study contributed to the environmental analysis, apart from existing studies that evaluated hydrological analysis of water interception and changes in shoreline detectable on the satellite images. In our study, we identified dynamics of land cover classes at different patterns of landscapes with an adjacent land cover type. To this end, the classified maps of 10 land cover types of composites were created using the available dataset, which are presented in (Figures 5) and (Figures 6) from the Landsat bands. The raw dataset illustrates the environmental changes in Central Italy that fluctuates from the wet period to the dry period with general calendar gap of 5 years (2018-2023).

In mountains, oscillations in hydrological patterns from seasonal spring flooding (including related hazards such as avalanches and landslides) to desiccation during summer heat indicate the progressively increasing aridity and desertification of the Central Apennines and mountainous

river network affected by regional droughts, impacts from the climate change and anthropogenic activities due to active crop cultivation (Ceotto, 1999). Two distinct seasons – dry from April to September and wet from October to March – distinctly divide the climate and environmental patterns, while the intra-seasonal water influx is unstable and depend on the mountainous streams forming occasional flash floods in Central Apennines. As for coastal regions along the coasts of the Adriatic Sea, unique landscapes create a habitat for ecosystems used by migrating birds and rare species as habitats. In these areas, the ability of wetland birds to predict rain fronts and showers using changes in pressure gradients enables them to rapidly find water available in reservoirs and coastal wetlands. This results in several migrating rare birds that use this region as a destination place during droughts in other regions of Italy.

Apart from the physiological aspect of water use by the plant, the capacity of vegetation around saline lake to act as a climate regulator is climatologically relevant at a local

scale for Central Apennines and the regional scale compared to southern regions of Italy prone to droughts. Severe droughts in recent years lead to disasters with consequences both for social well-being (agrarian sector) and environmental sustainability. Moreover, the experience of mountainous regions demonstrated high susceptibility to drought, sensibility of heat, increased the temperature and decreased the availability of water vapour in the air. Necessarily, such climate processes created feedback in the water cycle, affected the presence of dense vegetation, and caused land degradation, and decreasing the availability of water vapour.

5. Conclusion

The central contribution of this study lies in the use of ML within GRASS GIS for monitoring land cover changes in drought-prone Mediterranean environments. As a central added value of this paper, we demonstrated that ML technique of GRASS GIS software is a robust tool for image analysis by applying the state-of-the-art Random Forest (RF) approach to a RS corpus of data. The aim of this research was to classify a time series of images covering ecosystems near two lakes – Lake Bolsena and Lake Trasimeno – in various periods of the year in order to detect landscape dynamics. Currently, the studies focusing on central Italy are missing ML components for environmental remote sensing. However, the data analysis based on Earth observations will be expanded and environmental information will be retrieved using ML methods. Here, we presented the workflow of image processing by GRASS GIS using RF approach and illustrated gradual landscape changes in the surroundings of the Central Apennines. General performance of GRASS GIS demonstrated reliable results in image processing.

This research complements, in a climate-hydrological perspective, recent evidence that indicates that climate fluctuations play a key role in dampening heat extremes. With a case study of Central Apennines, we studied the selected region of vegetated terrestrial ecosystems above two lakes – Lake Bolsena and Lake Trasimeno. It also attributes to seasonal variations in precipitation that contribute to lacustrine ecosystems and surrounding vegetation. Using satellite images as time series enabled to highlight the role of linkage in the positive feedback between the heat, dry, cool and humid meteorological conditions and their effects on natural vegetation and lacustrine environment in Central Italy.

The capacity of the ecosystems around two lakes was quantified to reflect the scarcity of water and intercept water in the vegetation canopy using RS dataset. The analysed time series provided an estimate of the changes in contrasting land cover types in the lakes and mountains of Central Italy, and capacity in the two different seasons, a dry period with drought (summer months) and a wet period (autumn). The higher water storage capacity of the autumn-winter period depended on the lower temperatures and increased precipitation level, which was comparable in the time series of the satellite images. Such climate fluctuations typically represented by response of vegetation were relevant for the water cycle in central Italy and had a water-holding capacity higher in autumn periods, as assessed on the Landsat images for each scene. The landscape patches are more diversified and fragmented with more details detected for smaller

polygons both within and beyond the area of two lakes – Lake of Bolsena and Lake Trasimeno.

The frequency of land cover changes over central Italy was quantified and mapped in a drought-prone central region of the country and assessed the hydrological balance at basin of two lakes – Lake Bolsena and Lake Trasimeno – using satellite images in short-term perspective. As we are now facing a reduction of water vapour in the air due to the global climate change, this possibly causes future disruption of the positive feedback in the water cycle in terrestrial ecosystems. Hence, the presence of the vegetation in central regions of Italy represents a critical element for climate regulation. This evidence is in line with recent studies indicating the capacity of vegetation, even scarce patches, regulates extreme heat conditions in arid and Mediterranean environment of Italy.

Though ML has not been used widely in previous studies focused on central Italy so far, our study revealed that ML techniques combined with satellite images contributed to better understanding of the linkages between the environmental and climate processes. In this way, this study contributed to environmental monitoring of Central Apennines using Landsat-based spatial analysis. The comparison of the classified images enabled to analyse higher net precipitation (soil water recharge) during summer months due to the absence of runoff, and evaporative conditions inside the vegetation coverage.

Contribution of researchers

Polina Lemenkova: Editing, Analysis, Literature review, Modelling, Article writing.

Conflict Statement

The author declares no conflict of interests.

References

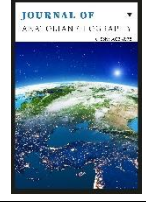
- Agnoletti, M. (2007). The degradation of traditional landscape in a mountain area of Tuscany during the 19th and 20th centuries: Implications for biodiversity and sustainable management. *Forest Ecology and Management*, 249(1-2), 5–17. doi:10.1016/j.foreco.2007.05.032
- Agnoletti, M., Emanuelli, F., Corrieri, F., Venturi, M. & Santoro, A. (2019). Monitoring traditional rural landscapes. The case of Italy. *Sustainability*, 11(21), 6107. doi:10.3390/su11216107
- Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1-2), 21–34. doi:10.1016/j.landurbplan.2003.10.002
- Baldini, E. (2003). *Notizie sull'olivicoltura Bolognese*. Accademia Nazionale di agricoltura.
- Ball, B.C. & Douglas, J.T. (2003). A simple procedure for assessing soil structural, rooting and surface conditions. *Soil Use and Management*, 19(1), 50–56. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2003.tb00279.x>
- Barbati, A., R. Salvati, B. Ferrari, D. Di santo, A. Quatrini, L. Portoghesi, D. Travaglini, F. Iovino, & S. Nocentini. (2012). Assessing and promoting old-growthness of forest stands: Lessons from research in Italy. *Plant Biosystems*, 146, 167–174. <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.650730>
- Batey, T. (2009). Soil compaction and soil management – a review. *Soil Use and Management*, 25(4), 335-345. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x>
- Boisvenue, C. & S. W. Running. 2006. Impacts of climate change on natural forest productivity—evidence since the middle of the

- 20th century. *Global Change Biology*, 12, 862–882. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01134.x>
- Brady, N. & R. Weil. 1999. *The nature and properties of soils*. Prentice-Hall.
- Calfapietra, C., Barbati, A., Perugini, L., Ferrari, B., Guidolotti, G., Quatrini, A. & Corona, P. (2015). Carbon mitigation potential of different forest ecosystems under climate change and various managements in Italy. *Ecosystem Health and Sustainability*, 1(8), 1–9. <https://doi.org/10.1890/EHS15-0023>
- Caparrini, F., Castelli, F. & Entekhabi, D. (2004). Estimation of surface turbulent fluxes through assimilation of radiometric surface temperature sequences. *Journal of Hydrometeorology*, 5(1), 145–159. [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2004\)005<0145:EOSTFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2004)005<0145:EOSTFT>2.0.CO;2)
- Cavalli, M., Trevisani, S., Comiti, F. & Marchi, L. (2013). Geomorphometric assessment of spatial sediment connectivity in small Alpine catchments. *Geomorphology*, 188, 31–41 <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.05.007>
- Ceotto, E. (1999). *Exploring cropping systems of the low Po Valley using the systems approach* [Unpublished master of science thesis]. Wageningen Agricultural University.
- Corbari, C. & Mancini, M. (2014). Intercomparison across scales between remotely-sensed land surface temperature and representative equilibrium temperature from a distributed energy water balance model. *Hydrological Sciences Journal*, 59(10), 1830–1843. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.946418>
- De Luca, A.I., Stillitano, T., Gulisano, G. & Toschi, T.G. (2024). A historical and social insight of olive groves and landscapes in Italy. In Muñoz-Rojas, J. & García-Ruiz, R. (Eds.), *The olive landscapes of the Mediterranean: Vol. 36. Landscape Series* (pp.133–141). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-57956-1_11
- Diehr, J., Ogunyiola, A. & Dada, O. (2025). Artificial intelligence and machine learning-powered GIS for proactive disaster resilience in a changing climate. *Annals of GIS*, 31(2), 287–300. <https://doi.org/10.1080/19475683.2025.2473596>
- Elshevy, M.A., Mohamed, M.H.A. & Refaat, M. (2024). Developing a soil salinity model from landsat 8 satellite bands based on advanced machine learning algorithms. *J Indian Soc Remote Sens*, 52, 617–632. <https://doi.org/10.1007/s12524-024-01841-1>
- Isaia, M., Siniscalco, C. & Badino, G. (2014). From rural to urban: Landscape changes in north-west Italy over two centuries. *Landscape History*, 35(1), 73–76. <https://doi.org/10.1080/01433768.2014.916914>
- Khan, Q., Liaqat, M. U. & Mohamed, M. M. (2021). A comparative assessment of modeling groundwater vulnerability using DRASTIC method from GIS and a novel classification method using machine learning classifiers. *Geocarto International*, 37(20), 5832–5850. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1923833>
- Klaučo, M., Gregorová, B., Koleda, P., Stankov, U., Marković, V. & Lemenkova, P. (2017). Land planning as a support for sustainable development based on tourism: A case study of Slovak rural region. *Environmental Engineering and Management Journal*, 16(2), 449–458. <https://doi.org/10.30638/eemj.2017.045>
- Klaučo, M., Gregorová, B., Stankov, U., Marković, V. & Lemenkova, P. (2013). Determination of ecological significance based on geostatistical assessment: A case study from the Slovak natura 2000 protected area. *Open Geosciences*, 5(1), 28–42. <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0120-0>
- Lemenkova, P. (2019). Generic mapping tools and matplotlib package of python for geospatial data analysis in marine geology. *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEgeo)*, 6(3), 225–237. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.567343>
- Lemenkova, P. (2020). Using R packages 'tmap', 'raster' and 'ggmap' for cartographic visualization: An example of dem-based terrain modelling of Italy, Apennine Peninsula. *Zbornik radova - Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu*, 68, 99–116. <https://doi.org/10.5937/zrgfub2068099L>
- Lemenkova, P. (2021). Distance-based vegetation indices computed by SAGA GIS: A comparison of the perpendicular and transformed soil adjusted approaches for the LANDSAT TM image. *Poljoprivredna tehnika*, 46(3), 49–60. <https://doi.org/10.5937/PoljTeh2103049L>
- Lemenkova, P. (2023). Using open-source software GRASS GIS for analysis of the environmental patterns in Lake Chad, Central Africa. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 74(1), 49–64. <https://doi.org/10.2478/boku-2023-0005>
- Lemenkova, P. (2024a). Random forest classifier algorithm of geographic resources analysis support system geographic information system for satellite image processing: Case study of Bight of Sofala, Mozambique. *Coasts*, 4(1), 127–149. <https://doi.org/10.3390/coasts4010008>
- Lemenkova, P. (2024b). Support vector machine algorithm for mapping land cover dynamics in Senegal, West Africa, using earth observation data. *Earth*, 5(3), 420–462. <https://doi.org/10.3390/earth5030024>
- Lemenkova, P. (2024c). Approche cartographique par le SIG GRASS pour l'analyse de la structure du paysage au Libéria, Afrique de l'Ouest. *Dynamiques environnementales*, 53, 1–36. <https://doi.org/10.4000/12n01>
- Lemenkova, P. (2025a). Improving bimonthly landscape monitoring in Morocco, North Africa, by integrating machine learning with GRASS GIS. *Geomatics*, 5(1), 5. <https://doi.org/10.3390/geomatics5010005>
- Lemenkova, P. (2025b). Automation of image processing through ML algorithms of GRASS GIS using embedded scikit-learn library of python. *Examples and Counterexamples*, 7, 100180. <https://doi.org/10.1016/j.exco.2025.100180>
- Lemenkova, P. (2025c). Land cover analysis in the Yangtze River Basin for detection of wetland agriculture and urban dynamics in Wuhan area (China). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 27(1), 1–16. <https://doi.org/10.2478/trser-2025-0001>
- Lemenkova, P. & Debeir, O. (2023). Time series analysis of landsat images for monitoring flooded areas in the Inner Niger Delta, Mali. *Artificial Satellites*, 58(4), 278–313. <https://doi.org/10.2478/arsa-2023-0011>
- Lindh, P. & Lemenkova, P. (2022). Permeability, compressive strength and proctor parameters of silts stabilised by Portland cement and ground granulated blast furnace slag (GGBFS). *Archive of Mechanical Engineering*, 69(4), 667–692. <https://doi.org/10.24425/ame.2022.141522>
- Lindh, P. & Lemenkova, P. (2023). Effects of water–binder ratio on strength and seismic behavior of stabilized soil from Kongshavn, Port of Oslo. *Sustainability*, 15(15), 12016. <https://doi.org/10.3390/su151512016>
- Mačić, V. (2014). Anatomical features of cymodocea nodosa growing in Montenegro (Adriatic Sea). *Journal of Black Sea / Mediterranean Environment*, 20(3), 253–263.
- Manzo, G., Tofani, V., Segoni, S., Battistini, A. & Catani, F. (2012). GIS techniques for regional-scale landslide susceptibility assessment: the Sicily (Italy) case study. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(7), 1433–1452. <https://doi.org/10.1080/13658816.2012.693614>
- Maselli, F., Chiesi, M. & Bindi, M. (2004). Multi-year simulation of Mediterranean forest transpiration by the integration of NOAA-AVHRR and ancillary data. *International Journal of Remote Sensing*, 25(19), 3929–3941. <https://doi.org/10.1080/01431160310001653546>
- Onofri, S., Anastasi, A., Del Frate, G., Di Piazza, S., Garnerò, N., Guglielminetti, M., ... & Zucconi, L. (2011). Biodiversity of rock, beach and water fungi in Italy. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 145(4), 978–987. <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.633117>

- Peres, D. J., Bonaccorso, B., Palazzolo, N., Cancelliere, A., Mendicino, G. & Senatore, A. (2023). A dynamic approach for assessing climate change impacts on drought: An analysis in Southern Italy. *Hydrological Sciences Journal*, 68(9), 1213–1228. <https://doi.org/10.1080/02626667.2023.2217332>
- Renda, W. & Giacobbe, S. (2021). First report of *Alvania scuderii* Villari, 2017 (Gastropoda: Mollusca) from Tyrrhenian Sea: Some biogeographic implications. *Aquatic Research*, 4(2), 208–213. <https://doi.org/10.3153/AR21016>
- Salvati, L. & Colantoni, A. (2013). Land use dynamics and soil quality in agro-forest systems: A country-scale assessment in Italy. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58(1), 175–188. <https://doi.org/10.1080/09640568.2013.849235>
- Salvati, L., De Zuliani, E., Sabbi, A., Cancellieri, L., Tufano, M., Caneva, G. & Savo, V. (2016). Land-cover changes and sustainable development in a rural cultural landscape of central Italy: Classical trends and counter-intuitive results. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24(1), 27–36. <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1193778>
- Tarolli, P. & Straffellini, E. (2020). Agriculture in hilly and mountainous landscapes: Threats, monitoring and sustainable management. *Geography and Sustainability*, 1(1), 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.03.003>
- Tecilla, G. & Cosner, A. (2024). The atlas of terraced landscapes of Trentino, Italy. In Agnoletti, M., Dobričić, S., Matteini, T. & Palerm, J.M. (Eds.), *Cultivating continuity of the European landscape: Vol. 15. Environmental History* (pp. 465-475). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25713-1_51
- Vessella, F. (2024). The role of historical cartography to evaluate the landscape evolution in the last two centuries: A case study in central Italy. *Landscape Research*, 50(1), 129–145. <https://doi.org/10.1080/01426397.2024.2377169>



© Author(s) 2025. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Antropojenik baskı yoğunluğu ile erozyon duyarlılığı ilişkisinin alt havza kapsamında analizi: Uluabat Gölü Havzası örneği

S. Murat Uzun^{1*} 

¹Marmara Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye.

Anahtar Kelimeler

Antropojenik Baskı
Erozyon Duyarlılığı
RUSLE Yöntemi
AHS
Uluabat Gölü Havzası

Araştırma Makalesi

Geliş: 08.06.2025
Kabul: 15.06.2025
Yayınlanma: 27.06.2025



Özet

Doğal ortam koşullarındaki antropojenik baskı yoğunluğu ve etkisinin artması dinamik süreçlerde farklı boyutlu değişimlere yol açabilmektedir. Jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik ve floristik unsurların çeşitli etkileşimi ile meydana gelen erozyonda da insan faaliyetlerinin doğrudan ve dolaylı etkileri olmaktadır. Bu etkiler bütüncül yaklaşımlarla incelenen ve sürdürülebilir planlaması yapılan üst ve alt ölçekli havzalarda analizlerle incelenmesi gereken ilk unsurların başında gelmektedir. Bu çalışmada da Uluabat Gölü drenaj havzası kapsamında antropojenik baskı yoğunluğu ile erozyon duyarlılığı ortaya konmuş, iki verinin etkileşim analizi 233 alt havza kapsamında değerlendirilmiştir. Araştırmada ilk olarak havzanın 10 farklı ana kriteri ve 58 alt kriteri ele alınarak Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile antropojenik baskı yoğunluğu verisi üretilmiştir. Daha sonra RUSLE yöntemi kullanılarak havzanın toprak kaybı ve erozyon duyarlılığı ortaya konmuştur. Elde edilen verilerin ortalaması alt havza kapsamında analiz edilmiş, doğal kırılım yöntemi ile her bir veri 5 kategorik sınıfa ayrılmıştır. Son olarak alt havzaların antropojenik baskı yoğunluğu ve erozyon duyarlılığı verileri korelasyona tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgulara göre havzanın %3'ünde yüksek düzeyde antropojenik baskı yoğunluğu saptanmıştır. Havzanın ortalama toprak kaybı miktarı 4,7 t/ha⁻¹/yıl⁻¹'dir. Alt havza tabanlı olarak antropojenik baskı yoğunluğu ile erozyon duyarlılığının 54 havzada yüksek-çok yüksek düzeyde korelasyon olduğu saptanmıştır. Her iki verinin yüksek düzeyde ilişkili olduğu alt havza miktarı toplam havzaların %23'ünü oluşturmaktadır. Özellikle Orhaneli batısı, Tavşancıl kuzeyi ve Dursunbey çevresindeki madencilik ve tarım faaliyetlerinin yoğun olduğu alt havzalarda, bu antropojenik faaliyetlerin erozyonu arttırdığı tespit edilmiştir.

Analysis of the relationship between anthropogenic pressure intensity and erosion susceptibility in sub-basin scope: Uluabat Lake Basin example

Keywords

Anthropogenic Pressure
Erosion Susceptibility,
RUSLE
AHP
Uluabat Lake Basin

Research Article

Received: 08.06.2025
Accepted: 15.06.2025
Published: 27.06.2025

Abstract

The increase in the intensity and impact of anthropogenic pressure in natural environmental conditions can lead to different dimensional changes in dynamic processes. Human activities have direct and indirect effects on erosion, which occurs with various interactions of geomorphological, climatological, hydrographic and floristic elements. These effects are among the first factors that should be analysed in upper and lower scale basins that are examined with holistic approaches and sustainable planning. In this study, anthropogenic pressure intensity and erosion susceptibility were revealed within the scope of Uluabat Lake drainage basin, and the interaction analysis of the two data was evaluated within the scope of 233 sub-basins. In the study, firstly, 10 different main criteria and 58 sub-criteria of the basin were considered and anthropogenic pressure intensity data were generated by Analytical Hierarchy Process (AHP). Then, the soil loss and erosion sensitivity of the basin was revealed by using the RUSLE method. The average of the obtained data was analysed within the scope of the sub-basin and each data was divided into 5 categorical classes by natural breaks method. Finally, the anthropogenic pressure intensity and erosion susceptibility data of the sub-basins were correlated. According to the findings, a high level of anthropogenic pressure intensity was found in 3% of the basin. The average soil loss of the basin is 4.7 t/ha⁻¹/year⁻¹. On a sub-basin basis, it was found that anthropogenic pressure intensity and erosion susceptibility were highly to very highly correlated in 54 basins. The amount of sub-basins where both data are highly correlated constitutes 23% of the total basins. Especially in the sub-basins west of Orhaneli, north of Tavşancıl and around Dursunbey where mining and agricultural activities are intensive, these anthropogenic activities are found to increase erosion.

1. Giriş

Doğal ortam koşulları farklı kökenli etmenler neticesinde benzerlik gösterdiği alanlara ayrılabilir. Bu bölgesel alanlar içerisinde dinamik süreç döngüleri birbirini tetikleyen ya da etkileyen işleyiş yapılarına sahiptir. Bu tür dinamik süreçlerin meydana geldiği ve bütüncül olarak ortak etkinin görüldüğü temel bölge alanların başında havzalar gelmektedir. Havza, terim olarak farklı kullanımlara sahiptir. Ancak temel olarak havzalar, fiziki coğrafya özellikle de jeomorfolojik ve hidrografik koşulların sınırlarını belirlediği, kendi içerisinde benzerlikler ve etkileşim bütünü barındıran alanlardır (Garipağaoğlu & Uzun, 2019). Jeomorfolojik olarak çevresini yüksek kütlelerin oluşturduğu, bu noktadan kaynaklanan birçok drenaj ağını barındıran ve daha alçak sahalara akış gösteren alanlar havza olarak sınıflandırılmaktadır (De Filippi & Sappa, 2024). Bu tür hidrografik havzalar temel olarak eksoreik, androreik ve areik havzalar olarak nitelendirilmektedir (Selçuk Biricik, 2009). Havzalar, fiziki ve beşeri coğrafya koşullarının yoğun etkileşim gösterdiği ve sonucunda farklı kökenli hadiselerin meydana geldiği sahalardır. Dolayısıyla jeomorfolojik süreç ve hidrografik koşulların baş aktör olduğu havzalarda diğer ortam koşulları ve antropojenik süreçlerin etkileşim ve ilişki boyutu da oldukça önemsenmektedir (Montgomery vd., 1995; Bremer vd., 2020). Bu bakımdan dünyada havza yönetim ve planlama çalışmaları bütüncül yaklaşımlarla değerlendirilmekte (AB su çerçeve direktifi vb.) ve fiziki-beşeri etkileşim boyutu ele alınmaktadır (Prodanovic & Simonovic, 2010; Garipağaoğlu & Uzun, 2021). Bu sayede havzadaki sürdürülebilir kullanım potansiyeli analiz edilmekte, risk ve tehlike boyutları için önlem modelleri oluşturulabilmektedir (Katusiime & Schütt, 2020).

Son 100 yıllık dönem içerisinde artan dünya nüfusu, kentleşme ve sanayileşmedeki artış, buna bağlı olarak talep ve ihtiyaçların artması özellikle doğal ortam koşullarındaki antropojenik baskı ile etkisinin çoğalmasına sebebiyet vermektedir (Szabó vd., 2010; Head vd., 2022). Bu durum küresel iklim değişikliği, çevresel sorunların artması, şehir ısı adası, habitat tahribatı ve parçalanması, edafik ve diğer koşullardaki inorganik madde miktarı yoğunluğu, hidrografik kuraklıkların çoğalması, afetlerdeki sıklığın yoğunlaşması gibi hadiselerle tezahür göstermektedir (De Montis vd., 2017; Bruno vd., 2024; Romanillos vd., 2024; Luengo vd., 2025). Bu nedenle bilim dünyasında jeolojik açıdan artık Antroposen döneminde olmamız gerektiği belirtilmektedir (Crutzen & Stoermer, 2000; Steffen vd., 2011). Bu dönem temel olarak artık bütün doğal dinamik süreçlerde insanın müdahale boyutunun olduğunu ve sonucunda meydana gelen koşullardaki değişimleri içermektedir (Ertek, 2023). Dolayısıyla artık yapılacak bütün analiz ve modellemelerde insanın doğal koşullardaki etkisinin önemli olduğu ele alınmaktadır (Ellis, 2017).

Günümüz dünyasında bütüncül bakış açısı ile incelenen havzalarda, herhangi bir alanda meydana getirilen antropojenik değişim ya da etkinin bütün havzayı etkileyebildiği varsayımı temel alınmaktadır (Grigg, 1999). Bu durum, fiziki ve beşeri coğrafya koşulları açısından benzer özellikleri barındıran havzalarda, alt havza ya da belli boyutlardaki kümelerde çeşitli etkileşim ve yoğunlaşmaların boyutlarını da belirlemektedir (Koontz & Newig, 2014). Belirtilen kapsam dahilinde havzaların yönetilmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin etkin kullanımı sonucu detaylı analizler hem havzanın

tamamı hem de alt havza kapsamında yapılabilmektedir (He, 2003; Wang vd., 2006; Vojtek & Vojtekova, 2016; Vulević & Dragović, 2017; Asgari, 2021). Analizler sonucu havzadaki temel unsurların ya da alt havzaların arasındaki korelasyon ya da kantitatif analiz sonuçları, sorunların azaltılması ve havzanın geleceğe dönük sürdürülebilir yönetiminde kullanılabilir. Dünyada ve Türkiye havza ya da alt havza tabanlı çalışmalarının birçoğu jeomorfolojik, hidrografik ya da sadece insan odaklı olmuştur. Son yıllarda bazı çalışmaların doğal ve beşeri ortam koşullarındaki dengeyi temel aldığı, ekolojik değişimlere odaklandığı görülmüştür (Uzun & Garipağaoğlu, 2022).

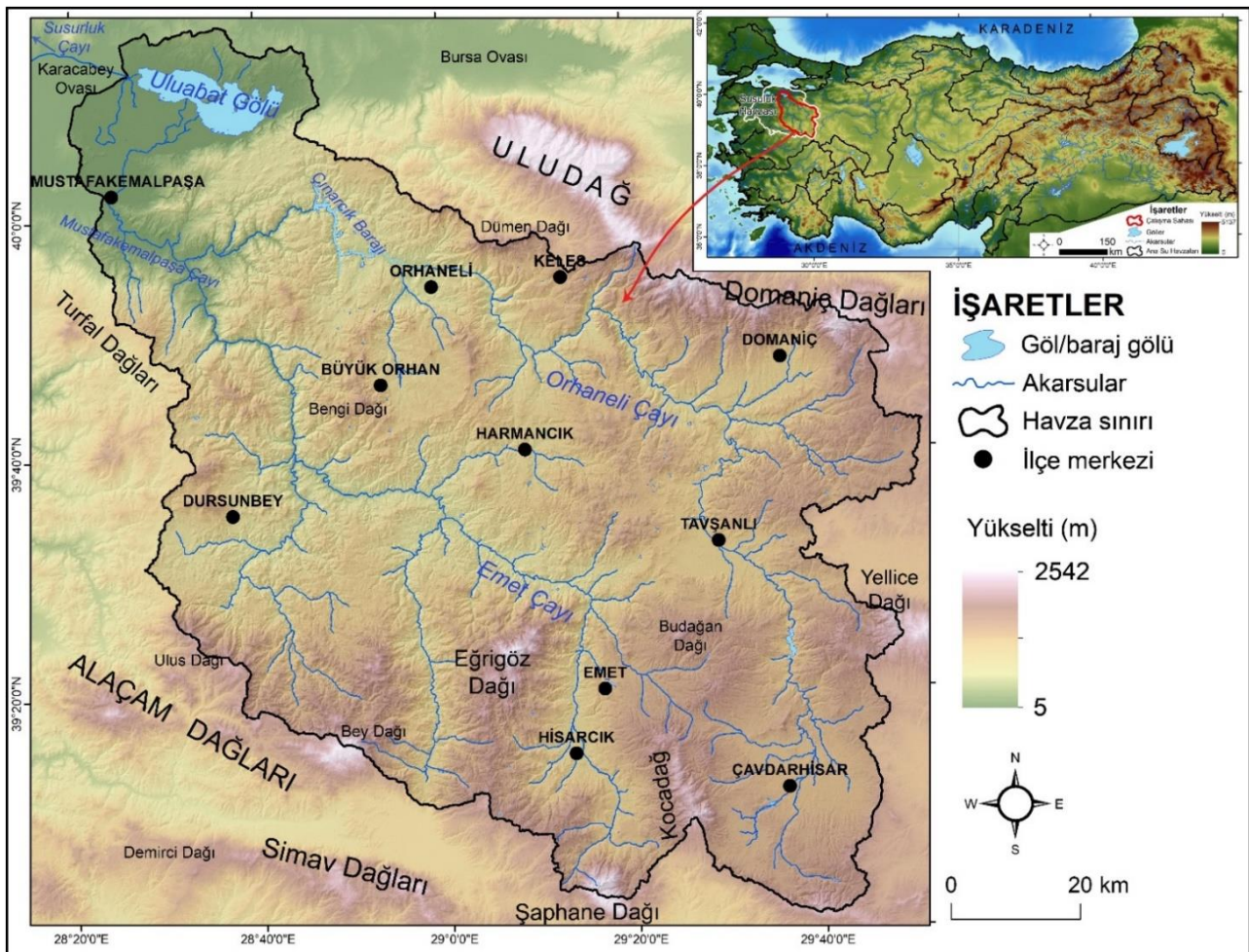
Havzalardaki antropojenik baskı yoğunluğu, havzada meydana gelen insan faaliyetlerinin bütün havzayı etkileme derecesi olarak ifade edilir (Pande, 2020). Çok çeşitli parametreler ile doğal-antropojenik etkileşim durumu meydana gelen baskının derecesini belirlemektedir. Ayrıca meydana gelen baskıdaki zamansal değişim ve artış havzalardaki ekosistemsel etkileyişi ve dinamik yapıyı da değiştirilebilmektedir (Amanambu & Mossa, 2024). Özellikle hassas alanlara sahip havzalardaki antropojenik baskı yoğunluğunun artması, yüzey ve yer altı drenaj ağı ile dinamik döngüde bütün süreçleri etkileyerek bütün havzada farklı reaksiyonlar gösterebilmektedir (Swain vd., 2020; Mudliar, & Koontz, 2021). Bu nedenle geniş alanlı havzalardaki alt havza tabanlı yapılacak antropojenik baskı yoğunluğu analizleri çevresel politikaların geliştirilmesi, koruma-kullanma ve geleceğe taşıma döngüsünün doğru planlaması ile doğal kaynak yönetiminde kararların sürdürülebilir şekilde alınması açısından oldukça önemlidir (Darghouth vd., 2008).

Erozyon ya da erozif faaliyetler, özellikle litolojik birimlerin üst katmanını oluşturan ve çeşitlilik gösteren edafik koşulların dış dinamik süreçler tarafından aşındırılması ve başka bir alanı taşınma sürecidir (Arnolds, 1977). Jeolojik, jeomorfolojik süreçlerle meydana gelen erozyon farklı morfojenetik bölgelerde çeşitli dış dinamik süreçlerle de oluşmaktadır (Sharma vd., 2025). Erozyonu etkileyen ve şiddetini belirleyen temel unsurlar litolojik birimler, jeomorfolojik unsurlar ve koşullar, klimatolojik özellikler, toprak ile bitki örtüsüdür (Danacıoğlu & Tağıl, 2017). Ancak insanoğlunun özellikle Neolitik Çağ ile birlikte tarımsal faaliyetlerinin sonucu olarak erozyona etki kapsamında başlayan ilk antropojenik etken süreçleri, günümüzde yoğun ve bilinçsiz arazi kullanımı, yanlış tarım yöntemleri, orman alanlarının tahribi ve madencilik faaliyetleri gibi süreçlerle çok ileri boyutları taşınmıştır (Tağıl, 2007). Bu tür insan faaliyetleri özellikle ekolojik dengeyi değiştirmekte, ekosistemsel dengesizlik oluşturmakta ve doğal dinamik süreçlerle meydana gelen erozyonun hızını arttırarak farklı boyutlarda sorunların ortaya çıkmasını tetiklemektedir (Mallick vd., 2025). Yapılan çalışmalar dünyada erozyon nedeniyle meydana gelen toprak kaybının artık %60'ından fazlasının doğrudan ve dolaylı olarak antropojenik etkenlerle meydana geldiğini ortaya koymaktadır (Gibbs & Salmon, 2015). Dünyanın dinamik döngüleri ile yüzeyel mikro süreçleri, tarımsal verimi, miktarı ve en önemlisi kullanılabilir suyun miktarı ile kalitesini etkileyen toprak erozyonu, belirtilen nedenlerden dolayı sürdürülebilir şekilde yönetilmesi gereken sorunların başında gelmektedir. Doğadaki tahribatın ve ortaya çıkan çevresel sorunların dışında, biyolojik yaşam ile insan faaliyetlerine doğrudan etkisi olan erozyon şiddetinin ve

duyarlılığının tespit edilmesi ve dağılışın saptanması amacıyla birçok yöntem ortaya atılmıştır. Gelişen teknoloji, CBS ve UA tekniklerinin kullanılması ile erozyon duyarlılık analizleri yapılabilmekte, sonuçlar yönetim ve planlama çalışmalarında kullanılabilmektedir (Karabulut & Küçükönder, 2008; Chen vd., 2010; Özşahin, 2014; Güney & Turoğlu, 2018; Demirağ Turan vd., 2020; Sud vd., 2024; Marouf vd., 2025). Özellikle havza tabanlı yapılan erozyon duyarlılık çalışmaları birçok faktörle ilişkilendirilerek sürdürülebilir yönetim ve planlama alanlarında önemli girdiler sağlamaktadır.

Ülkemizde artan nüfus neticesinde talep ve ihtiyaçların çoğalması doğal unsurlar ve süreçlerdeki antropojenik baskıyı arttırmıştır. Bu durum özellikle geniş alanlı havzalarda doğal-beşeri unsur etkileşiminin farklı boyutlara gelmesine, sorunların, geleceğe dönük tehditlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Havza tabanlı yönetim stratejilerinin temeli olan bütüncül ve sürdürülebilir yaklaşımlar ise havzalarda en küçük sorunun havzanın kendine has özellikleri çerçevesinde çözülmesini ele almaktadır (Daeghouth vd., 2008). Bu kapsamda yapılacak çalışmalar ise alt havza tabanlı analizlerle olabilmektedir. Belirtilen bütün kapsamlar ele alındığında bu çalışmada, doğal ve beşerî çeşitliliğin fazla olduğu aynı zamanda etkileşim ve sorun potansiyelini barındıran Ulubat Gölü drenaj havzasında (Mustafakemalpaşa Çayı, Emet Çayı ve Orhaneli Çayı havzaları) farklı kriterlerle antropojenik baskı yoğunluğu ile erozyon duyarlılığının saptanması ve bu iki sürecin etkileşim boyutunun alt havza (233 alt havza) analizlerinin yapılması amaçlanmıştır.

Araştırma sahası, Marmara Denizi akarsuları havzasının en geniş sahasını oluşturan Susurluk Havzası'nın batı kesimini oluşturmaktadır. İnceleme sahası, Uluabat Gölü'nü besleyen gölün kuzeyindeki akarsular ile güneyden gelen Orhaneli Çayı, Emet Çayı ile bu iki akarsuyun birleşmesiyle oluşan Mustafakemalpaşa Çayı'nın havzalarından oluşturmaktadır (Şekil 1). Kuzeybatıdaki göl gideğeni olan Uluabat Çayı'da inceleme sahası kapsamında yer alır. Havzanın kuzey sınırını Karacabey-Bursa ovası eşiği, kuzeydoğusunu Uludağ, doğusunu Domaniç Dağları ve Yellice Dağı, güneyini Murat Dağı kuzeyindeki tepelik sahalar, Şaphane Dağı ve Simav oluşu, güneybatısını Alaçam Dağları, batısını Turfal Dağları oluşturmaktadır. Havza coğrafi koordinat sistemine göre 28°20'-29°45' doğu boylamları ile 39°05'-40°15' kuzey enlemleri arasında yer alır. Havzanın Uluabat Gölü dahil toplam alanı 10623,2 km²'dir. Uzun yıllar ve mevsimlik değişkenlik gösteren Uluabat Gölü'nün son yıllardaki ortalama yüzey alanı ise 110,8 km²'dir (Uzun, 2024). Havzayı drene eden, takribi GD-KB yönünde akış gösteren iki temel akarsu ağı bulunmaktadır. Kuzey kesimde Orhaneli Çayı, güneyde ise Emet Çayı birleşerek Mustafakemalpaşa Çayı oluşturmakta ve bu akarsu ağı Uluabat Gölü'ne dökülmektedir. Havzanın belirtilen kısmı andoreik özelliktedir. Ancak Uluabat Gölü'nün çıkış olan Uluabat Çayı'nın Susurluk Havzası'na bağlanması ve bu havzanın Kocasu ile Marmara Denizi'ne dökülmesi geniş çerçevede eksoreik havza özelliğinin olduğunu göstermektedir. DSI'nin yaptığı (2012) Türkiye'nin ana su havzaları sınıflandırmasında araştırma sahası Susurluk Çayı Havzası içerisinde yer almaktadır.



Şekil 1. Uluabat Gölü drenaj havzasının konumu, sınırları, Sayısal Yükselti Modeli (SYM)

Havzanın kuzey kesimindeki Karacabey Ovası'nda jeolojik açıdan daha genç birimler güney kesimde ve özellikle yüksek kütlelerde daha yaşlı litolojik birimler gözlemlenmektedir. Havzanın en yüksek yeri Uludağ'ın güneydoğu kesiminde 2400 m iken kuzeyde Uluabat Gölü'nün bulunduğu Karacabey depresyonunda yükselti 5 m'dir. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre havzanın kuzey kesimi, Emet Çayı, Orhaneli Çayı vadi yakınlarında Csa (Kışla ılıman yazları kurak Akdeniz iklimi), Mustafakemalpaşa'dan itibaren havzanın yukarı çıkışının tamamında Csb ve muhtelif yükseltilerde Dsb iklim türleri görülmektedir (Taşoğlu vd., 2024). Havzanın ortalama yükseltisi 850 m olup ortalama eğim değeri 12,2°'dir. Havzanın % 36'sı ormanlarla kaplıdır. Havzada 3 farklı il (Bursa, Balıkesir ve Kütahya) içerisinde yer alan toplam 11 ilçe yerleşim merkezi bulunmaktadır. Havza sınırları içerisinde linyit, bor ve diğer madenler olmak üzere Orhaneli, Tavşanlı, Emet, Hisarcık çevrelerindeki birçok alanda açık madencilik faaliyetleri yapılmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmada materyal olarak Harita Genel Müdürlüğü'nden alınan 1:25.000 ölçekli topografya paftaları, MTA'dan alınan 1:500.000 ölçekli jeoloji haritası, Bursa ve Balıkesir ili hidrojeoloji haritaları, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden havza sınırları içerisindeki 11 istasyona ait rasat verileri, Toprak Reformu Genel Müdürlüğü'nden büyük toprak grupları verisi, açık kaynak verisi sunan OpenStreetMap (OSM) üzerinden yol ağı verisi ve Copernicus'dan 02.07.2024 tarihli Sentinel 2 MSI multispektral uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Araştırmada doğal ve beşeri ortam koşullarının etkileşimini içeren antropojenik baskı yoğunluğu ve havzanın erozyon duyarlılığı analizleri için iki alt basamakta farklı sistematiğe ortaya konmuştur (Şekil 2). İlk olarak ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılarak topografya paftalarından çalışma sahasının SYM'si oluşturulmuş, hidrolojik analiz ile havzanın drenaj ağı ve kesin sınırları belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra birçok ana ve alt kriter kullanılarak antropojenik baskı yoğunluğu verisi üretilmiştir. Çok fazla kriterin olması ve aralarındaki ilişki düzeyinin saptanabilmesi için çalışmada AHS yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra ise dünyada birçok çalışmada kullanılan RUSLE yöntemi ile havzanın erozyon duyarlılık verisi oluşturulmuştur. Bu çalışmada farklı arazi kullanımlarının olmasından dolayı daha verimli sonuçlar veren RUSLE yöntemi tercih edilmiştir.

Çalışmada havza yönetim ve planlamasına yönelik bulgular ortaya koymak için Uluabat Gölü drenaj havzası 233 alt havzaya ayrılmıştır. Daha sonra jeo-istatistiksel analizler kullanılarak her alt havzanın ortalama antropojenik baskı yoğunluğu ve erozyon duyarlılığı ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu değerler her alt havzanın antropojenik baskı yoğunluğu ve erozyon duyarlılığı ana değerini ifade eder. Daha sonra doğal kırılım (natural breaks) yöntemi ile her iki bulgu verisi 5 kategorik sınıfa ayrılmıştır (Jenks, 1967; Ke vd., 2023). Son olarak ise edilen her iki veri aralarındaki etkileşim açısından korelasyona tabi tutulmuş ve alt havza kapsamında incelenmiştir. Böylece antropojenik baskı yoğunluğunun erozyon duyarlılığına nasıl etki ettiği alt havza kapsamında kantitatif olarak ortaya konmuş, elde edilen bu veriler havza planlaması için değerlendirilmiştir.

2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile Antropojenik Baskı Yoğunluğu Analizi

Çalışmada doğal ve beşeri faktörlerin karşılıklı etkileşimde, insan faktörünün dinamik süreç ve morfolojiyi değiştirme etkisinin yaptığı baskı yoğunluğu analiz edilmiştir. Bunun için Dünyadaki birçok çalışma temel alınmış ve havzanın göreceli özelliklerine göre 10 ana kriter belirlenmiştir (Sofia vd., 2016; Tarolli % Sofia, 2016; Tarolli vd., 2019; Zhang vd., 2023; Romanillos vd., 2024; Uzun, 2024; Luengo vd., 2025). Bu kriterlerin 5'i doğal, 5'i beşeri faktörleri temsil etmektedir. Doğal faktörlerden eğim verisi havzanın SYM'si üzerinden üretilmiştir. Akarsuya mesafe verisi ana akarsu ağının oluşturulması ve tampon (buffer) özelliği ile üretilmiştir. Göl, gölet ve baraj gölü mesafe verileri ise Sentinel uydu görüntüsü üzerinden polygon olarak çizilen su kaynaklarına tampon tekniğinin uygulanması ile oluşturulmuştur. Geçirimsizlik verisi, MTA'dan alınan jeoloji, Bursa ve Balıkesir illeri hidrojeoloji haritalarından üretilmiştir. Havzanın Normalleştirilmiş Bitki Fark İndisi (NDVI) verisi Sentinel uydu görüntüsü bantlarına uygulanan $NDVI = (PNIR - Pgreen) / (PNIR + Pgreen)$ formülü üzerinden oluşturulmuştur (Myneni vd., 1995). Antropojenik etki derecesi verisi Sentinel uydu görüntüsünün elektromanyetik spektrum değerinin düşük ve yüksek olmasına göre sınıflandırılmıştır. Buna göre yüksek enerjili renkler (yeşil, mavi vb.) düşük baskıyı, düşük enerjili renkler (kırmızı, kahverengi vb.) yüksek baskıyı ifade etmektedir. Elde edilen 10 ana kriter kategorik sınıflara ayrılarak 58 alt parametre üretilmiştir. Ana ve alt kriterlere göre antropojenik baskı yoğunluğunun dağılımını saptamak için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) içerisinde yer alan Analitik Hiyerarşi Süreci-Prosesi (AHS-AHP) kullanılmıştır (Saaty, 1980). AHS, birbiri ile ilişkili nitel ve nicel kriterler ile bunların alt kriterlerinin istatistiksel algoritmalar üzerinden yapılan analizlerin ve sezgisel olarak yorumlanan bütün kriterler arasındaki korelasyon derecesini, mesafesini ve ilişki düzeyini ortaya koyan, karar alma mekanizmalarında kullanılan ve sonuç olarak dağılım verisi üretilen oldukça kullanışlı bir yöntemdir. (Saaty, 2004; Saaty & Vargas, 2012).

AHS'de işlem basamağının ilk sırasında kriterler arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır. AHS matrisi, çalışmada kullanılan ana ve alt (alternatif) kriterlerin ilişki derecesini ortaya koyar. Karşılaştırmalarda, her bir kriterin etkileşim verisine çalışmanın hedefi doğrultusunda önem derecesi açısından kantitatif değerler verilir (Saaty, 1990). Karşılaştırma matrisinde n sayıdaki eleman n (n-1)/2 formülü ile hesaplanmaktadır. Daha sonra Bi verisi, aynı satırdaki tüm sayısal değerlerin toplanarak her bir elemanın sayısının n eleman sayısına bölünmesi ile bulunmaktadır. Yapılan bu matematiksel işlemler ile kriter ağırlıklarının belirlendiği C matrisi elde edilir.

$$B_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n}$$

Formüllerdeki C matrisinin normalleştirilmiş sayısal değerleri kriter ağırlığı ile hesaplanır. Kriter ağırlıkları yukarıda belirtilen Wi formülüne göre bulunmaktadır. AHS'de daha sonra C matrisinde bulunan verilerin toplam değerler sütunu ile çarpımı sonucu ağırlıklı toplam değeri (Di) ortaya konur. Bütün işlemler sonucu, ana ve alt kriterlerin ağırlık değerleri, toplam ağırlık değerleri tespit edilmiş ve etki sıralaması bulunmuştur. AHS formüllerle

elde edilen etki değerlerinin yapılan analizlerin amacına uygunluğu ve kullanılabilirlik durumu, tutarlık indeksi (CI), tutarlık oranı (CR) ve rastgele indeksi (RI) ile açıklanmaktadır (Saaty, 2004). Tutarlık indeksinin (CI) hesaplanması için E_i değerinin bilinmesi gereklidir. E_i değeri, her kriterin ağırlıklı toplam değerlerinin (D_i) aynı verideki kriter ağırlığına bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Hesaplanan değerlerin ortalaması λ_{max} değerini verir. Ortaya konan değer tutarlılık indeksi (CI) n değerleri ile hesaplanarak sonuç değeri bulunmaktadır. Rastgele indeksi ise Saaty (1980) tarafından ortaya konan kriter sayısına göre belirlenmektedir (Saaty, 1980).

$$E_i = \frac{D_i}{W_i} \quad (i, 1, 2, \dots, n) \quad \lambda = \sum_{i=1}^n E_i / n$$

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad CR = CI / RI$$

Tutarlık oranı (CR), tutarlılık indeksi (CI) sonucunun rastgele indeksi (RI) değerine bölünmesi ile tespit edilmektedir. Hesaplanan sonuç değeri 0,10'dan büyük ise karşılaştırmanın hatalı (tutarsız) olduğunu ve verinin kullanılamayacağını, eğer hesaplanan değer 0,10'dan küçük ise kriterler arasındaki karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğunu ve değerlerin amaca uygun şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Çalışmada antropojenik baskı yoğunluğu için 10 ana kriter arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra 10 ana kriter ve 58 alt kriterin CR, CI ve RI değerleri hesaplanarak ArcGIS raster calculator aracı ile dağılış haritası üretilmiştir.

2.2. RUSLE Yöntemi ile Erozyon Duyarlılık Analizi

Günümüzde erozyon duyarlılığının modellenmesi ve dağılış verilerinin üretilmesinde CBS ve UA teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak birçok yöntem kullanılmaktadır (İmamoğlu vd., 2014; Haidara vd., 2019; Karakoca, 2025). İlk modellerden biri olan Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (Universal Soil Loss Equation-USLE) genel olarak tarımsal arazilerde birçok faktörü ele alarak bütüncül yaklaşımla erozyon duyarlılığını tahmin etmektedir (Sharma vd., 2025). Daha sonra bu yöntem Renard ve ark., (1994) tarafından geliştirilmiş ve revizyonların uygulanmasıyla RUSLE ismini almıştır (Renard vd., 1994). RUSLE modelinin avantajlı yanı sadece tarım alanı değil aynı zamanda diğer antropojenik faaliyetlerin olduğu sahalar ile orman ve çalılık alanlarda da erozyon duyarlılığını hesaplayabilmesidir (Danacıoğlu & Tağıl, 2017). Bu çalışmada da antropojenik baskı yoğunluğu erozyon ilişkisi temel alındığı için erozyon duyarlılığı analizinde RUSLE yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, uzun dönemsel periyot kapsamında su etkisi ile oluşan yüzey erozyon sonucundaki toprak kaybını ton/hektar/yıl cinsinden hesaplamakta ve duyarlılık dağılışını ortaya koymaktadır (Renard vd., 2011). RUSLE yönteminde 6 temel faktör verileri ile analiz yapılmaktadır. RUSLE yöntemi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Renard vd., 1994).

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Yukarıdaki formülde, A, ortalama yıllık toprak kaybını ton/hektar/yıl cinsinden ifade eder, R, yağış aşındırma faktörünü, K, toprak erozyon duyarlılığı faktörü, L, eğim uzunluğu ve dikliği faktörü, C, arazi örtüsü/arazi kullanımı etki faktörü ve P, erozyon kontrol faktörüdür.

RUSLE modelinde kullanılan R faktörü, erozyonu etkileyen diğer etmenlerin sabit olduğu kabul edilerek,

toprak kayıplarının yağış verisi ile orantılı olduğu varsayımı ele alınmaktadır (Tağıl, 2007). K faktörü (yağış) erozyon indeksi ile hesaplanır. Bu hesaplamada yağışının toplam kinetik enerjisi ve maksimum yağış yoğunluğu ele alınarak gerekli işlemler yapılmaktadır. Ancak bu hesaplamada mutlaka incelenen alana ait yağış yoğunluğu ve yağış süresi biliniyorsa analiz gerçekleştirilebilir. Dünyada birçok ülkede yağış yoğunluğu verisi olmadığı için K faktörünü hesaplayabilmek amacıyla Arnolds (1977) tarafından geliştirilen ve özellikle CBS yazılımları ile uygulanabilen formül aşağıdaki kullanılmaktadır (Arnolds, 1977).

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{1.5 \log p_i / 2 / p - 0.8188}$$

Formülde R, Yağış aşındırma faktörü, P_i : Aylık ortalama yağış miktarı, P: Yıllık ortalama yağış miktarını ifade etmektedir.

Modeldeki K faktörü toprak türünün erozyon karşısındaki hassasiyet derecesini ifade etmektedir. K faktöründe toprağın yapısal özellikleri ve erozyon duyarlılık potansiyeli ele alınır. Çalışmada büyük toprak grupları verisi üzerinden Wischmeir ve Smith'in (1978) oluşturduğu standart grafikteki katsayı değerleri ele alınarak K faktörü hesaplanmıştır (Wischmeir & Smith, 1978).

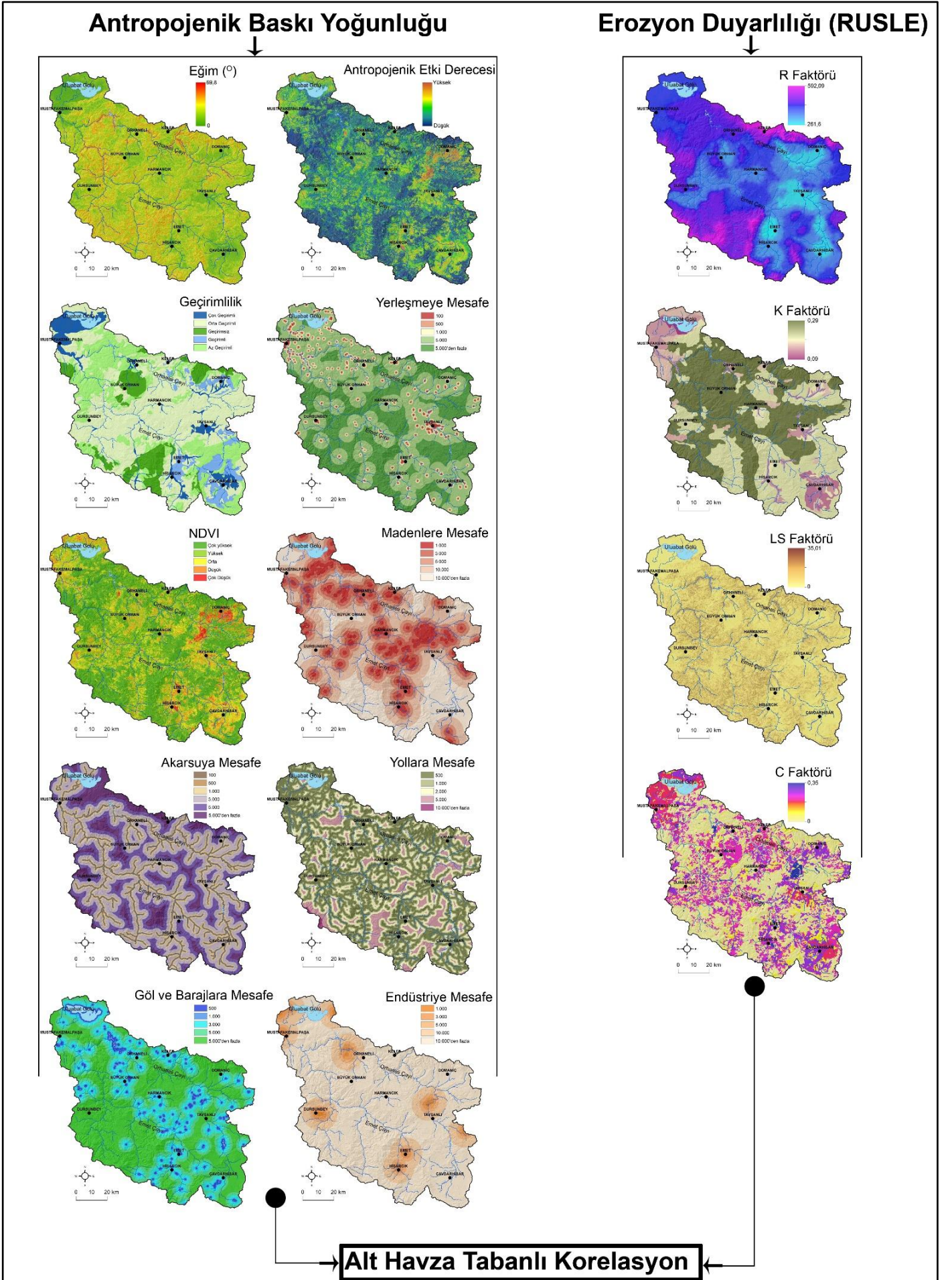
RUSLE modelinde LS faktörü eğim uzunluğu ve eğim dikliğini ifade etmektedir. Genel olarak eğim uzunluğu, eğim değerinin değişmediği bölgelerde eğim yöneliminin maksimum mesafesini, eğim dikliği ise eğimin erozyon üzerindeki potansiyel etki derecesini ortaya koymaktadır (Lu vd., 2004). Bu çalışmada, araştırma sahasının Sayısal Yükselti Modeli (SYM) verisi üzerinden ArcGIS 10.5 yazılımındaki raster calculator aracı kullanılarak aşağıdaki LS formülünün uygulanması ile hesaplamalar yapılmıştır.

$$LS = Power("Fac" * R / 22.1, 0.4) * Power(Sin("E" * 0.1745) / 0.9, 1.4) * 1.4$$

Formülde LS, eğim uzunluğu ve dikliğini, Fac, akım birikimini, R, SYM'nin çözünürlüğünü ve E, eğim şeklini ifade etmektedir (Moore & Burch, 1986).

Modeldeki C faktörü, arazi kullanımı/arazi örtüsü değişkenlerinin erozyona karşı duyarlılık derecesini ifade etmektedir. Çalışmada C faktörü değerlerinin ortaya konması için ilk olarak 02.07.2024 tarihli Sentinel 2 MSI uydu görüntüsünün radyometrik çözünürlükleri ayarlanmış, daha sonra kontrollü sınıflandırma yöntemi ve maksimum olabilirlik ilişkisi sistematigi kullanılarak 9 farklı sınıf kapsamında arazi kullanımı/arazi örtüsü verisi üretilmiştir. Daha önce yapılan çalışmaların incelenmesi ile arazi kullanımı/arazi örtüsü sınıflarına katsayı değerleri girilmiştir (Danacıoğlu & Tağıl, 2017). Bu bakımdan yüzeyde mutlak suretle vejetasyonun bulunduğu, toprak nemin fazla olmasına neden olan örtülerin erozyonu en az indirdiği, yüzeydeki bitki örtüsünün kaldırıldığı çıplak arazilerde ise erozyon duyarlılığının arttığı varsayımı ele alınmıştır (Choi vd., 2013; Panagos vd., 2015).

RUSLE modelindeki P faktörü, erozyon kontrolünü etkileyen ve göreceli olarak değişkenlik gösteren parametreleri ifade etmektedir. Bu tür verilerde toprak korumaya yönelik uygulamaların eksikliğinin olması gibi sebeplerle hesaplanamayan P değeri için 1 sabit değeri kullanılmaktadır (Renard vd., 1994). Bu çalışmada da P faktörü değerinin belirlenme güçlüğünden dolayı 1 değeri kullanılmıştır.



Şekil 2. Antropojenik baskı yoğunluğu ve RUSLE yöntemi erozyon duyarlılık dağılışıda kullanılan ana kriterler

3. Bulgular

3.1. Uluabat Gölü Drenaj Havzasının Antropojenik Baskı Yoğunluğu ve Erozyon Duyarlılığı Analizleri

Araştırmada ilk olarak Uluabat Gölü drenaj havzasının antropojenik baskı yoğunluğunun modellenmesi için 10 ana kriter ve 58 alt parametrenin AHS yöntemindeki katsayı değerleri hesaplanmıştır (Tablo 1). AHS analizine göre

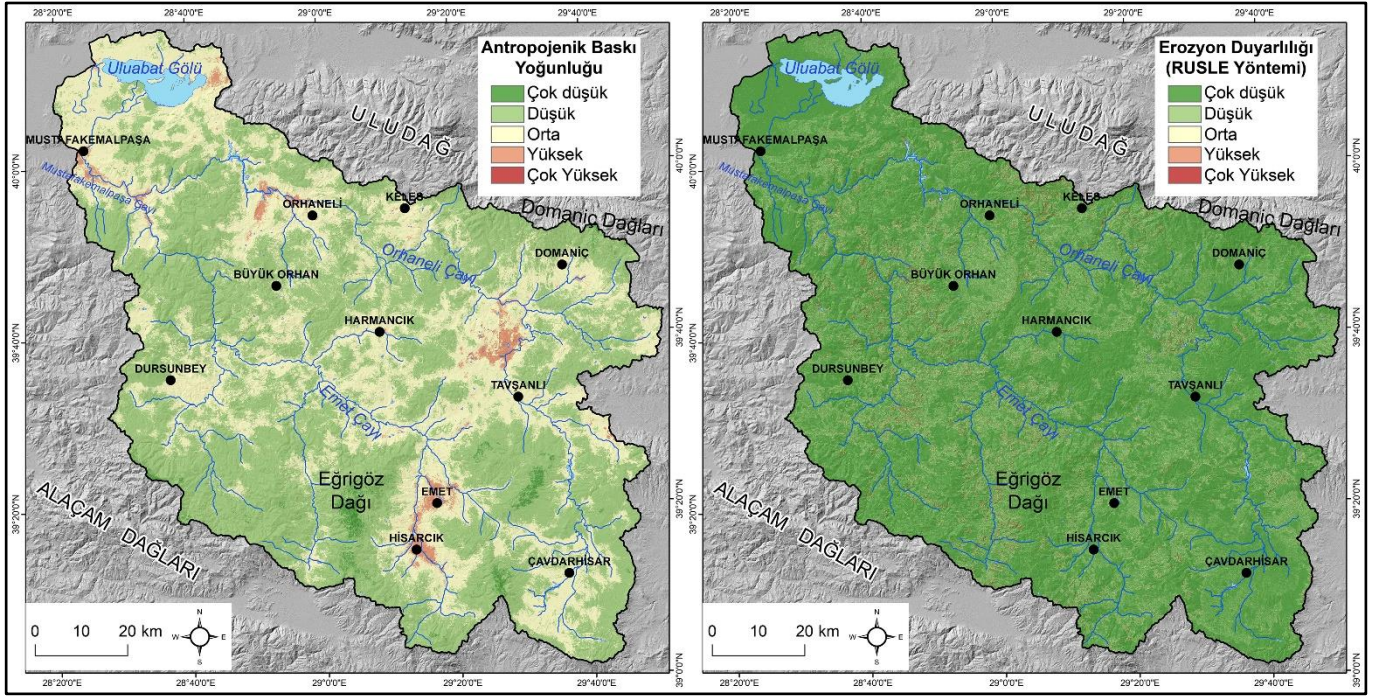
tutarlılık indeksi (CI) 0,056, tutarlılık oranı (CR) 0,038, rastgele indeksi (RI) 1,49 olarak hesaplanmış ve verilerin kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur. Daha sonra ise RUSLE yöntemi ana kriter değerleri belirlenmiş ve havzanın piksel tabanlı olarak erozyon duyarlılık dağılışı ortaya konmuştur (Şekil 3).

Tablo 1. Antropojenik baskı yoğunluğu AHS yöntemindeki sayısal değerler

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Ağırlığı	Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Ağırlığı
1) Eğim (°)	0,112	1,191	6) Antropojenik Etki Derecesi	0,307	3,34
0-2	0,024	0,19	1	0,024	0,19
2-5	0,034	0,27	2	0,034	0,27
5-10	0,049	0,402	3	0,049	0,402
10-15	0,073	0,604	4	0,073	0,604
15-20	0,107	0,89	5	0,107	0,89
20-30	0,156	1,32	6	0,156	1,32
30-40	0,227	1,94	7	0,227	1,94
40-69	0,326	2,77	8	0,326	2,77
CI:0,041 - CR: 0,029 - RI: 1,41			CI:0,041 - CR: 0,029 - RI: 1,41		
2) Geçirimsizlik	0,015	0,158	7) Yerleşmeye Mesafe (m)	0,082	0,858
Çok geçirimsiz	0,416	2,12	100	0,416	2,12
Geçirimsiz	0,261	1,33	500	0,261	1,33
Orta Geçirimsiz	0,161	0,814	1000	0,161	0,814
Az geçirimsiz	0,098	0,495	5000	0,098	0,495
Geçirimsiz	0,062	0,314	5000'den fazla	0,062	0,314
CI:0,017 - CR: 0,015 - RI: 1,12			CI:0,017 - CR: 0,015 - RI: 1,12		
3) NDVI	0,121	1,31	8) Madenlere Mesafe (m)	0,205	2,251
Çok yüksek	0,062	0,314	1000	0,416	2,12
Yüksek	0,098	0,495	3000	0,261	1,33
Orta	0,161	0,814	5000	0,161	0,814
Düşük	0,261	1,33	10000	0,098	0,495
Çok Düşük	0,416	2,12	10000'den fazla	0,062	0,314
CI:0,017 - CR: 0,015 - RI: 1,12			CI:0,017 - CR: 0,015 - RI: 1,12		
4) Akarsuya Mesafe (m)	0,41	0,420	9) Yollara Mesafe (m)	0,058	0,592
100	0,379	2,35	500	0,416	2,12
500	0,248	1,54	1000	0,261	1,33
1000	0,16	0,98	2000	0,161	0,814
3000	0,10	0,62	5000	0,098	0,495
5000	0,06	0,39	5000'den fazla	0,062	0,314
5000'den fazla	0,04	0,26	CI:0,017 - CR: 0,015 - RI: 1,12		
CI:0,024 - CR: 0,019 - RI: 1,24			10) Endüstriye Mesafe (m)	0,29	0,293
5) Göle/Baraja Mesafe (m)	0,20	0,209	1000	0,416	2,12
500	0,416	2,12	3000	0,261	1,33
1000	0,261	1,33	5000	0,161	0,814
3000	0,161	0,814	10000	0,098	0,495
5000	0,098	0,495	10000'den fazla	0,062	0,314
5000'den fazla	0,062	0,314	CI:0,017 - CR: 0,015 - RI: 1,12		
CI:0,017 - CR: 0,015 - RI: 1,12			CI:0,017 - CR: 0,015 - RI: 1,12		

Uluabat Gölü akaçlama havzasında antropojenik baskı yoğunluğunun düşük olduğu sahalar havza toplam alanının %55'ini, orta düzeyde olduğu sahalar %42'sini ve yüksek düzeyde olduğu alanlar ise %3'ünü meydana getirmektedir. Araştırma sahasında antropojenik baskı yoğunluğu dağılışı bulguları değerlendirildiğinde, özellikle çok yüksek yoğunluğun olduğu sahaların Emet, Hisarcık ve Tavşanlı yakınlarındaki maden alanlarında olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 3). Yüksek yoğunluklar ise Uluabat Gölü'nün doğu kesimi, Mustafakemalpaşa, Çınarcık barajının güneydoğusu, Orhanlı, Tavşanlı'nın kuzeybatısındaki maden sahası, Emet ve Hisarcık yerleşmeleri yakınlarındaki maden sahalarında olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü akaçlama havzasının RUSLE yöntemi ile yıllık toprak kaybı modellenmiştir. Bu modele göre havzada toprak kaybı miktarı 0 – 132,47 t/ha⁻¹/yıl⁻¹ arasında değişmektedir. Havzanın ortalama toprak kaybı miktarı 4,7 t/ha⁻¹/yıl⁻¹'dir. Havzada toprak kaybı miktarı ile erozyona duyarlı sahaların yüksek olduğu alanlar özellikle bitki örtüsünden yoksun ya da zayıf olduğu alanları ile eğimin daha dik yapıya sahip olduğu alanlardan oluşmaktadır (Şekil 3). Bu sahaların dışında madencilik faaliyeti ya da farklı süreçlerle çıplak yüzeye dönüştürülmüş sahalarda erozyon duyarlılığın yüksek olduğu ya da toprak kaybı miktarının fazla olduğu diğer sahaları meydana getirmektedir.



Şekil 3. Uluabat Gölü havzasının antropojenik baskı yoğunluğu ve erozyon duyarlılık dağılışı.

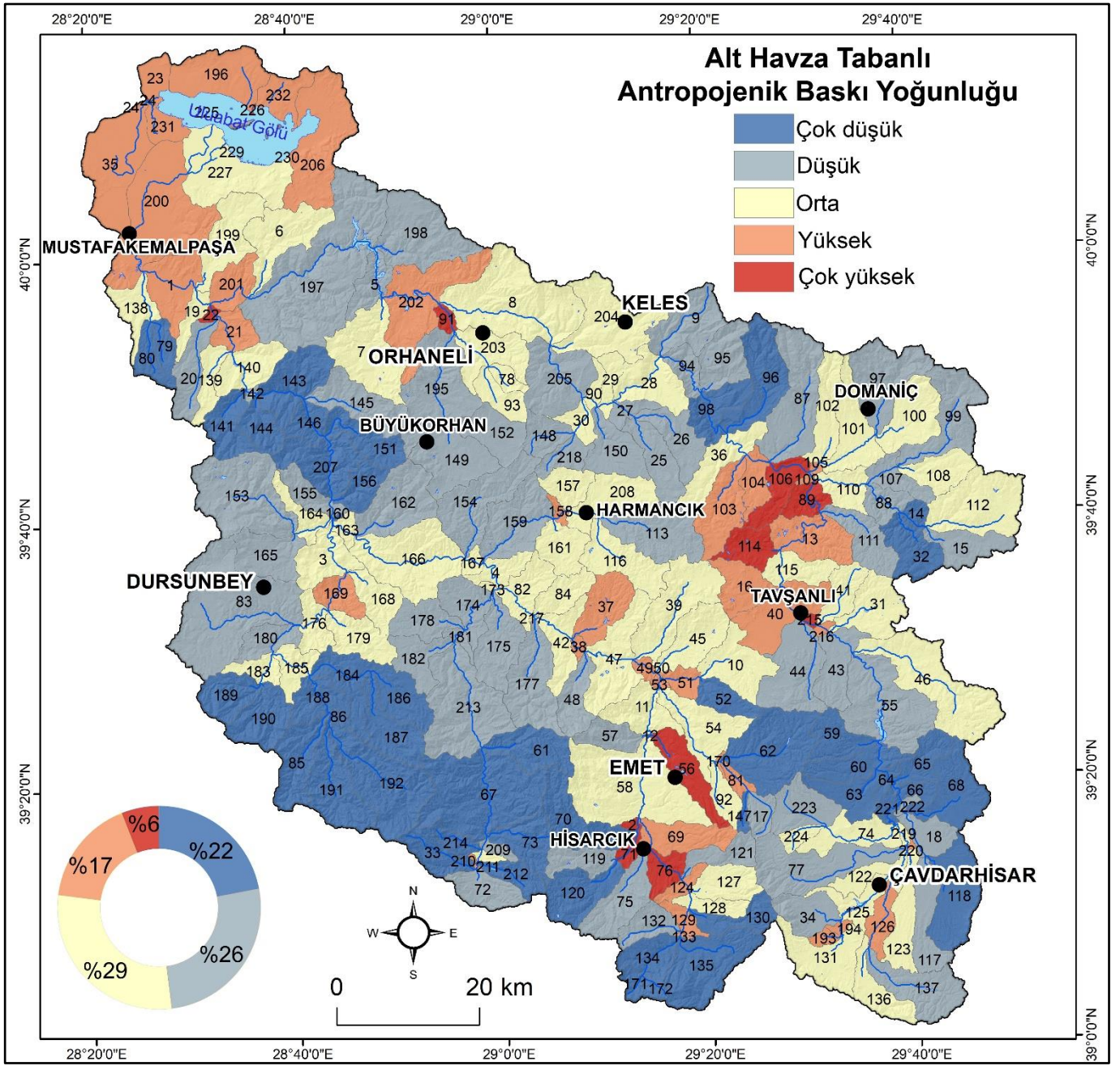
3.2. Alt Havza Tabanlı Analizler ve Korelasyon Durumu

Çalışma sahasında antropojenik baskı yoğunluğu verileri 233 alt havza kapsamında ortalama değerleri alınarak analiz edilmiştir. Bulgulara göre antropojenik baskı yoğunluğunun çok düşük olduğu 52 alt havza, düşük dereceye sahip 61 alt havza, orta seviyede 69 alt havza saptanmıştır. Antropojenik baskı yoğunluğunun yüksek olduğu alt havza sayısı 39, çok yüksek olduğu alt havza sayısı 12 (2, 22, 56, 71, 76, 89, 91, 106, 105, 109, 114, 215 no'lu havzalar) olarak tespit edilmiştir. Antropojenik baskının çok düşük ve düşük değerde olduğu alt havzalar toplam havza sayısının % 48'ini, orta seviyedeki alt havzalar %29'unu ve yüksek-çok yüksek seviyedeki havzalar ise 23'ünü meydana getirmektedir (Şekil 4). Yüksek-çok yüksek seviyede antropojenik deformasyon ve parçalanma stresi olan alt havzaların özellikle Tavşanlı, Hisarcık ve Emet yakınlarındaki maden sahalarını içine alan konsekant akarsu havzalarında olduğu saptanmıştır (Şekil 4). Yüksek antropojenik baskının olduğu diğer alt havzalar ise araştırma sahasının aşağı çıkırında özellikle eğimin azaldığı Karacabey depresyonu ve Uluabat Gölü çevresindeki alt havzalardır. Antropojenik baskı yoğunluğunun çok düşük seviyede olduğu alt havzalar, ana havzanın çerçevesini oluşturan yüksek dağlık (Domanic Dağları, Alaçam Dağları, Şaphane Dağı vd.) sahalardan kaynaklarını alan akarsuların oluşturduğu havzalardan meydana gelmektedir.

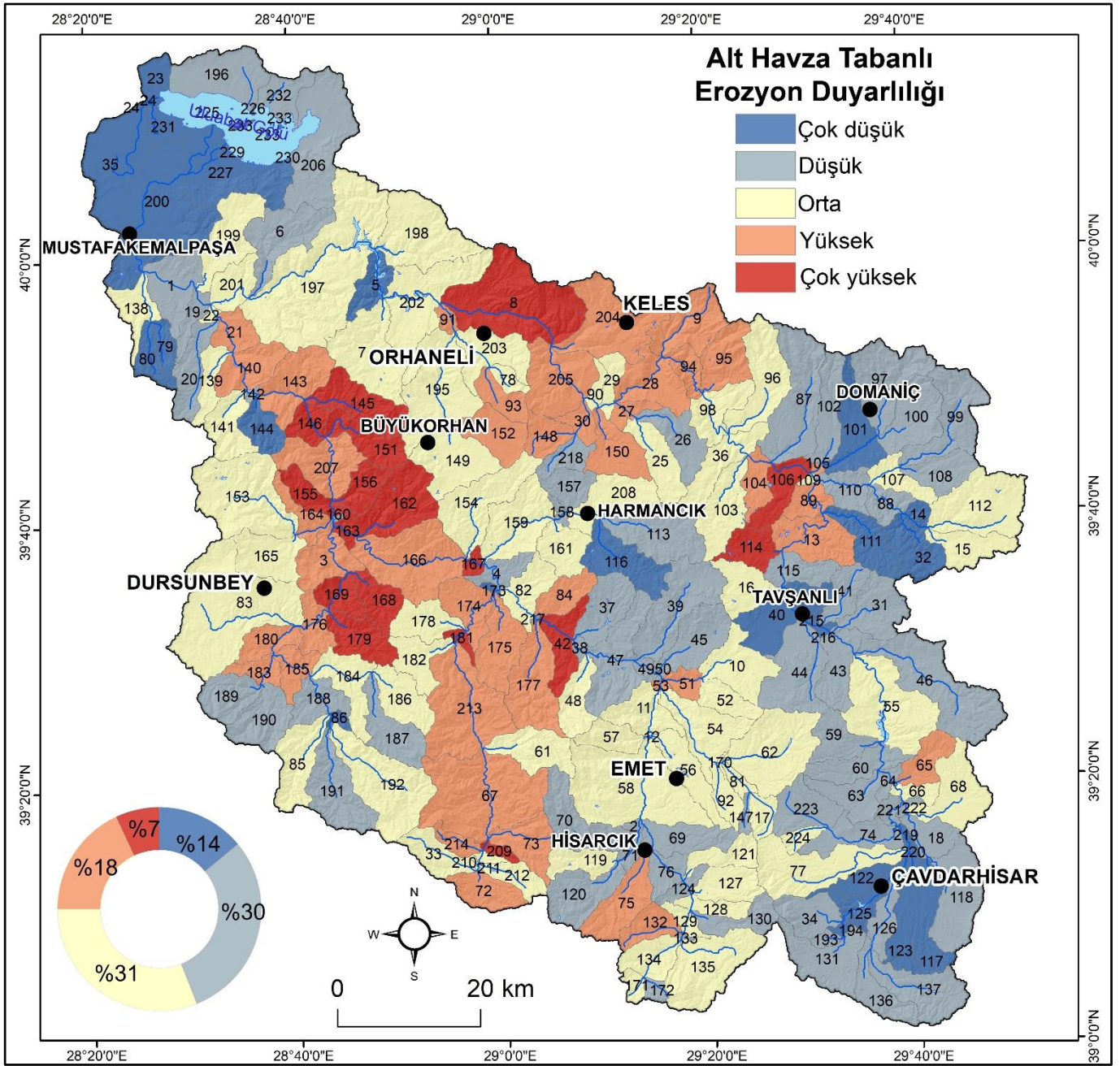
Uluabat Gölü drenaj havzasının RUSLE yöntemi ile modellenen erozyon duyarlılık dağılışı verileri ortalama değerler üzerinden 233 alt havza kapsamında kategorik

olarak sınıflandırılmıştır. Bu analize göre 33 alt havzada çok düşük, 69 alt havzada düşük, 70 alt havzada orta, 42 alt havzada yüksek ve 19 alt havzada (8, 42, 106, 114, 145, 146, 151, 155, 156, 160, 162, 163, 164, 167, 168, 169, 179, 181, 209 no'lu havzalar) çok yüksek düzeyde erozyon duyarlılığının olduğu saptanmıştır. Belirtilen kantitatif değerler toplam havza sayısı kapsamında incelendiğinde; çok düşük erozyon duyarlılığını sahip alt havzalar toplam havza sayısının %14'ünü, düşük kategoridekiler %30'unu, orta seviyedekiler %31'ini, yüksek seviyedekiler %18'ini ve çok yüksek seviyedekiler %7'sini meydana getirmektedir. Erozyon duyarlılığının çok yüksek olduğu alt havzalar Dümen Dağı, Bengi Dağı ve Orhanlı Çayı'nın yukarı kesimindeki alt havzalarda yoğunlaştığı saptanmıştır. Yüksek düzeyde erozyon duyarlılığının olduğu 42 alt havza özellikle Orhanlı Çayı ve Emet Çayı'nın orta kesimindeki konsekant akış gösteren akarsulardan oluşmuş alt havzalarda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5).

Alt havzalardan en yüksek toprak kaybı miktarını ortalama $13,51 \text{ t/ha}^{-1}/\text{yıl}^{-1}$ ile Dursunbey ilçe merkezinin güneydoğusundaki Emet Çayı'nın kolundan oluşan alt havzada (179 no'lu havza) ulaşılmaktadır. En düşük değere sahip ise Uluabat Gölü güney kesimindeki küçük alanlı havzalarda $0,027 \text{ t/ha}^{-1}/\text{yıl}^{-1}$ değeri ile görülmektedir. Alt havzalarının ortalama toprak kaybı miktarı ise $4,55 \text{ t/ha}^{-1}/\text{yıl}^{-1}$ değeri ile Uluabat Gölü drenaj havzasının tamamının ortalama değerinden ($4,7 \text{ t/ha}^{-1}/\text{yıl}^{-1}$) daha düşüktür. Alt havzalarından 130'u ortalamanın altında, 133'ü ise ortalamanın üstünde toprak kaybı miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir.



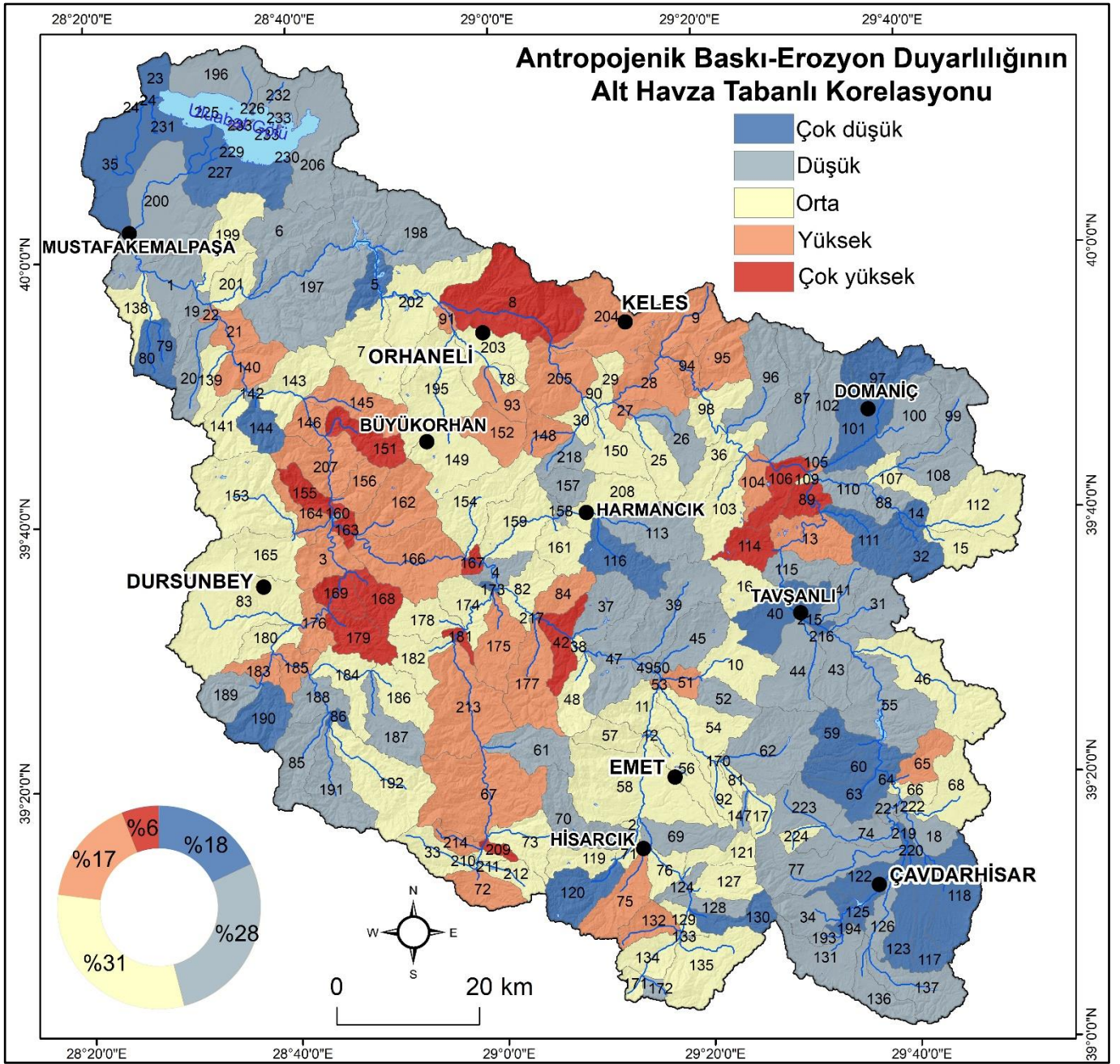
Şekil 4. Araştırma sahasının alt havza tabanlı antropojenik baskı yoğunluğu (haritadaki sayısal veriler havza numaralarını ifade etmektedir)



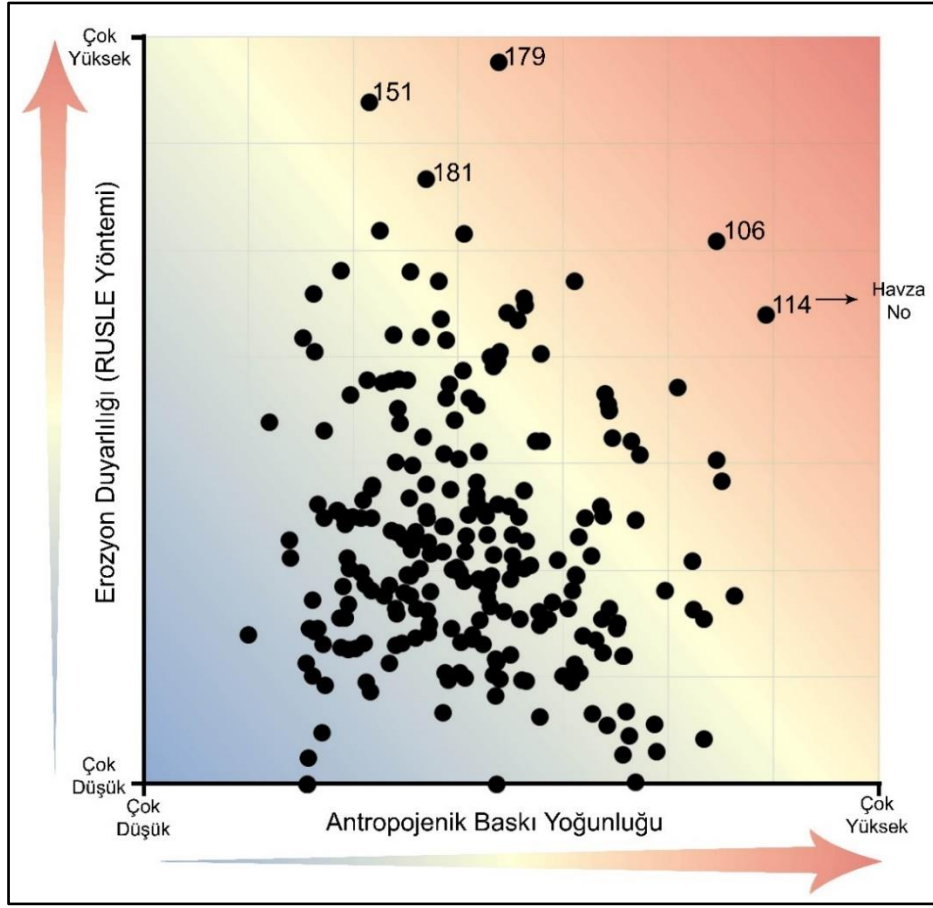
Şekil 5. Araştırma sahasının alt havza tabanlı erozyon duyarlılık dağılışı (haritadaki sayısal veriler havza numaralarını ifade etmektedir)

Antropojenik baskı yoğunluğu ile erozyon duyarlılığı verilerinin alt havza tabanlı analiz sonuçları korelasyon analizine tabi tutulup aralarındaki ilişki düzeyi saptanmıştır. Korelasyon analizine göre 41 alt havzada çok düşük, 66 alt havzada düşük, 71 adet alt havzada orta, 40 alt havzada yüksek ve 15 alt havzada çok yüksek korelasyon tespit edilmiştir (8, 42, 89, 106, 114, 151, 155, 160, 163, 167, 168, 169, 179, 181, 209 no'lu havzalar). Antropojenik baskı yoğunluğu ile erozyon duyarlılığı arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki barındıran çok yüksek ve yüksek düzeydeki alt havzalar, toplam alt havzaların %23'ünü oluşturmaktadır (Şekil 6). Alt havzaların % 46'sında antropojenik baskı yoğunluğu ile erozyon duyarlılığı arasındaki etkileşim ilişkisinin düşük çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Alt havzaların %31'inde ise korelasyon düzeyi orta kategoride yer almaktadır (Şekil 6, 7, 8).

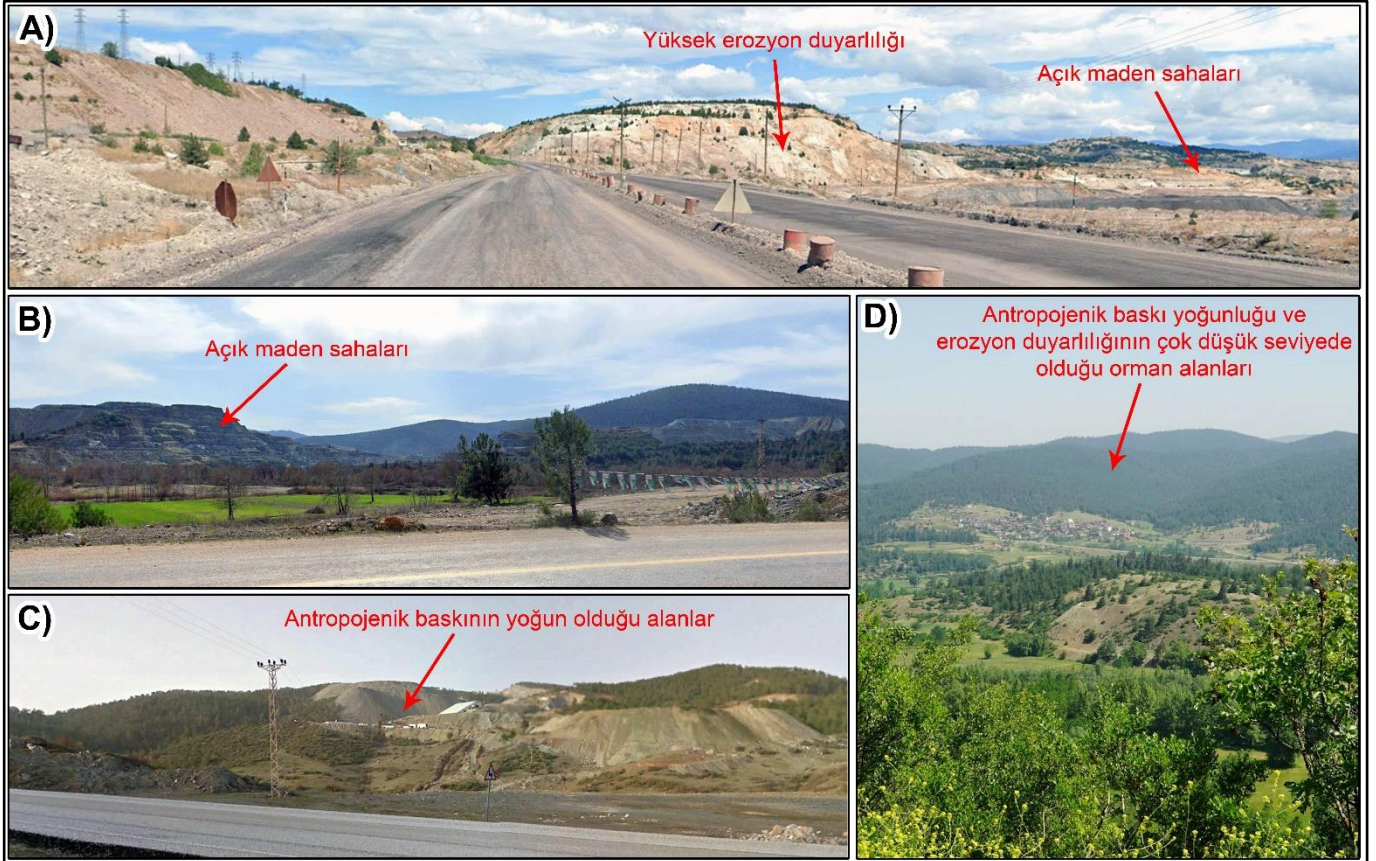
Korelasyon analizine göre antropojenik baskı yoğunluğu ile erozyon duyarlılığı arasındaki ilişkinin çok yüksek olduğu alt havzalar, Emet Çayı ve Orhaneli Çayı'nın genel havzalarında bulunmaktadır. Çok yüksek ve yüksek korelasyona sahip alt havzalarda özellikle maden sahalarının yerleşim alanları ve tarım alanlarının olduğu tespit edilmiştir. Bu havzaların bitki örtüsü yoğunluğunun (NDVI analizine göre) diğer havzalara göre az olması aynı zamanda eğim değerlerinin ortalamasının daha yüksek olması antropojenik baskı ile erozyon duyarlılığı ilişkisini arttıran diğer faktörlerdir. Korelasyon ilişkisinin çok düşük olduğu havzaların temel özelliği ise Uluabat Gölü çevresindekilerde eğim oranının az olması, Ulus Dağı yakınlarındaki alt havzalarda bitki örtüsü yoğunluğunun fazla olması, Çavdarhisar çevresinde ise eğim değerleri ile antropojenik baskı yoğunluğunun az olması etkili olmuştur.



Şekil 6. Araştırma sahasının antropojenik baskı yoğunluğu-erozyon duyarlılığı ilişkisinin alt havza tabanlı korelasyonu (haritadaki sayısal veriler havza numaralarını ifade etmektedir)



Şekil 7. Araştırma sahasının antropojenik baskı yoğunluğu-erozyon duyarlılığı ilişkisinin alt havza tabanlı korelasyon grafiği



Şekil 8. A) Tavşanlı ilçe merkezi kuzeyindeki açık maden sahaları (106 no'lu alt havza sınırları içerisinde), B) Orhaneli-Çörelers köyü yolundan batıya bakış, C) Dursunbey ilçe merkezi doğusu D230 karayolu yakınlarındaki açık maden sahaları, D) Orhaneli-Girecik yakınlarındın Dümen Dağı'na bakış

4. Sonuç

Bu çalışmada, CBS ve UA tekniklerinin yardımıyla birçok alt kriter verileri kullanılarak Uluabat Gölü drenaj havzasının antropojenik baskı yoğunluğu dağılışı ile erozyon duyarlılık verileri üretilmiş, daha sonra bu verilerin etkileşim boyutu alt havza kapsamında incelenmiştir. Araştırmada antropojenik baskı yoğunluğunun tespit edilmesi için 10 ana kriter (eğim, antropojenik etki, geçirimsizlik, yerleşmeye mesafe, NDVI, madenlere mesafe, akarsuya mesafe, yollara mesafe, göl ve barajlara mesafe, endüstriye mesafe) ve 58 alt kriter verisi AHS yöntemi ile analiz edilmiş, piksel tabanlı olarak dağılışı haritası oluşturulmuştur. Elde edilen veri sonuçları özellikle Orhaneli batısında, Tavşanlı kuzeyinde, Emet ve Hisarcık çevresindeki maden sahalarında doğal ortam koşullarında antropojenik baskı yoğunluğunun fazla olduğunu göstermiştir. Havzanın dış çerçevesini oluşturan yüksek kütlelerde ise baskı yoğunluğunun çok düşük olduğu saptanmıştır. Çalışmanın diğer basamağında RUSLE yöntemi kullanılarak Uluabat Gölü'nün toprak kaybı miktarı ve erozyon duyarlılık şiddeti verisi elde edilmiştir. RUSLE yöntemine göre havzanın ortalama toprak kaybı miktarı $4,7 \text{ t/ha}^{-1}/\text{yıl}^{-1}$ 'dir. Toprak kaybı ve erozyon duyarlılığının yüksek düzeyde olduğu sahalar, bitki örtüsünden yoksun olan, maden sahalarına yakın alanlardaki eğimin yüksek olduğu sahalarda tespit edilmiştir. Araştırmada her iki ana veri daha sonra 233 alt havza kapsamında ortalama değerler üzerinden analiz edilmiş ve doğal kırımlı yöntemle 5 kategorik sınıfa ayrılmıştır. Analiz sonuçlarına göre çok yüksek-yüksek düzeyde antropojenik baskı yoğunluğunun olduğu alt havza oranı toplam alt havzalarının %23'ünü oluşturmaktadır. Belirtilen oransal değerler erozyon duyarlılığı alt havza analizinde ise % 25 olarak saptanmıştır. Her iki verinin korelasyon sonuçları, 40 alt havzada yüksek, 14 alt havzada çok yüksek düzeyde pozitif ilişkili olarak saptanmıştır. Bu veriler toplam alt havzanın %23'ünde korelasyonun yüksek olduğunu göstermektedir. Alt havzaların dağılışı incelendiğinde, Uluabat Gölü havzası yukarı çığırını oluşturan Orhaneli ve Emet çaylarının özellikle madencilik faaliyetlerini barındıran alt havzalarında antropojenik baskı yoğunluğunun artmasının erozyonu ve dolayısıyla toprak kaybını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular özellikle havza yönetimi ve planlaması açısından korelasyonun yüksek olduğu havzaların (106, 114, 151, 179 ve 181 no'lu havzalar başta olmak üzere) önceliklendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bütüncül bakış açısı ile yönetim planlaması gereken havzalarda özellikle yukarı kesimlerde meydana gelecek sorunların havzanın mansap kısımlarında kümülatif taşınma ve birikme ile daha büyük boyutlara gelebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bakımdan memba ve dış drenajını Ramsar sulak alan sözleşmesi kapsamında yer alan Uluabat Gölü'nün beslediği ve içerisinde yer aldığı bu geniş alanlı havzada özellikle alt havza kapsamında elde edilen bulguların birçok (alt ve üst ölçekli) yönetim-planlama çalışmalarında kullanılması faydalı olacaktır.

Araştırmacıların katkı oranı

S. Murat Uzun: Literatür taraması, Analiz ve Görselleştirme, Arazi çalışması, Modelleme, Makale yazımı.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Amobichukwu, C. A. & Mossa, J. (2024). Machine learning insights of anthropogenic and natural influences on riverbed deformation in a large lowland river. *Geomorphology*, 446, 108986. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108986>
- Arnolds, H.M.J. (1977). *Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco*. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Soils Bulletin.
- Asgari, M. A. (2021). Critical review on scale concept in GIS-based watershed management studies. *Spatial Information Research*, 29, 417–425. <https://doi.org/10.1007/s41324-020-00361-7>
- Bremer, L. L., Hamel, P., Ponette-González, A. G., Pompeu, P. V., Saad, S.I. & Brauman, K. A. (2020). Who are we measuring and modeling for? Supporting multilevel decision-making in watershed management. *Water Resources Research*, 56, 1-18. <https://doi.org/10.1029/2019WR026011>
- Bruno, L., Meli, M. & Garberi, M. L. (2024). Human-induced landscape modification in the last two centuries in the Po delta plain (Northern Italy). *Anthropocene*, 48, 100453. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2024.100453>
- Chen, T., Niu, R. Q., Li, P., X., Zhang, L. P. & Du, B. (2010). Regional soil erosion risk mapping using RUSLE, GIS and remote sensing: A case study in Miyun Watershed, North China. *Environmental Earth Science*, 63, 533–541. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0715-z>
- Choi, C-H., You, J-H. & Jung, S-G. (2013). Estimation of danger zone by soil erosion using RUSLE model in Gyeongju National Park. *Korean J. Environ. Ecol.*, 27(5), 614-624. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2013.27.5.614>
- Crutzen, P.J. & Stoermer, E.F. (2000) The anthropocene. *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.
- Danacıoğlu, Ş. & Tağıl, Ş. (2017). Bakırçay Havzası'nda rusle modeli kullanarak erozyon riskinin değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(37), 1-18.
- Darghouth, S., Ward, C., Gambarelli, G., Styger, E. & Roux, J. (2008). *Watershed management approaches, policies, and operations: Lessons for scaling up*. The World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/17240>
- Demirağ Turan, İ., Özkan, B. & Dengiz, O. (2020). Bulanık mantık analitik hiyerarşik süreç (BAHS) ile Sinop ili erozyon duyarlılığının mekânsal dağılımının belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (75), 57-70. <https://doi.org/10.17211/tcd.716914>
- De Montis, A., Martín, B., Ortega, E., Ledda, A. & Serra, V. (2017). Landscape fragmentation in Mediterranean Europe: A comparative approach. *Land Use Policy*, 64, 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.028>
- De Filippi, F.M. & Sappa, G. (2024). The simulation of Bracciano Lake (Central Italy) levels based on hydrogeological water budget: A tool for lake water management when climate change and anthropogenic impacts occur. *Environmental Processes*, 11, 8. <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00688-5>
- Ellis, E. C. (2017). Physical geography in the anthropocene. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 41(5), 525- 532. <https://doi.org/10.1177/030.913.3317736424>
- Ertek, A. (2023). *Antroposen, antroposfer: Antropojenik jeomorfoloji*. Pegem Yayınevi.
- Garipağaoğlu N. & Uzun, M. (2019). İznik Gölü Havzası'nda doğal ortam koşulları, değişimler ve muhtemel risklerin havza yönetimi ve planlamasına etkisi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 24(42), 1-15. <https://doi.org/10.17295/ataunided.621776>
- Garipağaoğlu, N. & Uzun, M. (2021). Development stages of basin management and different models. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 43, 338-357. <https://doi.org/10.32003/igge.816758>
- Gibbs, H. K. & Salmon, J. M. (2015). Mapping the world's degraded lands. *Applied Geography*, 57, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024>
- Grigg, N.S. (1999). Integrated water resources management: Who should lead, who should pay? *Journal of the American Water*

- Resources Association*, 35(3), 527-534. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1999.tb03609.x>
- Güney, Y. & Turoğlu, H. (2018). Çok ölçütlü karar analizi ile erozyon duyarlılık çalışmalarında erozyon yüzeyleri envanter verisinin kullanımı: Selendi Çayı Havzası örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(1), 105-119.
- Haidara, I., Tahri, M., Maanan, M. & Hakdaoui, M. (2019). Efficiency of fuzzy analytic hierarchy process to detect soil erosion vulnerability. *Geoderma*, 354, 113853.
- He, C. (2003). Integration of geographic information systems and simulation model for watershed management. *Environmental Modelling & Software*, 18(8-9), 809-813. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00080-X](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00080-X)
- Head, M.J., Zalasiewicz, J.A., Waters, C.N., Turner, S.D., Williams, M., Barnosky, A.D., Steffen, W., Wagerich, M., Haff, P.K., Syvitski, J. & Leinfelder, R. (2022). The proposed anthropocene epoch/series is underpinned by an extensive array of mid-20th century stratigraphic event signals. *Journal of Quaternary Science*, 37(7), 1181-1187. <https://doi.org/10.1002/jqs.3467>
- İmamoğlu, A., Turan Demirağ, İ., Dengiz, O. & Saygın, F. (2014). Soil erosion risk evaluation: Application of corine methodology at Engiz Watershed, Samsun. *Current Advances in Environmental Science*, 2(1), 15-21.
- Jens, G. F. (1967). The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, 186-190.
- Karabulut, M. & Küçükönder, M. (2008). Kahramanmaraş ovası ve çevresinde CBS kullanılarak erozyon alanlarının tespiti. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(2), 14-22.
- Karakoca, E. (2025). CBS ve uzaktan algılama teknikleri ile ICONA modeli kullanılarak Katrancı Çayı Havzası'nda (Haymana, Ankara) toprak erozyonu duyarlılığı değerlendirilmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (14), 126-145. <https://doi.org/10.46453/jader.1653839>
- Katusiime, J. & Schütt, B. (2020). Linking land tenure and integrated watershed management-a review. *Sustainability*, 12(4), 1667-1678. <https://doi.org/10.3390/su12041667>
- 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>
- Koontz, T. M. & Newig, J. (2014). From planning to implementation: Top-down and bottom-up approaches for collaborative watershed management. *Policy Studies Journal*, 42(3), 416-442. <https://doi.org/10.1111/psj.12067>
- Luengo, M. S., D'Amico, G., Pommarés, N. & Fucks, E. (2025). Natural and anthropogenic processes and landforms in the eastern sector of the Buenos Aires province, Argentina (from pleistocene to anthropocene). *Anthropocene*, 49, 100457. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2024.100457>
- Lu, D., Li, G., Valladares, G. & Batistella, M. (2004). Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: Using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land Degradation & Development*, 15, 499-512.
- Mallick, M., Krishnaiah, Y.V. & Panja, K. (2025). Assessment of the soil erosion susceptibility zones in tea plantation areas of Jalpaiguri district, India: An integrated approach of RUSLE and WLC model. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 53, 1855-1874. <https://doi.org/10.1007/s12524-024-02078-8>
- Marouf, Z., Derdous, O., Benmamar, S. & Tachi, S. H. (2025). Water erosion susceptibility assessment using RUSLE, AHP and ANN: A comparative study in the Cheliff Basin—Algeria. *Eurasian Soil Science*, 58(39), 1-13. <https://doi.org/10.1134/S1064229324602063>
- Montgomery, D.R., Grant, G.E. & Sullivan, K. (1995). Watershed analysis as a framework for implementing ecosystem management. *Journal of the American Water Resources Association*, 31(3), 369-386.
- Moore, I. & Burch, G. (1986). Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Society of America Journal*, 50, 1294 – 1298.
- Mudliar, P. & Koontz, T. M. (2021). Locating power in Ostrom's design principles: Watershed management in India and the United States. *Society & Natural Resources*, 34(5), 35-45. <https://doi.org/10.1080/08941920.2020.1864535>
- Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J. & Marshak, A. L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2), 481-486.
- Özşahin, E. (2014). Tekirdağ ilinde CBS tabanlı RUSLE modeli kullanarak erozyon risk değerlendirmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(3), 45-56.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E. & Montanarella, L. (2015). Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land Use Policy*, 48, 38-50.
- Pande, C.B. (2020). Watershed management and development. In *Sustainable Watershed Development: A case study of semi-arid region in Maharashtra state of India* (pp. 13-26). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47244-3_2
- Prodanovic, P. & Simonovic, S.P. (2010). An operational model for support of integrated watershed management. *Water Resour Manage*, 24, 1161-1194. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9490-6>
- Renard, K.G., Laflen, J.M., Foster, G.R. & McCool, D.K. (1994). The revised universal soil loss equation. In R. Lal (Ed.), *Soil erosion research methods* (pp. 105-126). Soil and Water Conservation Society.
- Renard, K.G., Yoder, D.C., Lightle, D.T. & Dabney, S.M. (2011). Universal soil loss equation and revised universal soil loss equation. In R.P.C. Morgan & M.A. Nearing (Eds.), *Handbook of erosion modelling* (pp. 137-167). Wiley-Blackwell.
- Romanillos, G., Robazza G. & Lovato, F., (2024). A fragmented world: Mapping the global extent of anthropogenic landscape fragmentation. *Journal of Maps*, 20(1), 2307539, <https://doi.org/10.1080/17445647.2024.2307539>
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)
- Saaty, T. L. (2004). Decision making-The analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1-35. <https://doi.org/10.1007/s11518-006.0151-5>
- Saaty, T. L. & Vargas, L.G. (2012). *Model, methods concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Springer.
- Selçuk Biricik, A. (2009). Fiziki coğrafya – jeomorfoloji ile hidrolojinin temel prensipleri ve araştırma yöntemleri (Cilt 1). Gonca Yayınevi.
- Sharma, Y., Sajjad, H. & Saha, T.K. (2025). Soil loss estimation and susceptibility analysis using RUSLE and random forest algorithm: A case study of Nainital district, India. *Spatial Information Research*, 33, 21. <https://doi.org/10.1007/s41324-025-00620-5>
- Sofia, F., Marinello, F. & Tarolli, P. (2016). Metrics for quantifying anthropogenic impacts on geomorphology: Road networks. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41, 240-255. <https://doi.org/10.1002/esp.3842>
- Steffen, W., Grinevald, J. & Crutzen, P. (2011). The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 369, 842-867. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>
- Sud, A., Sajjan, B., Kanga, S., Singh, S. K., Singh, S., Durin, B., Kumar, P., Meraj, G., Sahariah, D., Debnath, J. & Chand, K. (2024). Integrating RUSLE model with cloud-based geospatial analysis: A google earth engine approach for soil erosion assessment in the Satluj Watershed. *Water*, 16(8), 1073. <https://doi.org/10.3390/w16081073>

- Swain, S.S., Mishra, A., Sahoo, B. & Chatterjee, C. (2020). Water scarcity-risk assessment in data-scarce river basins under decadal climate change using a hydrological modelling approach. *Journal of Hydrology*, 590, 1-53. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125260>
- Szabó, J., David, L. & Loczy, D. (2010). Anthropogenic geomorphology: A guide to man-made landforms. Springer.
- Tagıl, Ş. (2007). Tuzla Çayı Havzası'nda (Biga Yarımadası) CBS-tabanlı RUSLE modeli kullanarak arazi degradasyonu risk değerlendirmesi. *Ekoloji Dergisi*, 17(65), 11-20.
- Tarolli, P. & Sofia, G. (2016). Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. *Geomorphology*, 255, 140-161. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.12.007>
- Tarolli, P., Cao, W., Sofia, G., Evans, D. & Ellis, E. (2019). From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 43(1), 95-128. <https://doi.org/10.1177/0309133318825284>
- Taşoğlu, E., Öztürk, M. Z. & Yazıcı, Ö. (2024). High resolution Köppen-Geiger climate zones of Türkiye. *International Journal of Climatology*, 44(14), 5248-5265. <https://doi.org/10.1002/joc.8635>
- Uzun, M. & Garipağaoğlu, N. (2022). Mekânsal otokorelasyon ve kümeleme analizi yaklaşımı ile Göksu Çayı Havzası'nın (Sakarya Nehri Havzası) bütünleşik ve sürdürülebilir havza yönetim modeli. *Türk Coğrafya Dergisi*, (81), 23-38. <https://doi.org/10.17211/tcd.1173420>
- Uzun, M. (2024). Yenişehir (Bursa) Havzası'nın coğrafi karakterizasyonuna dayalı jeoekolojik risk duyarlılığı analizi. *International Journal of Geography and Geography Education*, (51), 85-114. <https://doi.org/10.32003/igge.1326841>
- Uzun, M. (2024). Uluabat Gölü yüzey alanının zamansal değişim analizi üzerinden DSAS ve yapay sinir ağıları modellerine göre gelecek tahminleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (86), 25-43. <https://doi.org/10.17211/tcd.1481187>
- Vojtek, M. & Vojtekova, J. (2016). GIS-Based approach to estimate surface runoff in small catchments: A case study. *Quaestiones Geographicae*, 35(3), 97-116. <https://doi.org/10.1515/quageo-2016-0030>
- Vulević, T. & Dragović, N. (2017). Multi-criteria decision analysis for sub-watersheds ranking via the PROMETHEE method. *International Soil and Water Conservation Research*, 5, 50-55. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.01.003>
- Wang, L., Meng, W., Guo, H., Zhang, Z., Liu, Y. & Fan, Y. (2006). An interval fuzzy multiobjective watershed management model for the Lake Qionghai Watershed, China. *Water Resour Manage*, 20, 701-721. <https://doi.org/10.1007/s11269-005-9003-1>
- Wischmeir, W.H. & Smith, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning*. Science and Education Administration.
- Zhang, K., Feng, R., Han, J., Zhang, Z., Zhang, H. & Liu, K. (2023). Temporal and spatial differentiation characteristics of ecosystem service based on the ecogeographical division of China: A case study in the Yellow River Basin, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(3), 8317-8337. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22748-9>



© Author(s) 2025. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Orman yangını yönetiminde Google Earth Engine (GEE) ve Python Engine (PE) ile yakıt yükü analizi: Karşılaşılan güçlükler ve sağlanan avantajlar

Muhammed Çetin*¹ 

¹Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, Bursa, Türkiye.

Anahtar Kelimeler

Ekoloji
Orman
Coğrafi Bilgi Sistemleri
Google Earth Engine
Yakıt Yükü Haritası

Araştırma Makalesi

Geliş: 08.05.2025
Kabul: 27.06.2025
Yayınlanma: 29.06.2025



Özet

Yakıt yükü, orman yangını davranışını belirleyen temel unsurlardan biridir. Yangının şiddeti, alev uzunluğu ve yakıt tüketimi gibi dinamikler doğrudan bu parametreye bağlıdır. Ancak geleneksel saha ölçümleri büyük alanlarda tekrarlandığında yüksek maliyet ve zaman kaybı yaratmaktadır. Uzaktan algılama (UA) teknolojileri bu sınırlamaları aşarak geniş alanlarda hızlı ve etkin yakıt yükü tahmini imkânı sunmaktadır. Bu çalışmada, 2021'de Manavgat'ta meydana gelen mega yangın örneği üzerinden Google Earth Engine (GEE) platformu ve Sentinel-2 multispektral görüntüleri kullanılarak yangın öncesi ve sonrası yakıt yükü davranışı analiz edilmiştir. Normalize Fark Bitki Örtüsü (NDVI) ve Normalize Yanma Oranı (NBR) indeksleri kullanılarak, Rothermel modeline uygun yüzey yakıt yükü haritaları oluşturulmuş; bulut örtüsü %20'nin altında olan görüntülerden zaman serisi bazlı medyan kompozitler elde edilmiştir. Google Colab ortamında Python diliyle yürütülen analizlerde betimleyici istatistikler ve meta-analiz yöntemleriyle veri tutarlılığı sağlanmıştır. Örneklem yöntemiyle belirlenen noktalardaki NDVI ve NBR değerleri dört sınıfa ayrılmış ve yangın davranışı modellerine doğrudan veri sağlamıştır. NDVI ve NBR değerleri, persentile sınıflandırmasıyla “Düşük” (< %20), “Orta” (%20–50), “Yüksek” (%50–80) ve “Çok Yüksek” (> %80) olarak gruplandırılmış; bu ayrım Rothermel denkleminin parametrelerine doğrudan girdi sağlamıştır. Ayrıca yangın öncesi kuraklık dinamiklerini incelemek amacıyla Bitki Örtüsü Durumu Endeksi (VCI) ve Bitki Örtüsü Kuraklık Şiddeti İndeksi (SDVI) analizleri yapılmıştır. Sonuçlar, bu mekânsal yaklaşımın yangın öncesi müdahale planlamasında karar vericilere güçlü bir öngörü sunduğunu göstermektedir.

Fuel load analysis with Google Earth Engine (GEE) and Python Engine (PE) in forest fire management: Challenges and benefits

Keywords

Ecology
Forest
GIS
Google Earth Engine
Fuel Load Map

Research Article

Received: 08.05.2025
Accepted: 27.06.2025
Published: 29.06.2025

Abstract

Fuel load is one of the fundamental factors determining forest fire behavior. Dynamics such as fire intensity, flame length, and fuel consumption are directly related to this parameter. However, while traditional field measurements provide detailed data, repeating these processes over large areas leads to high costs and time loss. Remote sensing (RS) technologies overcome these limitations by enabling rapid and effective fuel load estimation over wide regions. In this study, the fuel load dynamics before and after the 2021 Manavgat megafire were analyzed using the cloud-based Google Earth Engine (GEE) platform and Sentinel-2 multispectral imagery. Maps of surface fuel load were generated in accordance with the Rothermel model by utilizing the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Normalized Burn Ratio (NBR); median composites were created from time-series data with cloud coverage below 20%. Descriptive statistics and meta-analysis techniques were applied using Python in the Google Colab environment to ensure data consistency. NDVI and NBR values at sampling points were classified into four groups to directly support fire behavior models. These values were grouped by percentile classification as “Low” (< 20%), “Moderate” (20–50%), “High” (50–80%), and “Very High” (> 80%), providing direct input to the Rothermel equation parameters. Additionally, to assess pre-fire drought dynamics, analyses of the Vegetation Condition Index (VCI) and the Vegetation Drought Severity Index (SDVI) were conducted. The results demonstrate that this integrated spatial approach offers strong predictive power for decision-makers in pre-fire intervention planning.

1. Giriş

Biyosfer içerisinde önemli bir konuma sahip olan ormanlar, yerküredeki oksijenin üçte ikisinin üretiminde canlı yaşamı için önemli bir çevresel kaynaktır (Bowman vd., 2020; McKinley vd., 2011; Pan vd., 2024). Bununla birlikte ormanlar, fotosentez yoluyla büyük miktarda karbondioksiti emerek su döngüsünün yönetiminde ve bölgesel iklimlerin şekillenmesinde de belirleyici bir rol üstlenmektedirler (Psistaki vd., 2024). Ancak antropojenik baskıların (arazi kullanım değişiklikleri, yasa dışı kesimler, su döngüsü değişimleri vb.) yanı sıra doğal faktörlerin de etkisiyle orman ekosistemlerinde geri döndürülemez parçalanmalardaki artışlara bağlı olarak karbon tutulumlarında dalgalanmalar dikkat çekmektedir (Bosela vd., 2024; Hansen vd., 2013).

Bu durum, biyolojik çeşitlilik için derin bir tehdit oluşturarak ekosistem direncini zayıflatan bir süreç evrilmiştir (Díaz vd., 2019). Şüphesiz birbiri ardınca süregelen bu bozulmalar mikrobiyal çeşitlilikten toprak fonksiyonlarına kadar birçok biyotik stres eğilimine neden olmaktadır (Laurance vd., 2011). Örneğin iklimsel dengeleyiciler olarak ekvatorial yağmur ormanları biyomu incelendiğinde bölgede son yıllarda eski ormanların hızlı kaybı ve parçalanması tropikal biyoçeşitliliğe yönelik en büyük tehditlerden birisi olarak değerlendirilmektedir (Lovejoy vd., 1986).

Ayrıca bozulmaların mekânsal dağılımı ve zamansal hızı, ekosistemlerin kritik eşikleri (*tipping points*) aşmasına neden olarak kalıcı değişimlere yol açmaktadır. Bu süreç, ormanların "rejim kayması" (*regime shift*) adı verilen bir fenomenle, iklimi düzenleyen bir sistemden, karbon salınımını artıran ve iklim krizini besleyen bir kaynağa dönüşmesine sebep olmuştur (Scheffer vd., 2001). Bu açıdan bozulmanın etkileri yalnızca ağaçlar ve bitki örtüsü gibi görünür biyokütleyle sınırlı kalmayıp, orman tabanındaki mikroorganizmaların (örneğin mikorizal mantarlar) toprak-karbon döngüsündeki rolünü bozarak yeraltı ekosisteminde de geri dönüşü zor hasarlara neden olmuştur (Van Der Heijden vd., 2008).

Orman yangınları fenomeni ise bu çerçevede ekosistemler üzerinde hem yıkıcı hem de yenileyici bir ikili role sahiptir (Sivrikaya vd., 2024). Bu yangınlar, belirli bitki türlerini seçici olarak destekleyerek (örneğin yangın sonrası çimlenen tohumlara sahip türler) istilacı türlerin yayılmasını kolaylaştırarak bitki örtüsünün bileşimini, yapısal karmaşıklığını ve işlevsel dinamiklerini radikal bir şekilde değiştirebilir. Fakat, bu değişim her zaman olumsuz değildir. Örneğin Akdeniz iklimi gibi yangına adapte olmuş ekosistemlerde, periyodik yangınlar biyolojik çeşitliliği korumak ve habitat sağlığını sürdürmek için kritik bir rol oynar. Bu doğrultuda yangınların oluşturduğu "*mozaik peyzajlar*", farklı yaşam evrelerindeki bitki topluluklarını bir arada barındırarak besin döngüsünü hızlandırır ve karbon depolama kapasitesini optimize eder (Flannigan vd., 2000; Mooney, 1981). Buna rağmen, iklim değişikliği ve insan müdahaleleri sonucunda kontrolsüz artan yangın şiddeti, ekosistemlerin bu adaptasyon kapasitesini aşarak geri dönüşü zor kayıplara yol açmıştır (Pausas & Keeley, 2019).

Günümüzde küresel iklim değişikliği, kentleşme ve arazi kullanımındaki çeşitli dönüşümler, bu yangın rejimlerinin dengesini bozarak tehlikeli boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır (Datta, 2021). Araştırmalar, 1980'lerden bu yana yangın sıklığında %27, yanan alan büyüklüğünde ise %41'lik

istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu göstermektedir (Bowman vd., 2019). Bu durum, yangınların artık doğal bir ekosistem düzenleyicisi olmaktan çıkıp toplum sağlığını, ekonomik istikrarı ve ekolojik dengeyi tehdit eden küresel bir risk faktörüne dönüştüğünü ortaya koymaktadır (Carmona-Moreno vd., 2005).

Son zamanlarda yapılan iklim araştırmaları incelendiğinde küresel ölçekte yangın mevsimlerinin dünya genelinde uzadığını ve yangın hava koşullarının şiddetinin arttığı görülmektedir (Jolly vd., 2015). Bu nedenle, yıkıcı yangın risklerini önleme ve etkilerini azaltma amacıyla, orman yangınlarının etkin yönetimi ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi için yüksek çözünürlüklü ve neredeyse gerçek zamanlı yangın tehlike değerlendirmeleriyle kritik önem taşımaktadır (Özcan vd., 2024). Çünkü geleneksel yangın tehlikesi değerlendirme sistemleri, temel olarak meteorolojik parametrelere (sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yağış) odaklanmaktadır. Diğer bir deyişle, orman yangını tehlikelerini ve davranışını anlamak, yangın çevresi üçgenindeki yakıt ve topoğrafya faktörlerini içermeyi gerektirir (Countryman, 1972).

Bu kapsamda BehavePlus (Andrews, 2007) ve FARSITE (Finney, 1998) gibi yangın modelleme sistemleri, yakıt özellikleri, topoğrafya ve hava durumu verilerini birleştirerek yangın davranışını tahmin etmede önemli bir gelişme sağlamıştır. Bu modeller sayesinde, son yıllarda yangınların nasıl başlayacağı ve yayılacağı konusunda daha doğru tahminler yapılabilmekte ve yangın ekolojisi araştırmaları hem zamansal hem de mekânsal açıdan derinlik kazanmıştır (Yebra vd., 2018). Böylece bu yakıt özelliklerinin gerçekçi mekânsal ve zamansal tahminleri, yangın yöneticilerine, belirli yakma uygulamaları ve aktif olaylar sırasında daha etkili yangın yayılma tahmini ile büyük ölçekli yangın risklerini azaltmalarında yardımcı olmaktadır (Alexander & Cruz, 2006).

Yangın ekolojisindeki söz konusu gelişmelere rağmen, uzaktan algılama yöntem ve teknikleri kullanımının yaygınlaşmasıyla geleneksel yangın yönetimine göre daha bütüncül yakıt yönetimi ve bileşimi yaklaşımları yeni yangın çağına vazgeçilmez araçlarından birisi olarak halen yerini korumaktadır (Miller & Urban, 2000; Viegas vd., 2013). Yakıt sınıflandırma sistemleri burada, yangın yönetiminde kritik bir rol oynayarak yakıt tiplerinin bilimsel kriterlere göre sınıflandırılması, yakıt özelliklerinin nicel olarak ölçümü, üç boyutlu yakıt dağılımlarının gösterilmesinde, yangın davranış modellemesinde temel veri kaynağı sağlamaktadır (Ottmar vd., 2007; Rothermel, 1972). Ancak yapılan araştırmalar, yangın modelleme çalışmalarında yerel olmayan veri kullanımının önemli hatalara yol açabileceğini göstermektedir (Lopes Queiroz vd., 2019). Bu durum başta topografik yapı ve mikro iklim koşullarının bölgeden bölgeye değişiklik göstermesinin yanı sıra, farklı bölgelerden alınan standart verilerin yerel koşulları yansıtmaması, genelleştirilmiş yakıt modellerinin gerçek yanıcı madde dağılımını tam anlamıyla temsil edememesi gibi koşullara bağlı olarak farklı sonuçlar doğurmaktadır. Sonuç olarak yangın modelleme çalışmalarında mümkün olduğunca yerel ölçümlerin ve bölgeye özgü verilerin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle yakıt örneklemeye çalışmaları ve lokal meteorolojik veri toplama sistemleri, simülasyonların doğruluğunu artırmak için vazgeçilmezdir.

Yakıt yükleri katmansal yapısı itibarıyla orman yangınlarının davranış biçimlerini anlamada önemli bir yapıya sahip olup, yanma esnasındaki yakıt birikim hızı, ayrışma oranı yakıtın eklenme oranındaki dengenin de bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır (Agee vd., 1973). Örneğin, ormanlardaki yangınlardan sonra, yakıt genellikle hızlı ve sürekli bir şekilde birikir ve ardından birikim hızı yavaş yavaş denge seviyesine düşer (Olson, 1963). Bu nedenle, yakıt yükleri, arazi yönetimi karar verme süreçlerinde uygulanmış olan yakıt birikim modelleri kullanılarak tahmin edilebilir ve öngörülebilir (Jurskis, 2005) bir kolaylık sağlar.

Bu doğrultuda bu çalışma, orman yangınlarının dinamiklerini ve ekosistem üzerindeki etkilerini anlamak üzere yakıt yükü tahmin modellerinin mevcut eksikliklerini incelemeyi, uzaktan algılama yöntem ve teknikleriyle yer ölçümlerinin entegrasyonunun yangın yönetim stratejilerine katkısını değerlendirmeyi ve Google Earth Engine (GEE), Python Engine (PE) gibi platformların yakıt yükü modellemesinde sağladığı yüksek çözünürlüklü analiz kapasitesini ekosistem dinamikleri bağlamında test etmeyi amaçlamaktadır. Buna göre nicel veri analizini takiben Sistematik Literatür Taraması (SLR) entegrasyonunda şu hipotezler oluşturulmuştur:

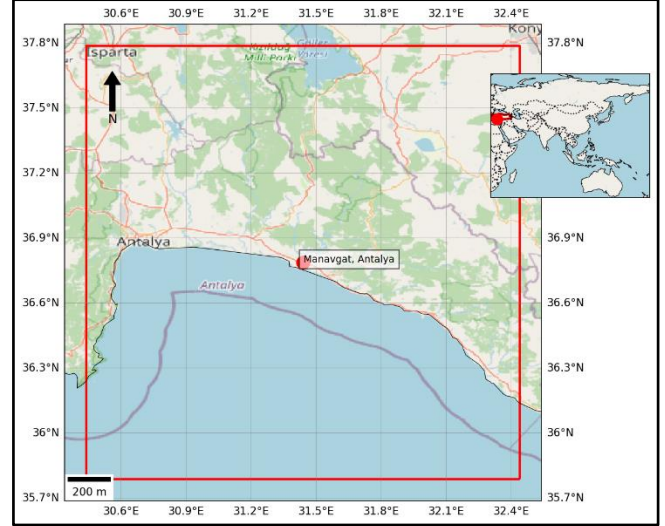
- **H1:** Mevcut yakıt yükü modelleri (BehavePlus, FARSITE vb.) yakıt katmanları arasındaki dinamik etkileşimleri, mekânsal heterojeniteyi ve iklim değişikliğinin yakıt birikimine etkilerini ortaya koymada kolaylık sağlamasına rağmen; zaman zaman mega yangın davranışı tahminlerinde belirsizliklere ve yönetsel açıkların ortaya çıkmasına yol açmaktadır? hipotezi ilgili literatür boşluklarından hareketle değerlendirilmiş ve stratejik yakıt modelleme teknikleri eşliğinde sınıflandırılmıştır.
- **H2:** Uydu verisi ile yer tabanlı ölçümlerin entegrasyonu, yakıt yükü tahminlerinde Rothermel yangın yayılım modelinin proaktif yaklaşımını nasıl desteklemektedir? Hipotezi yakıt nemi ve topoğrafya faktörlerinin gerçek zamanlı etkileşimi düzeyinde modellenerek açıklanmaya çalışılmıştır.
- **H3:** GEE'nin orman yangınlarında yakıt yükü tahmininde kapasitesi, ekosistem dinamiklerini anlamadaki kabiliyet ve becerisi nasıldır? Hipotezi doğrulamasında ise amaçlı örneklem çerçevesinde yangın riskinin yüksek olduğu başlıca örnek alanlar GEE işlevleri (ör. imageCollection.filterDate, reduceRegion, sampleRegions) ile belirlenerek entegre indeks kütüphaneleri ile analiz edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanının yeri ve özellikleri

Çalışma alanı, Antalya ilinin Manavgat ilçesi sınırlarında ve yaklaşık 36.000 ha orman alanına sahip, 31°19'54" ve 31°35'00" Doğu boylamları ile 36°50'46" ve 37°1'35" Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Bu alanın seçilmesinde orman yangınlarının sıklıkla meydana geldiği, yangına hassas bir ekolojik bölge olması yanı sıra zengin tür çeşitliliğine sahip olması önemli bir rol oynamıştır. Çalışma alanı yüksekliği yaklaşık olarak deniz seviyesinden başlamakta olup 2700 m'ye kadar ulaşır. Çalışma alanının litostratigrafik yapısı büyük ölçüde kalkerli bir yapıda gelişmiştir. Alanın ortalama sıcaklık değişimleri 18.6 °C ve ortalama yağış miktarı 1089,6 mm'dir. Çalışma alanında

bulunan bitki türlerinin başında kızılçam (*pinus brutia*), karaçam (*Pinus nigra*), fıstıkçamı (*Pinus pinea*), servi (*Cupressus sempervirens*), sedir (*Cedrus libani*), toros göknarı (*Abies cilicica*), kokulu ardıç (*Juniperus foetidissima*), boylu ardıç (*Juniperus excelsa*), andız (*Juniperus drupaceae*), katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus*), Kermes meşesi (*Quercus coccifera*), Saçlı meşe (*Quercus cerris*), Lübnan meşesi (*Quercus libani*), saplı meşe (*Quercus robur*), defne (*Laurus nobilis*) ve çınar (*Platanus orientalis*) gelmektedir (Güney vd., 2015).



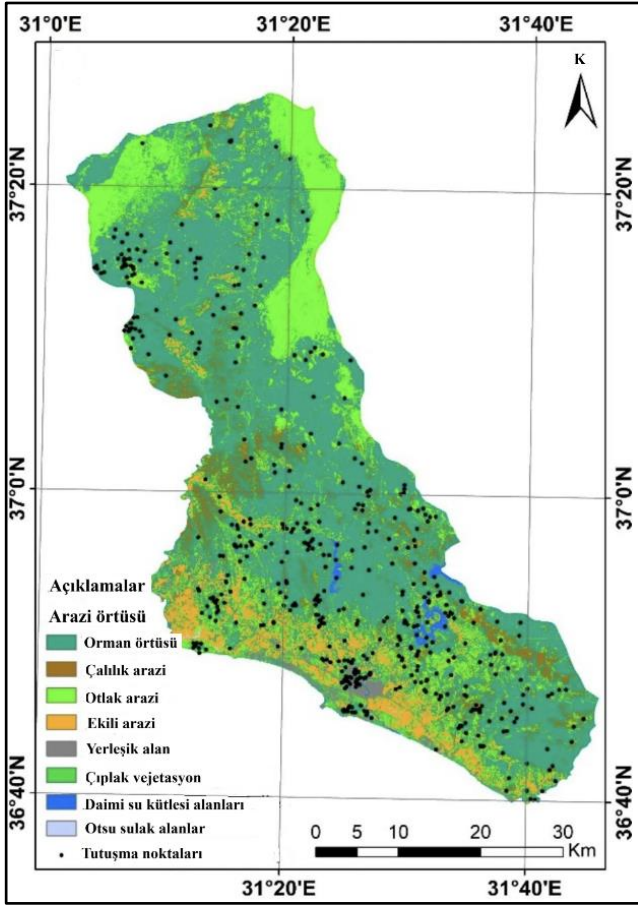
Şekil 1. Çalışma alanı yeri ve sınırları

2.2. Örneklem alanı arazi kullanım özellikleri

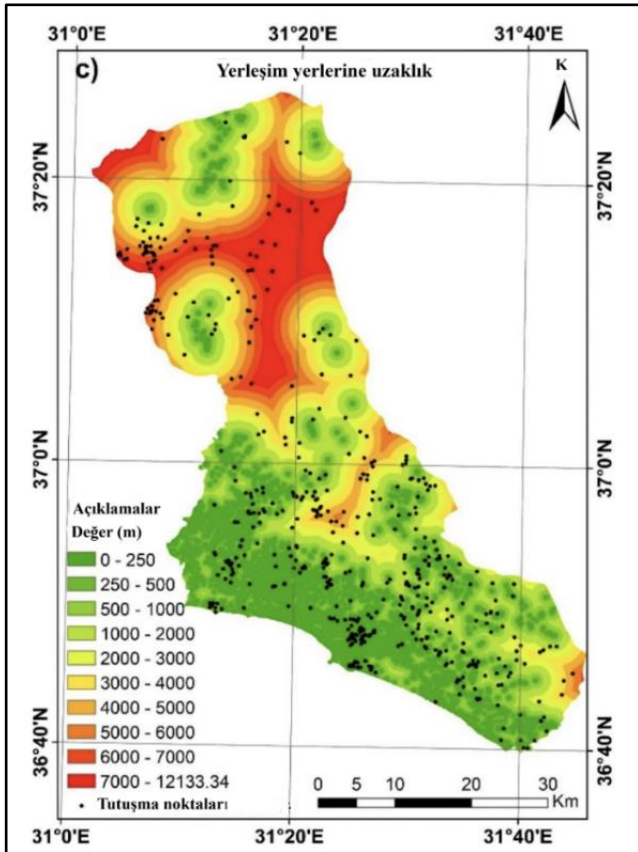
Şekil 2 incelendiğinde Avrupa Uzay Ajansı tarafından üretilen 10 m çözünürlüklü küresel arazi örtüsü veri seti Sentinel-1 ve Sentinel-2'ye dayanmaktadır. Bu veri setine göre, çalışma alanının %57,68'i ağaç örtüsü, %7,47'si çalılık, %18,43'ü mera, %7,12'si tarım arazisi, %1,9'u binalar, %6,46'sı çıplak/seyrekle bitki örtüsü, %0,85'i kalıcı su kütelleri ile kaplı ve %0,09'u otsu sulak alan ile kaplı durumundadır.

2.3. Örneklem alanı yerleşim yerlerine uzaklık

Şekil 3 incelendiğinde yangın hızının yayılımında, orman yangınların meydana gelmesinde önemli bir yere sahip olan yerleşim yerleri ve yoldan uzaklık en önemli beşeri kaynaklı faktörlerdendir (Adab vd., 2013). Ayrıca bilindiği üzere yerleşim yerlerine yakın orman alanları ve meralar yangına daha yatkın olmakla birlikte yerleşim yerlerinde yaşayan insanlar çeşitli etkinlikler nedeniyle yangınlara neden olmaktadır (Jaiswal vd., 2002). Bu noktada yüksek nüfus yoğunluğu, insan kaynaklı yangınlara neden olurken, bitki örtüsü yapısını değiştirir ve yanıcı malzeme miktarını azaltarak yangın olasılığını düşürmektedir. Bu açıdan çalışma alanındaki yerleşimlere olan mesafe 0 ile 12,133.34 m arasında değişmektedir. Konut alanlarına olan mesafe 10 alt sınıftan oluşmaktadır (0–250, 250–500, 500–1000, 1000–2000, 2000–3000, 3000–4000, 4000–5000, 5000–6000, 6000–7000, 7000–12,133.34 m; (Akıncı & Akıncı, 2023).



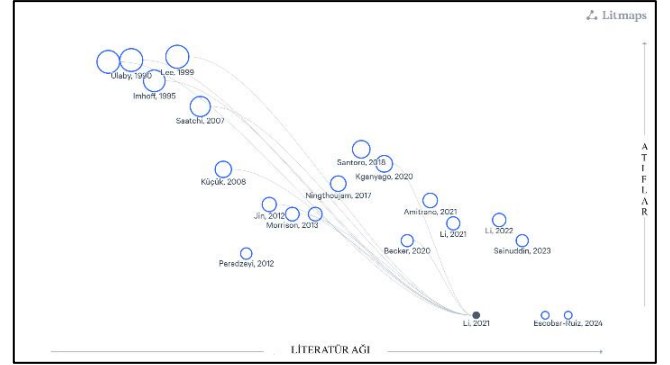
Şekil 2. Örneklem alanı arazi kullanım haritası (Akıncı & Akıncı, 2023'den yeniden düzenlenerek).



Şekil 3. Örneklem alanı yangın-yerleşim yerlerine uzaklık haritası (Akıncı & Akıncı, 2023'den yeniden düzenlenerek).

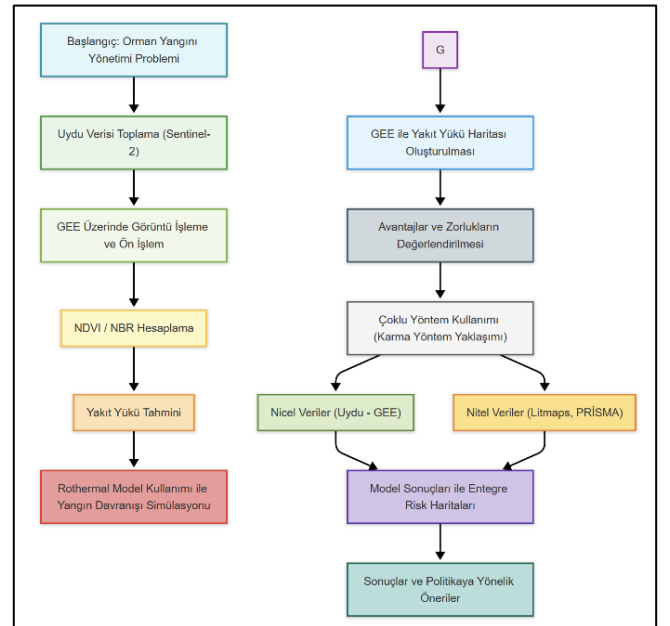
2.4. Araştırma deseni

Bu çalışmada öncelikle çalışmanın metodolojik bağlamını kuvvetlendirmek amacıyla uzaktan algılama teknolojisinin çeşitli yakıt türleri arasında farklı yakıt katmanlarından yakıt yükünü tahmin etmek için nasıl kullanıldığı? sorusundan hareketle kavramsal ve kuramsal çerçevede SLR bileşenli literatür analizi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada “Yakıt yükü ve uzaktan algılama” anahtar kelimeleri paralelinde literatür haritalaması ve atıf ağlarının görselleştirilmesi için “Litmaps” yazılımı kullanılmıştır (Şekil 4). Çünkü araştırma sorularının belirlenmesi ve literatürdeki boşlukların tespiti amacıyla, literatür taramasında Litmaps’in dinamik atıf ağı son yıllarda tercih edilen bir haritalamadır (Kaur vd., 2022). Diğer bir deyişle Litmaps, açık bir eğitim ağı kaynağıdır (Colvard vd., 2018; Ikahihifo vd., 2017).



Şekil 4. Literatür ağı özeti

Bu noktada literatür ağı özeti ortaya koyulmasını takiben orman yangınlarının önlenmesi ve yönetimi kapsamında yakıt yükünün zamansal ve mekânsal sınırlılığı nasıl olmalıdır? Araştırma problemini takiben Merriam kodlarından oluşturulan (Şekil 5)'de verilen iş-akış şeması oluşturulmuştur. Merriam kodları temel sentaks dizinde Javascript programı temelinde dinamik bir diyagram ve grafik oluşturma aracıdır.



Şekil 5. Çalışmanın birleşik (covergent paralel) karma yöntemler deseni (Creswell & Plano Clark, 2017)

Daha sonra çalışmada, CORINE arazi-kullanım örtüsü, (European Environment Agency, 2018), Sentinel-2 tabanlı NDVI, MODIS TERRA platformuna ait NCV ve SDVI indeks verileri kullanılmıştır. CORINE verileri Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency) tarafından, Avrupa çevresi hakkında nesnel, hedefe dayalı bir arazi örtüsü sağlamaktadır. Bu veriler, uydu görüntülerinin manuel vektörizasyonu ile oluşturulmaktadır. Türkiye’de ilk kez 2000 ve 2006 yılları arasında arazi örtüsü verileri üretilmiş olup, ardından 2012-2018’de geriye dönük olarak 1990 yılı arazi kullanım-örtüsü şeklinde üretilmiştir.

Manuel veri işleme uzun zaman alıcı, kullanıcı kabiliyetine bağlı olarak türetilmesine rağmen farklı kullanıcı verilerinin birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu yüzden bilhassa 2000 ve 2006 yılı Türkiye tabanlı arazi örtüsü verileri, ülke çapında aynı duyarlılıkla yapılmayıp aynı arazi örtüleri farklı sınıflarla tanımlanmıştır (Özcanlı & Yılmaz, 2024).

Bu çalışmada, orman yangını yönetiminde uzaktan algılama temelli yakıt yükü analizinin Google Earth Engine (GEE) ortamında gerçekleştirilmesini konu edinmiş ve bu kapsamda hem nicel hem de nitel verileri içeren bir yaklaşım benimsemiştir. Araştırmada, Sentinel-2 uydu verileri kullanılarak NDVI ve NBR (Normalized Burn Ratio) gibi spektral indeksler hesaplanmış; bunlardan elde edilen verilerle yakıt yükü tahmini yapılmıştır. Ayrıca, Rothermal yangın davranış modeli yardımıyla yangının yayılma potansiyeli ve risk düzeyi simüle edilmiştir. Tüm bu süreçler, nicel veri analizine dayanmaktadır.

Bununla birlikte, çalışmanın sadece sayısal verilerle sınırlı kalmaması amacıyla, uzman görüşleri, alan gözlemleri ve literatür yorumları gibi nitel veri kaynakları da araştırma sürecine dâhil edilmiştir. Bu bağlamda, elde edilen nicel çıktılar, saha verileri ve uzman değerlendirmeleriyle desteklenmiş; böylece analizlerin bağlamsal geçerliliği artırılmıştır.

Bu yönüyle araştırma, karma yöntem araştırma deseni içinde yer almakta olup, Birleşik Karma Yöntem (Convergent Parallel Mixed Methods Design) çerçevesinde yapılandırılmıştır (Dawadi vd., 2021; Fontán-Vela vd., 2021; Kim vd., 2024). Bu desene göre, nicel ve nitel veriler eşzamanlı olarak toplanmış, ayrı ayrı analiz edilmiş ve sonuç aşamasında bütüncül biçimde birleştirilerek yorumlanmıştır. Bu yaklaşım, uzaktan algılama verilerinden elde edilen nesnel çıktıların, alana özgü bağlamsal bilgilerle desteklenmesini sağlayarak, yangın yönetimi açısından daha kapsamlı ve uygulanabilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanımıştır.

2.5. Veri kaynakları

Bu çalışmada Python Engine 3 Google Engine (PEGE), Google Earth Engine platformu aracılığıyla orman yangını yönetiminde karşılaşılan yakıt yükü (diri örtü, yüzey örtüsü, ölü örtü) kaynaklı sorunsalına proaktif çözüm önerileri sunulmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda amaçlı örnekleme çerçevesinde seçilen Türkiye sınırları içerisinde belirlenen örnek orman yangını riskine duyarlı alanların Manavgat (Antalya) sınırları Open Street Map, ESA verileri kullanılarak tespit edilmiş, daha sonra yakıt yönetimi modelleri çerçevesinde GEE’de Manavgat kıyı kordonunu kapsayacak şekilde NDVI, NBR indeks hesaplamaları yapılmıştır. Araştırma sahası üzerine yapılan analizlerde vejetasyon sezonunun kesintisiz 365 gün sürdüğü göz önüne

alınarak (Kaya, 2024) biyokütle net artışında pozitif ölçekte artışlar gözlemlenmiştir.

GEE platformu, geniş spektral boyutta uydu veri setlerinin hızlı ve verimli bir şekilde indirgenmesi, birleştirilmesi ve analizinde kolaylık sağlamakta olup, araştırmanın Sentinel-2 verileriyle gerçekleştirilmesine uygun bir zemin hazırlamaktadır (Xulu vd., 2021). Sentinel-2 kaynakları Sentinel-2, klorofil içeriği karakterizasyonu için uygun kırmızı kenar bantları da dahil olmak üzere üstün spektral özellikleri sayesinde yanmış alan izleme için cazip bir kaynak potansiyeli taşımaktadır (Puletti vd., 2018). Örneğin "yangın şiddeti" haritalaması için yeni indeksler oluşturma imkânı da sağlamaktadır (Filipponi, 2019). Konuyla bağlantılı ilgili literatür ağı incelendiğinde normalize edilmiş yanma oranı (NBR) kullanarak yanan alan hasarı tespitinde önemli bir ilerleme sağlandığı dile getirilmektedir (Santos vd., 2020).

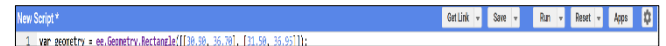
NBR ise, elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi (NIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) bölgelerini kullanır (Eidenshink vd., 2007). Bu indeks diğer bir ifadeyle bitki örtüsündeki yangınları tespit etmek için uygunluk gösterir. Çünkü NIR'deki değişiklikler genellikle fotosentetik olarak aktif bitki örtüsündeki değişimleri temsil eder; bu da yangınla birlikte azalır ya da SWIR'deki değişikliklerin nem içeriğini yansıtmamasını kolaylaştırır (Keeley, 2009). Dolayısıyla bu çalışmada GEE çerçevesi içinde Sentinel-2 kaynaklı NBR ve dNBR indekslerini kullanarak yakıt yükünü izlemek için hızlı ve uygun maliyetli bir yöntem sunulmaya çalışılmıştır.

2.6. Veri analiz yöntemleri

Bu çalışmada orman yangını yönetiminde yakıt yükü analizinin izlenmesinde GEE ve PEGE platformu kullanılarak Sentinel-2 tabanlı NDVI verilerinden hareketle yakıt kullanım sınıfları belirlenmiş ve analizler 2022-2023 yılları arasındaki veri setleriyle sınırlandırılmıştır. Söz konusu veri setleri 2023 yaz verilerinde piksel bulut sorunlarını aşmak amacıyla bulut maskeleme işlemleri yapılarak verinin işlenmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Analizler, seçilen arazi kullanım sınıfları, vejetasyon örtüsü kabiliyeti vb. koşullara göre sınıflandırılmıştır.

2.6.1. Çalışma alanının belirlenmesi

Araştırma alanı olarak, örneklem alanı olarak seçilen Manavgat çayı havzası sınırları, GEE üzerinde depolanabilir “projects/tur-dr/assets/Manavgat” veri seti kullanılarak tanımlama yapılmıştır:



2.6.2. Sentinel-2 NDVI verilerinin hazırlanması

Bitki örtüsünün sağlık, yoğunluk gibi fizyolojik özelliklerini belirlemek için Sentinel-2 sensöründen elde edilen NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) verileri kullanılmıştır. GEE’de daha sonra mevcut “COPERNICUS/S2_SR” veri seti üzerinden 2023-08-01, 2023-08-31 NDVI verileri aşağıdaki gibi filtrelenmiştir:

```
2 var sentinel2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
3   .filterDate('2023-08-01', '2023-08-31')
4   .filterBounds(geometry)
5   .median()
6   .clip(geometry);
7 var ndvi = sentinel2.normalizedDifference(['B8', 'B4']);
8 var nbr = sentinel2.normalizedDifference(['B8', 'B12']);
```

Bu adımda, NDVI değerleri 0.0001 ile çarpılarak normalize edilmiştir. Ayrıca, veriler çalışma alanı sınırları içinde olacak şekilde filtrelenmiştir.

2.6.3. NBR verilerinin hazırlanması

Örneklem alanı çevresindeki yanan alan özelliklerini görmek amacıyla “COPERNICUS/S2_SR” veri seti üzerinden NBR verileri aşağıdaki gibi filtrelenmiştir:

```
New Script*
9 var fuelload = ndvi.multiply(nbr).rename('fuel_load');
10 var percentiles = fuelload.reduceRegion({
11   reducer: ee.Reducer.percentile([20, 50, 80]), // %20, %50, %80 percentil
12   geometry: geometry,
13   scale: 10,
14   maxPixels: 1e9
15 });
16
17 var p20 = ee.Number(percentiles.get('fuel_load_p20'));
18 var p50 = ee.Number(percentiles.get('fuel_load_p50'));
19 var p80 = ee.Number(percentiles.get('fuel_load_p80'));
20 var fuelClass = fuelload
```

2.6.4. Yakıt yükü verilerinin hazırlanması

Örneklem alanı çevresindeki diri ve kuru yakıt yüklerinin tespiti ve özelliklerinin belirlemek amacıyla “COPERNICUS/S2_SR” “COPERNICUS/CORINE/v20/100 m/2010” veri seti üzerinden aşağıdaki gibi filtrelenmiştir:

```
New Script*
17 var p20 = ee.Number(percentiles.get('fuel_load_p20'));
18 var p50 = ee.Number(percentiles.get('fuel_load_p50'));
19 var p80 = ee.Number(percentiles.get('fuel_load_p80'));
20 var fuelClass = fuelload
21   .where(fuelload.lt(p20), 1) // Düşük (320-50)
22   .where(fuelload.gte(p20).and(fuelload.lt(p50)), 2) // Orta (520-50)
23   .where(fuelload.gte(p50).and(fuelload.lt(p80)), 3) // Yüksek (520-80)
24 var areaStats = fuelClass.reduceRegion({
25   reducer: ee.Reducer.frequencyHistogram(),
26   geometry: geometry,
27   scale: 10,
28   maxPixels: 1e13
29 });
30
31 var areas = ee.Dictionary(areaStats.get('classification'));
32 var totalArea = geometry.area().divide(1e4); // Toplam alan (ha)
33
34 // Alanları konsola yazdır
35 print('Yakıt Sınıfları (HA):', areas.map(function(key, value) {
36   return ee.Number(value).divide(1e4); // Pikel sayısını ha'ya çevir.
37 }));
38 print('Toplam Alan (HA):', totalArea);
39 Map.centerObject(geometry, 10);
40 Map.addLayer(fuelClass, {
41   min: 1,
42   max: 4,
43   palette: ['green', 'yellow', 'orange', 'red']
44 }, 'Yakıt yükü (K)');
```

Yakıt yükünün alansal dağılımındaki farklılıklar dikkate alındığında, sürekli durum yakıt birikim modelleri; saha ölçümlerine başvurmadan veya sabit tablo değerleri kullanmadan, toprak tipi, yakıt türü ve tepe örtüsü yoğunluğu gibi etkenleri dikkate alarak yakıt yükündeki değişimi tahmin edebilir. Bu özellikle yangın geçmişi bilinmeyen alanlarda büyük avantaj sağlar (Bresnahan, 2003). Yapılan araştırmalar, mavi okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ormanlarında ağaç taban alanı ile yüzey kuru yakıt miktarı arasında belirgin bir ilişki olduğunu göstermektedir. Özellikle geniş taç hacmine sahip ağaçların altında daha fazla yaprak/dal biriktiği gözlenmiştir (Agee vd., 1973). Daha yakın tarihli çalışmalar ise istatistiksel yöntemlerle (çok değişkenli regresyon analizi) yüzey örtüsü kaplama oranı ve yakıt derinliği gibi faktörlerin yakıt birikimini nasıl etkilediğini ortaya koymuştur (Gilroy & Tran, 2020).

Uzun vadeli ve büyük ölçekli yer gözlem veya uzaktan algılama teknolojileri sayesinde günümüzde bu tarz farklı ölçekler ve yakıt türleri arasında çeşitli yakıt katmanları için yakıt yükünün sistematik, verimli ve doğru bir şekilde nicelendirilebilmesi için umut verici bir yol sunmaktadır (Forkuor vd., 2020; Rollins vd., 2004). Bu, yangınlar ve fırtınalar gibi ekstremler ve yağış gibi yakıt yüklerini etkileyen faktörlerdeki yıllar arası değişimlerin neden olduğu dinamik koşullarda özellikle önemli olmakla birlikte yakıt yüklerinin uzaktan algılama yoluyla geniş bölgelerde kapsamlı ve yüksek kaliteli yakıt haritalarının sürekli olarak mevcut olmasını sağlamak, yangın yönetim stratejilerine değerli destek sunabilir.

Yakıt yükü hesaplamada yaygın olarak kullanılan bir üstel fonksiyon, yüzey kuru örtü yakıtının hızla sabit bir duruma ulaştığını tanımlamakta kullanılır (Formül 1).

$$w_t = L / (k(1 - e^{-kt}))$$

Burada k'nin ayrışma sabiti olduğu, L'nin durağan koşullar altında biriken yüzey litter yakıt kütlesini temsil ettiği ve w_t'nin t zamanındaki (son yangından bu yana geçen yıllar) yüzey atık yakıt kütlesi olduğu yer karşımıza çıkmaktadır. Bu modelde t (son yangından bu yana geçen yıl sayısı), yakıt yükü birikimini belirleyen tek bağımsız değişkendir; mekânsal farklılıklar (örneğin yakıt yükünün alana göre değişimi) doğrudan ele alınmaz. Ayrıca, bir önceki yangında ne kadar yakıtın tüketildiği, birikim eğrisinin başlangıç değeri (*intersept*) üzerinde kritik bir sınır oluşturur: eğer son yangında çok az yakıt kalmışsa, birikim sıfır yükten değil, daha düşük bir değerden başlar. Sonuç olarak, yakıtın birikim şekli yalnızca çevresel faktörlere, mevcut bitki türlerine ve yangından bu yana geçen zamana bağlı olarak değil, aynı zamanda yanma şiddetine de bağlı olarak değişir (Murphy & Russell-Smith, 2010; Keifer vd., 2006).

2.6.5. ROS model yakıt yükü model hazırlanması

Orman yangını davranış biçimlerini anlama adına geliştirilen ve günümüzde halen yaygın biçimde kullanılan deterministik, matematiksel bir model olan “Rothermel” modeli 1972 yılında bir tür yangın yayılım modelinin (*fire spread model*) temellerini oluşturmaktadır (Rothermel, 1972). Model, yangının yayılma hızını hesaplamak için yakıt yükü, nem içeriği, rüzgâr hızı, eğim, yakıt parçacıklarının boyutu ve dağılımı gibi fiziksel ve çevresel değişkenleri bir araya getirir. Özünde, model yangının enerji üretimini ve bu enerjinin ne kadarının yangının yayılmasına katkı sağladığını tahmin eder. Temel parametreleri ise şu şekildedir:

- **Yakıt karakteristikleri:** İnce yanıcı maddelerin (1-h, 10-h sınıfı) oranı, yükü (kg/m²), yüzey alanı/hacim oranı (SA/V), düzen faktörü.
- **Hava koşulları:** Rüzgâr hızı (özellikle 20-ft seviyesinde), hava sıcaklığı, bağıl nem.
- **Topografya:** Eğimin yangının yönüyle olan ilişkisi.
- **Nem durumu:** Yakıtın nem içeriği, canlı ve cansız ayrımıyla birlikte

Matematiksel yapı çerçevesinde model formül 2’de açıklandığı gibidir:

$$R = \frac{I_R \cdot \epsilon \cdot \phi_w \cdot \phi_s}{P_b \cdot \epsilon \cdot Q_{ig}}$$

Buna göre;

- I_R : Yangının reaksiyon yoğunluğu (*reaction intensity*)
- ϵ : Verimlilik faktörü
- ϕ_w : Rüzgâr düzeltme faktörü
- ϕ_s : Eğim düzeltme faktörü
- ρ_b : Yakıtın bulk yoğunluğu
- ϵ : Isının etkili oran
- Q_{ig} : Tutuşma için gereken ısı miktarı

Bu doğrultuda temel fiziksel parametreler eşliğinde Python 3 Google Compute Engine platformunda temel düzeyde 3D interaktif destekli Antalya merkezli Rothermel

yangın yayılım modeli oluşturulmuştur (Şekil 6). Söz konusu yayılım modeli oluşturulurken izlenen veri kodlamaları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Rothermal model temsiliyetleri

Bileşen	Açıklama	Rolü
X Eksen	Rüzgâr hızı (mph)	Yangın yayılma hızı
Y Eksen	Eğim derecesi (°)	Yangın davranışı
Z Eksen	Yayılma hızı (ft/dk)	Yangın ilerleme hızı

Basitleştirilmiş Rothermal modeli oluşturma adımları aşağıdaki gibi verilmiştir.

```

!pip install numpy matplotlib folium

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
import folium
import plotly.graph_objects as go
from matplotlib.colors import LinearSegmentedColormap
from IPython.display import display

class WildfireVisualizer:
    def __init__(self):
        # Başlangıç koordinatları (Örnek: Antalya)
        self.fire_origin = [36.8969, 30.7133]
        self.fire_data = None

    def simple_rothermal(self, wind_speed, slope_deg, fuel_moisture):
        """Basitleştirilmiş Rothermal modeli"""
        wind_factor = 0.1 * wind_speed
        slope_factor = 0.05 * slope_deg
        moisture_factor = 0.03 / (fuel_moisture + 0.01)
        return max(0.1, wind_factor + slope_factor + moisture_factor)

    def generate_fire_spread_data(self):
        """3D yangın yayılım verisi oluşturur"""
        # Parametre aralıkları
        wind_speeds = np.linspace(0, 20, 15)
        slopes = np.linspace(0, 30, 15)

        # 3D grid oluştur
        W, S = np.meshgrid(wind_speeds, slopes)
        ros = np.zeros_like(W)

        # ROS değerlerini hesapla
        for i in range(W.shape[0]):
            for j in range(W.shape[1]):
                ros[i,j] = self.simple_rothermal(W[i,j], S[i,j], 0.08)

        self.fire_data = {'wind': W, 'slope': S, 'ros': ros}
        return W, S, ros

    def plot_3d_surface(self):
        """3D yüzey grafiği oluşturur"""

    def plot_3d_surface(self):
        """3D yüzey grafiği oluşturur"""
        if self.fire_data is None:
            self.generate_fire_spread_data()

        fig = plt.figure(figsize=(12, 8))
        ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')

        # Yangın şiddeti için özel renk haritası
        fire_cmap = LinearSegmentedColormap.from_list('fire', ['green', 'yellow', 'orange', 'red'])

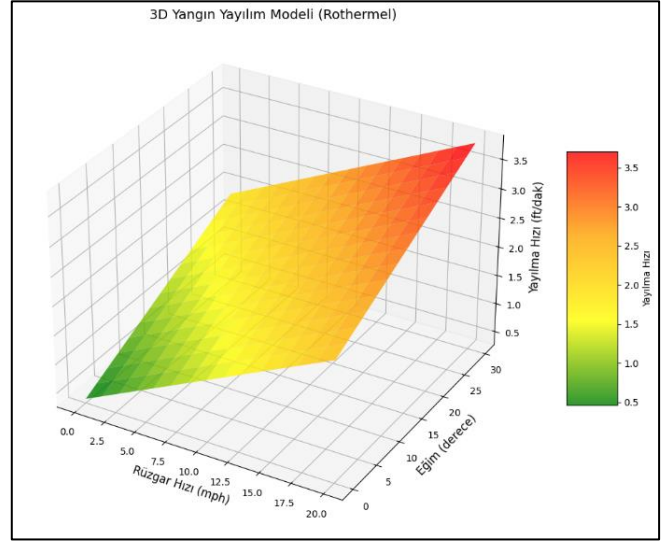
        surf = ax.plot_surface(
            self.fire_data['wind'],
            self.fire_data['slope'],
            self.fire_data['ros'],
            cmap=fire_cmap,
            edgecolor='none',
            alpha=0.8)

        ax.set_xlabel('Rüzgâr Hızı (mph)', fontsize=12)
        ax.set_ylabel('Eğim (derece)', fontsize=12)
        ax.set_zlabel('Yayılma Hızı (ft/dak)', fontsize=12)
        ax.set_title('3D Yangın Yayılım Modeli (Rothermal)', fontsize=14)

        fig.colorbar(surf, shrink=0.5, aspect=5, label='Yayılma Hızı')
        plt.tight_layout()
        plt.show()

```

Şekil 6 incelendiğinde yapısal düzeyde modelin anatomisi Tablo 2’de, fiziksel dinamikleri Tablo 3’te, kritik eşik değerleri Tablo 4’te, model sınırlamaları Tablo 5’te, operasyonel çıkarımlar Böylece taktik karar desteği ve risk haritalama düzeyinde sağlam bir eğitsel pedagojik araç sunulmaya çalışılmıştır karar vericiler için.



Şekil 6. Basitleştirilmiş örnek bir Rothermal yangın yayılım modeli.

Tablo 2. Modelin yapısal düzeyde anatomik gösterimi

Bileşen	Teknik Detay	Yangın Dinamiği Açıklaması
X Eksen	0-20 mph aralığı	10 mph+ rüzgâr yayılma hızı
(Rüzgâr)		
Y Eksen	0-30 °eğim	15° sonrası ROS’a kadar azalma
(Eğim)		
Z Eksen (ROS)	0-5ft/dk	Tehlikeli seviye
Renk Skalası	Mavi (0) → Sarı (2.5)	Kritik yayılma zonu
	→ Kırmızı (5)	

Tablo 3. Modelin fiziksel dinamikleri

Bölge	Matematiksel İlişki	Fiziki Boyut
Düşük	$ROS \propto 0.1 \times W$	Rüzgârın oksijen taşıması
Rüzgâr	$ROS \propto e^{(0.15 \times W)}$	Rüzgârın ısı transferi
Dik	$ROS \propto \tan(\text{slope})$	Alev dili ve ısı yayılımı artışı
Eğimler		
Nem		%10 nem azalımı ROS kritiği
Etkisi		

Tablo 4. Modelin kritik eşik değerleri

Parametre	ROS Değeri	Yangın Davranışı
Kombinasyonu		
15 mph + 20° eğim	3.2 ft/dak	“Torç etkisi” gelişme
5 mph + 30° eğim	2.1 ft/dak	Dominant yayılma
20 mph + 10° eğim	4.7 ft/dak	Dominant yayılma

Tablo 5. Modelin sınırlamaları

Gerçeklik	Simülasyon Yaklaşımı	Farklar
Faktörü		
Yakıt Heterojenliği	Tek tip yakıt kabulü	13 farklı NFDERS yakıt
Rüzgâr Türbülansı	Sabit rüzgâr yönü	mikro-türbülans
Topografya Etkisi	Tek boyutlu eğim	vadi dinamikleri

2.3.6. Veri değerlendirme

Elde edilen NDVI/NBR ve CORINE verileri GEE portalında tematik sınıflandırmalar doğrultusunda grafikler ve haritalar aracılığıyla görselleştirilmiştir. Ayrıca betimsel istatistiksel yöntemler çerçevesinde NDVI/NBR kombinasyonları çerçevesinde mevcut verilere istatistiksel bir anlam katabilmek için tablo, histogram, kovaryans matrisi gibi görselleştirmeler de yapılmıştır.

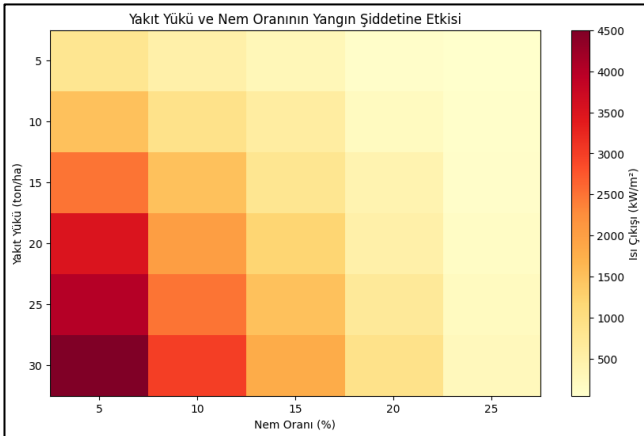
3. Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde örneklem alanı olarak belirlenen Manavgat (Antalya) merkezli kapsamlı jeo-mekansal veri setlerinden elde edilen bulguların sistematik bir değerlendirmesi, yakıt yükü tanımlaması ve orman yangınları davranışlarının uzamsal boyutu, UA yöntemleriyle yakıt yükü analizinin tahmin model sonuçları bu bölümde sunulmuştur. Araştırmada kullanılan ısı haritaları, eğim, yükselti, bakı, rüzgâr hızı kaynaklı yangın davranışı ve yakıt yükü tahmini sağlamaya yönelik yapısal değişimler yangın şiddeti ve derinliğini anlama ve yorumlama da kantitatif bir katkı sağlamaktadır.

Elde edilen veriler, bu coğrafi özelliklerin orman yangını yönetiminde yakıt yükü sorunsalına proaktif bir çözüm bulabilmek ve sürdürülebilir yangın yönetim stratejileri içinde temel oluşturmaktadır. Bu veriler ve değerlendirmeler aynı zamanda, çalışmanın daha önceki motivasyon kaynağı ve hedef soruları ile ele alınarak yangın davranışlarının nasıl bir bilişsel, entropik düzeyde ilişki içerisinde olduğunu ortaya koyarak mega yangın yönetimlerinde işlevsel pedagojik ve ampirik bir envanter kaynağı sağlamaktadır.

3.1. Yakıt yükü tanımı ve yangın davranışı üzerindeki etkisi

Kavramsal çerçevede orman yangın yönetiminde yakıt (*fuel load*), hem ölü hem de canlı yakıtın fiziksel özelliklerinden oluşur ve orman yangınlarının meydana gelmesi, şiddeti ve yayılması üzerinde kritik bir rol oynar. Orman ekosistemlerinde, yakıt katmanları yüzey, alt katman (yüksek ve yüzeye yakın) ve kapallık yakıt katmanları olarak kategorize edilir (Gould vd., 2011) (Şekil 7).



Şekil 7. Yakıt yükü ve nem oranının yangın şiddetine etkisini gösteren kavramsal bir ısı haritası (*heat map*)

Şekil 7’de verilen 6x5’lik matris, X: Yakıt Yükü [5-30 ton/ha], Y: Nem [5-25%] veri setinden oluşan yakıt yükü-nem oranı-yangın şiddeti ilişkisine dayalı ısı haritası incelendiğinde yakıt yükünün >20 ton/ha + Nem <%10 olduğu koşulda yüksek risk bölgeleri (koyu kırmızı/turuncu)

olarak ifade edilirken, yangın davranışı düzeyinde kalın ve kuru yakıtların hızla tutuşmasını temsil eden yangın derinliğinin 8-10 m’yi aştığı durumlarda yüksek ısı çıkışı sıcak sektörlü GB’lı siklonik sistemlerle bağlantılı olarak kor atlamalarına neden olabilir. Bu yüzden yakıt aralıklarının açılması prensibi (*fuel breaks*) tedbirlerine geçilmesi önleyici tedbirler kapsamında değerlendirilebilir.

Yakıt yükünün 10-20 ton/ha + Nem %10-15 olduğu koşullarda ise beklenen yangın davranışı ince yakıt yükü kontrolüne dayanan kontrollü yaktılar şeklinde nem artırıcı önlemler (su püskürtme) ile önlenebilir. Bu yangın riskine duyarlı yerleşimler orta risk bölgeleri (sarı/açık turuncu) bölgeler kapsamında değerlendirilmiştir. Bu koşulların yanı sıra yakıt yükü <10 ton/ha + Nem >%20 olduğu düşük seviyeli yangın davranışlarında alev boyu <1 metre, yayılma hızı <0.5 m/dak olarak kabul edildiğinde zayıf yanıcılık meydana gelir. Bu tarz yangın davranışı bölgeleri haritada düşük risk bölgeleri (açık beyaz/açık sarı) şeklinde gösterilmiştir. Özetle bu sıcaklık haritası, yangın davranışını niceliksel olarak modellemekle kalmaz, aynı zamanda önleyici stratejiler için bilimsel bir temel sağlamak amacıyla özellikle iklim değişikliği nedeniyle nem oranlarının düştüğü bölgelerde, yakıt yükünü azaltmaya yönelik projelere altlık oluşturması hedeflenmiştir. Ayrıca Şekil 8’de verilen ısı haritası örnek model kodları ise aşağıdaki gibidir:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

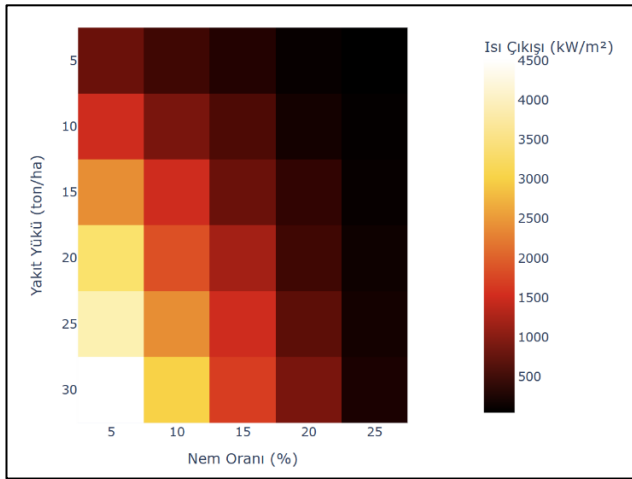
# Veri
fuel_load = np.array([5, 10, 15, 20, 25, 30]) # ton/ha
moisture = np.array([5, 10, 15, 20, 25]) # %
heat_output = np.array([
    [800, 500, 300, 100, 50],
    [1500, 900, 600, 200, 80],
    [2500, 1500, 800, 400, 100],
    [3500, 2000, 1200, 500, 150],
    [4000, 2500, 1500, 700, 200],
    [4500, 3000, 1800, 900, 250]
])

# Heatmap
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.imshow(heat_output, cmap="YlOrRd", aspect="auto")
plt.colorbar(label="Isı Çıkışı (kW/m²)")
plt.xticks(np.arange(len(moisture)), moisture)
plt.yticks(np.arange(len(fuel_load)), fuel_load)
plt.xlabel("Nem Oranı (%)")
plt.ylabel("Yakıt Yükü (ton/ha)")
plt.title("Yakıt Yükü ve Nem Oranının Yangın Şiddetine Etkisi")
plt.show()

import plotly.express as px

fig = px.imshow(
    heat_output,
    labels=dict(x="Nem Oranı (%)", y="Yakıt Yükü (ton/ha)", color="Isı Çıkışı (kW/m²)"),
    x=moisture,
    y=fuel_load,
    color_continuous_scale="hot"
)
fig.update_layout(title="Yangın Risk Isı Haritası")
fig.show()
```

Bu bağlamda yakıt yükünün ısı akışı kontrolünü temsil eden örnek matris veri üzerinden interaktif bir haritada oluşturulmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. Yakıt yükü ve nem oranının yangın şiddetine etkisini gösteren kavramsal ısı haritası örneği (*heat map*).

Bu zeminde yakıt yükü yönetiminde kuru biyokütle de birim alan başına yanma için mevcut olan canlı biyokütle miktarı da oldukça önemlidir (Keane, 2013). Çünkü yakıt yükü haritalamasında belirli yangınlarda söndürme işlemlerinde piroçeşitlik (*pyrodiversity*) ekosistem yönetimi açısından oldukça önemlidir. Terimsel düzeyde bir peyzajda yangın rejimlerinin (yangın sıklığı, süresi, yoğunluğu, mevsimselliği, kapsamı) çeşitliliğini ifade eden (Abdollahi & Yebra, 2025) piroçeşitlik, ekosistemlerde ekolojik direnç sağlamada habitat potansiyelini ortaya koymada bir yangın mozaiki görevi de üstlenir. Tablo 6 incelendiğinde yüzey yakıt yükünü belirleme de ve bunun yangınlar üzerindeki etkisini ölçme de rol oynayan başlıca yakıt özelliklerine yer verilmiştir.

Tablo 6. Yüzey yakıt yükünü belirleme de ve yangınlar üzerindeki potansiyel etkiyi anlama da kritik rol oynayan başlıca çeşitli orman yakıt özellikleri (Abdollahi & Yebra, 2025).

Yakıt katmanı	Özellik	Tanım	Yangındaki rolü
Kapalılık katmanı		Birim hacim başına gölgelik katmanındaki yakıt miktarı	Taç yangını yayılması
	Taç hacimsel yoğunluk (THC)	(kg/m ³) (KHC), Köprü	
	Kanopi yakıt yükü (KYY)	katmanı yakıt miktarı	
	Taç yüksekliği (TYİ)	(kg/m ²) (KYY),	
Alt katman	Taç taban yüksekliği (TTYİ)	Rüzgâr hızı ve yönünü etkileyen örneklem alanındaki en yüksek ağacın yüksekliği (KYİ)	Yüzeyden kanopiye
	Çalılar, otlar, sarmaşıklar ve küçük ağaçların	Belirli bir alandaki bu bitki	

alt katman yakıt yükü	tabakasında bulunan yanıcı malzemelerin kuru ağırlığı (kg/m ²)	yangın geçişi
Yüzey katmanı	Belirli bir alanda yer yüzeyinde veya yakınında bulunan yanıcı malzemelerin kuru ağırlığı (kg/m ²) ve tüm yüzey yakıt katmanlarında n tahmin edilen yüklerin toplanması	Yüzey yangını başlatma ve yayılma
	Tüm yüzey yakıt elemanlarının (yani yaprak örtüsü, kütükler, dalcıklar, dallar, otsu bitkiler ve odunsu atıklar) yüzey yakıt yükü	

Bu açıdan taç yangınları, şiddetli ve uzun süreli etkileri ile kontrol edilmesinin zorluğu nedeniyle özellikle endişe vericidir ve bu durum, yangın yöneticilerini taç yakıt özelliklerini anlamaya öncelik vermeye yöneltmektedir. Taç yakıt yükü (TYY), taç yüksekliği (TY), taç hacim yoğunluğu (THY) ve taç taban yüksekliği (TTYİ) gibi ana taç özellikleri, taç yangınlarının yayılmasını belirlemedeki kritik rolleri nedeniyle yaygın olarak kabul edilmektedir (Cruz vd., 2003).

Taç yakıt yükü (TYY), kg/m² veya mg/ha cinsinden ifade edilen, ateşleme için potansiyel olarak mevcut alan başına kanopi yakıtının kuru ağırlığını temsil eder, yangın yoğunluğunu ve yayılma hızını etkiler (Wagner, 1977). Taç taban yüksekliği (TTYİ), yüzey ve en alt taç yapraklar arasındaki dikey mesafe, yüzey yangınlarının taç yaprağına ulaşma olasılığını etkiler; daha düşük TTYİ genel yakıt yükünü ve taç yangın riskini artırır (Scott & Reinhardt, 2001). Taç hacim yoğunluğu (THY), taç tepe kısmındaki yakıt miktarını birim hacim başına (kg/m³) nicelendirir ve korunmuş bir ağaçtan diğer ağaca yayılma hızını etkiler (Chuvieco vd., 2003).

Alt katman yakıt tabakaları, çalılar, otlar, sarmaşıklar ve küçük ağaçlardan oluşarak orman yangını davranışı ve yayılmasında kritik bir rol oynar. Çalılar, yangınların yüzeyden kanopiye tırmanmasına olanak tanıyan merdiven yakıtları olarak işlev görebilirken, otlar ince yakıtlar olarak kolayca tutuşur ve yangını hızla yayar. Kuru dönemlerde, bu alt katman yakıtları son derece yanıcı hale gelir, yangın yoğunluğunu artırır ve taç yangınlarına geçiş olasılığını yükseltir. Alt katman yakıtlarının bileşimini ve durumunu anlamak, etkili orman yangını yönetimi ve azaltma stratejileri için hayati öneme sahiptir (Chuvieco vd., 2003).

Yüzey yakıtları, orman yangını bağlamında yönetilmesi en karmaşık yakıt türleri olarak kabul edilmektedir. BEHAVE, FlamMap ve FARSITE dahil olmak üzere çoğu yangın davranışı tahmin modeli, bu yakıt katmanının kesin bir fiziksel tanımını gerektirmektedir (Finney, 1998). Yüzey yakıtları, ölü ve canlı biyokütle (yani, litter, kütükler, dalcıklar, dallar, otsu bitkiler ve odunsu atıklar) içeren,

yüzey yangınlarının başlaması ve yayılması için hayati öneme sahiptir (Reich vd., 2004).

Ölü yakıtlar, bitki örtüsünün düzenini ve yanıcılığını etkileyerek orman yangını tahmininde önemli bir rol oynamaktadır. Yüzey yakıt yükü, yüzey yakıt katmanının birim alan başına kuru ağırlığı (kg/m^2) olarak ölçülen, yangın davranış modellerinde anahtar bir parametredir ve yangın yayılma hızı ile yangın hattı yoğunluğunu etkiler (Ivanova vd., 2020). Bu durumun yanı sıra belirli yüzey yakıt türlerinin yükü kritik öneme sahiptir. Çünkü farklı yakıt türleri yangın davranış modellerini farklı şekillerde etkiler. Yangın davranış modellerini ve tehlike sistemlerini etkili bir şekilde kullanmak için, her yakıt türünün fiziksel parametreleri sayısal olarak nicelendirilmelidir (Arroyo vd., 2008).

3.2. Yakıt yükü haritalama için UA teknikleri

Uzaktan algılama, yakıt yüklerini haritalamak için geniş bir sensör ve metodoloji yelpazesi sunar. Bu bölümde, kullanılan sensör türüne göre kategorize edilmiş yakıt yükü ve diğer ilgili yakıt özelliklerinin haritalanması için çeşitli uzaktan algılama teknikleri sunulmuştur. Bu kategoriler, pasif sensörler, aktif sensörler veya birleşik yaklaşımları kapsamaktadır.

3.2.1. Pasif Sensörler

Pasif sensörler, kendi enerjilerini yaymadan nesneler tarafından yayılan veya yansıtılan elektromanyetik radyasyonu yakalayan uzaktan algılama cihazlarıdır. Landsat, Sentinel, Terra/Aqua ve QuickBird gibi pasif optik sensörler, elektromanyetik spektrumun görünür ve kızılötesi kısımlarında elektromanyetik radyasyonu yakalar ve ölçer ve genellikle yakıt özelliklerini, yakıt yükü dahil, değerlendirmek için kullanılır. Genel olarak, yakıt yükü modelleri, bu sensörler tarafından elde edilen spektral veriler ile yer gözlemleri arasındaki ampirik ilişkilerin kalibrasyonu yoluyla oluşturulur (Falkowski vd., 2005). Multispektral optik uzaktan algılama ise, kanopinin spektral yansımaları yakalar; bu, hem dik duran odunsu bileşenlerin geometrik özelliklerini hem de yaprakların biyokimyasal özelliklerini ortaya çıkarabilir (Massetti vd., 2019). Birçok araştırma çabası, yakıt yükünün mekânsal farklılıklarını tasvir eden öngörücü teknikler geliştirmek için optik görüntüleme kullanmıştır. Bu paralelde çalışmada optik ve mikrodalga uzaktan algılama verileri ve bunların, yakıt yükünü şekillendirmede kritik öneme sahip yakıt yükü parametreleri ve diğer anahtar değişkenlerin modellenmesindeki kullanımını temsilen çalışmada tercih edilen Sentinel-2 parametreleri Tablo 7’de yer verilmiştir.

Temel spektral analizler kullanarak, yakıt yükleri ile gövde çapı ve ağaç yüksekliği arasındaki spektral ilişkiyi doğrulamak adına Python 3B spektral grafik koduyla örnek bir veri seti doğrultusunda ağaç morfometrisi (ağaçların fiziksel yapısal özellikleri, gövde çapı (DBH: Göğüs yüksekliği çapı), taç yüksekliği, dallanma, kök morfometrisi ve birikimi vb.) arasındaki ilişkiyi görmek adına Şekil 9’da verilen spektral grafik konsepti oluşturulmuştur. Buna göre küçük gövdeli genç ağaçlar (DBH <20 cm), orta gövdeli genç ağaçlar (DBH <20-50 cm), kalın gövdeli ağaçlar (DBH <50 cm) olmak üzere 3 ana ağaç morfometrisi üzerinden yakıt yükü-gövde çapı-ağaç yüksekliği arasındaki davranış ilişkisi ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Söz konusu ilişkiyi temsil eden örnek veri seti fiziksel parametreleri

Tablo 8’de verilmiştir. Morfometrik düzeyde yorumu şu şekildedir:

Küçük gövdeli genç ağaçlar (DBH<20 cm); yüzey yangın riskine neden olur ve hızlı yanma, düşük ısı çıkışı gözlemlenir. Orta boylu ağaçlar (DBH 20-50 cm); yakıt yükünün yaklaşık olarak (20-50 ton/ha) arttığı, taç yangınları (crown fire) şeklinde başlayabilir. Kalın gövdeli ağaçlar (DBH>50 cm); çok yüksek yakıt yükü (ort. >50 ton/ha) yoğun ısı çıkışı, uzun süreli yanmalara neden olabilir.

Tablo 7. Yakıt yükünün mekânsal değişimlerini tasvir eden Sentinel-2 bant optik özellikleri

Veri kaynağı	Parametre	Tanım	Değişken	Referans
Sentinel-2	Bant 2	Mavi	Yüzey yakıt yükü	(Arellano-Pérez vd., 2018)
	Bant 3	Yeşil		
	Bant 4	Kırmızı		
	Bant 5	Kırmızı		
	Bant 6	kenar		
	Bant 7	Kırmızı		
	Bant 8	kenar		
	Bant 8A	NIR	Yakıt tablası boşluğu, taç taban yüksekliği vb.	(Wells vd., 2021)
		NIR		
		SWIR1		
		SWIR2		
	Bant 11		Mera yakıt yükü	
	Bant 12			
	SAVI	Toprak ayarlı bitki endeksi		
	EVI	Gelişmiş vejetasyon indeksi		
	NDVI	Bitki sağlığı indeksi		

Tablo 8. Örnek veri seti fiziksel parametreleri

DBH (cm)	Ağaç yüksekliği (m)	Yakıt yükü (ton/ha)
10	8	5
30	15	20
50	25	50
70	35	80

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D

# Örnek veri
DBH = np.array([10, 20, 30, 40, 50, 60, 70]) # cm
height = np.array([8, 12, 15, 20, 25, 30, 35]) # m
fuel_load = np.array([5, 10, 20, 35, 50, 65, 80]) # ton/ha

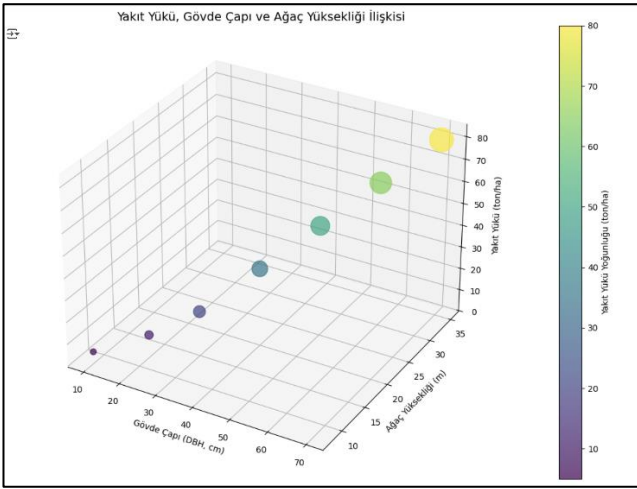
# Grafik
fig = plt.figure(figsize=(12, 8))
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')

# Noktaları çiz (renk ve boyut yakıt yüküne göre)
scatter = ax.scatter(
    DBH, height, fuel_load,
    c=fuel_load, cmap='viridis', s=fuel_load*10, alpha=0.7
)

# Eksenler
ax.set_xlabel('Gövde Çapı (DBH, cm)', fontsize=10)
ax.set_ylabel('Ağaç Yüksekliği (m)', fontsize=10)
ax.set_zlabel('Yakıt Yüğü (ton/ha)', fontsize=10)
ax.set_title('Yakıt Yüğü, Gövde Çapı ve Ağaç Yüksekliği İlişkisi', fontsize=14)

# Renk barı
cbar = fig.colorbar(scatter, pad=0.1)
cbar.set_label('Yakıt Yüğü Yoğunluğu (ton/ha)', fontsize=10)

plt.tight_layout()
plt.show()
```



Şekil 9. Yakıt yükü, gövde çapı ve ağaç yüksekliği arasındaki ilişki.

3.2.2. Aktif Sensörler

Pasif sensörlerin aksine aktif bir uzaktan algılama kolaylığı sağlayan bu sensörler polarimetrik bilgileri kullanarak aktif bir görüntüleme kolaylığı sağlayan teknoloji özelliği taşırlar. Bu sensörlerden sıklıkla en yaygın kullanılanları; RADAR (*Radio Detecting and Ranging*) ve LİDAR'dır (Bai vd., 2017). Örneğin RADAR sistemleri özellikle uzun dalga boylarına sahip olanlar, yaprak biyokütlesi, gövde yakıt yükü (GY), dal yakıt yükü (DYY) gibi yakıt yüklerini tahmin etme konusunda büyük bir potansiyel göstermiştir (Saatchi vd., 2007). LİDAR sistemleri bu çerçevede diğer uzaktan algılama verilerine kıyasla, orman yapısı ve yüzey yakıtının derinliği ve kaplama, kanopi yoğunluğu ve topografya gibi mekânsal özellikler hakkında üç boyutlu bilgiler vermektedir (Chen vd., 2017).

Diğer yakıt yükü tahminini iyileştirme yaklaşımlarına bakıldığında saha anketleri, yangın sonrası süre ölçümleri, topografik unsurlar ve yakıt özellikleri sınıflandırma sistemleri gibi çeşitli veri setlerini LİDAR ölçümleri ile entegre etmeye odaklanmıştır. Bu çabalar, mekânsal değişkenliği yakalama ve çeşitli peyzajlarda yakıt yükü modellenmesinin doğruluğunu artırma konusundaki zorlukları ele almayı amaçlamıştır.

Bu düzlemde Python'da 50x50 m'lik bir ağaçlık alanda LİDAR veri setini temel düzeyde tanımlayabilecek ağaç yüksekliği- yakıt yükü arasındaki modelsel ilişki Şekil 10 ve Şekil 11'de GEE tabanlı bir yakıt yükü haritası verilmiştir. Bu sayede yangın önleme planlaması ve acil müdahale rotaları belirleme de stratejik bir katkı sunulmaya çalışılmıştır. Genel bir yorum ekseninde haritanın yorumu şu şekildedir: 0-10 m arası; genç ağaç/çalı vejetasyonu bileşenli yüzey yangın riski taşıırken, 10-20 m arası; taç yangına geçiş potansiyeli taşıyan olgun ağaç meşcerelerini içeren bir yangın riski koşullunu sentetik düzeyde oluştururken, <20 m yüksek ısı çıkışına dayalı yaşlı ve kuru ağaç birliklerini ifade etmektedir.

```
# 1. Örnek LİDAR Verisi Oluşturma (50x50m alan)
np.random.seed(42)
x = np.linspace(0, 50, 100)
y = np.linspace(0, 50, 100)
X, Y = np.meshgrid(x, y)

# Ağaçlar için rastgele yükseklikler (5-25m arası)
heights = np.random.rand(100, 100) * 20 + 5
heights = gaussian_filter(heights, sigma=2) # Düzgünleştirme

# 2. Yakıt Yüğü Hesaplama (Basit Model)
fuel_load = np.where(heights < 10, heights * 0.5, heights * 1.2) # 10m altı/aşanı farklı ağırlık

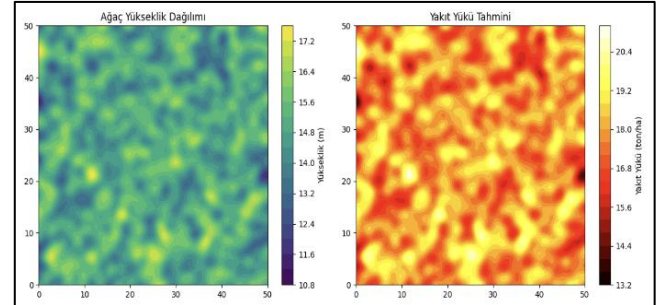
# 3. Görselleştirme
plt.figure(figsize=(12, 5))

# Yükseklik Haritası
plt.subplot(121)
plt.contourf(X, Y, heights, levels=20, cmap='viridis')
plt.colorbar(label='Yükseklik (m)')
plt.title('Ağaç Yükseklik Dağılımı')

# Yakıt Yüğü Haritası
plt.subplot(122)
heatmap = plt.contourf(X, Y, fuel_load, levels=20, cmap='hot')
plt.colorbar(label='Yakıt Yüğü (ton/ha)')
plt.title('Yakıt Yüğü Tahmini')

plt.tight_layout()
plt.show()

fuel_load = heights**2 * 0.03 # Kuadratik model
```

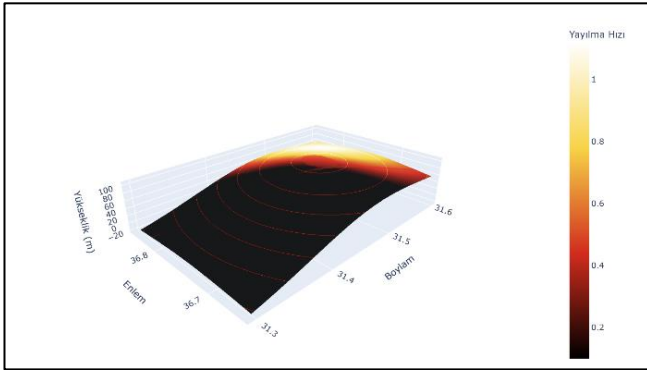


Şekil 10. Ağaç yüksekliği ve yakıt yükü tahmini haritası

Şekil 12 incelendiğinde 2021 Manavgat mega yangını sırasında rüzgâr-eğim, topografik hassasiyetin yüksek olduğu 8 lokasyonda 1 km üzerinde alev ilerlemelerin görüldüğü, GB siklonlarının egemen olduğu cephelerdeki yangın yayılma hızının sentetik bir örneği oluşturulmuştur. Buna göre; grafikte kırmızı tonlarının yoğunlaştığı bölgeler, rüzgâr hızı ve arazi eğiminin yangın yayılım hızını (ROS) maksimum seviyeye çıkardığı "kritik zonları" oluştururken, Yüksek rakımlı bölgelerde (500m+) çam ormanlarının yoğun olduğu alanlarda ROS değerleri 4 ft/dk'ya (≈ 2 m/dak) olarak kabul edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, kıyı-dağ geçişi Antalya kıyı şeridinden Toroslar'a doğru ROS değerlerinin progresif artışı, kıyı çalılıklarından dağ ormanlarına geçişteki risk farkını yansıtmaktadır.



Şekil 11. Örneklem alanı yakıt yükü sınıfları



Şekil 12. 2021 Manavgat mega yangını alev toplarını temsilen 1 km'lik bir alandaki yangın yayılma hızı

Şekil 13'de ise mega yangın öncesi kuraklık koşullarını ortaya koymak amacıyla uydu tabanlı Bitki Örtüsü Durum İndisi (VCI) ve Standartlaştırılmış Bitki Örtüsü Kuraklık İndisi (SDVI) kullanılmıştır (Şekil 14). Ayrıca NDVI değişim ilişkisine bakılarak yangın öncesi ve sonrasındaki vejetasyon sağlığı da incelenmeye çalışılmıştır (Şekil 15).

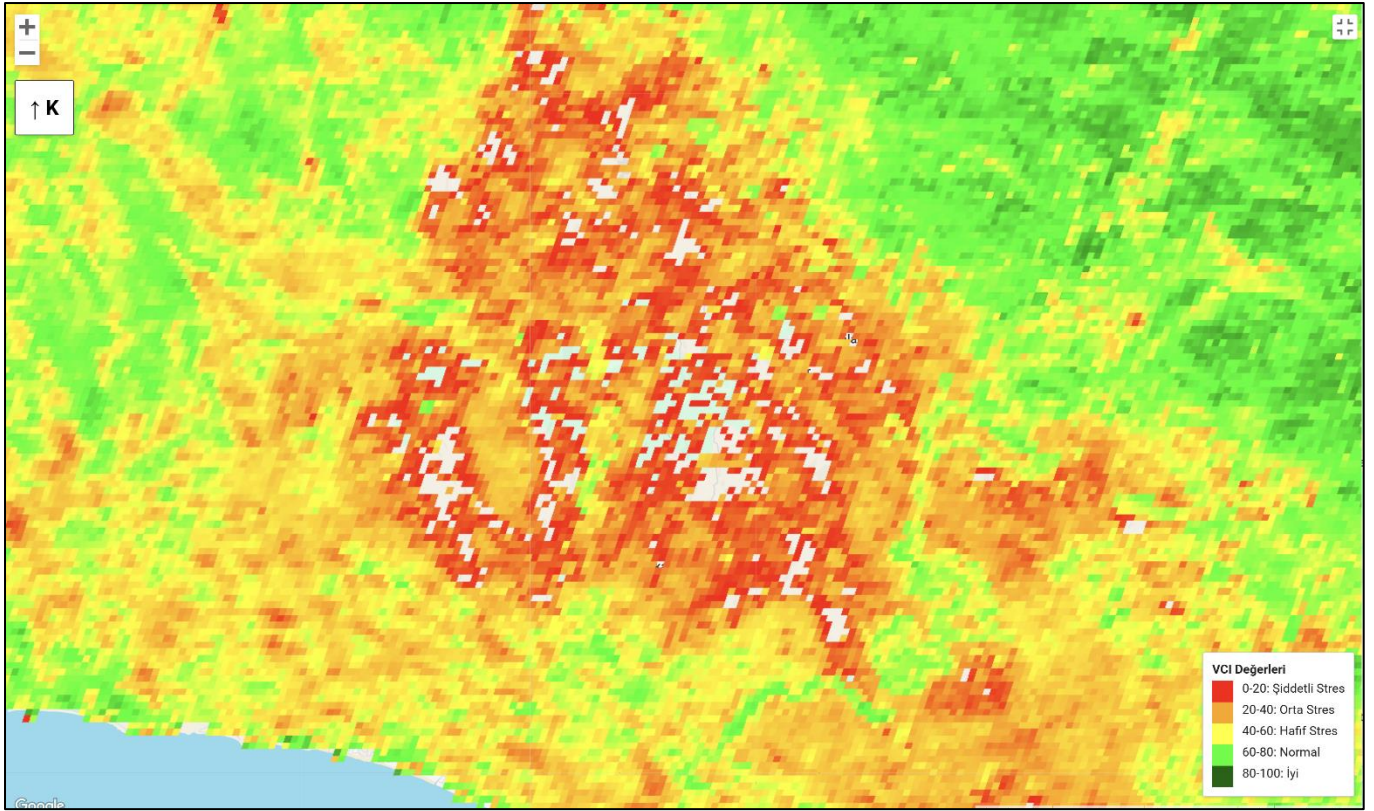
VCI değerleri göz önüne alındığında yangın öncesi VCI koşulunda Manavgat ve çevresini içine alana net biyokütle veriminde düşüşlerin gözlemlendiği kuru örtü sahasında yüksek bitki stres seviyesinin (kırmızı tonlar) izlendiği (VCI 0-20) izlenmiştir. Özellikle de Gündoğmuş ve Çakışlar mahallerinde yangının bitki örtüsü üzerindeki yıkıcı etkileri dikkat çekmektedir. Bu durumun yanı sıra sarı bantlarla ifade edilen VCI 20-40 arasında değiştiği yakıt yükü sahaslarında örneğin Selge ve çevresinde kısmi yanmış ve orta stres seviyesinde bitki kompozitleri bulunmaktadır. Çünkü bu bölgelerdeki bitki komünitelerinin, odunlu her dem yeşil kurakçıl çalı formasyonundan oluşması, yaz kuraklığının ve

kurutucu rüzgarların varlığı bu bölgelerdeki kurakçıl vejetasyonun tutuşma süresini artırmaktadır (Tavşanoğlu & Gürkan, 2004).

Akdeniz havzası yangın ekosistem/habitatını temsil eden, kızılçam (*Pinus brutia*), ardıç (*Juniperus* sp.), fıstıkçami (*Pinus pinea*) yanı sıra meşe (*Quercus* sp.) topluluklarını takiben her dem yeşil bazı zakkum (*Nerium oleander*), kocayemiş (*Arbutus onedo*), keçiboyunu (*Ceratonia siliqua*) gibi maki toplulukları bölgedeki yanan alanlarda tespit edilen başlıca ekosistemleri oluşturmaktadır. Bu ekosistemler içerisinde kuraklık koşullarından en fazla etkilenen kızılçam (*Pinus brutia*) ekosistemleri ise genel olarak yenilenme stratejileriyle birlikte yangın sonrası saklı tepe tohum bankalarının serbest kalması sonucunda sürgünden gençleşme göstererek son derece hızlı ve kolay bir şekilde toparlanarak yenilenme sürecine girmektedir (Rodrigo vd., 2004). Ancak yeterince toprak tohum bankasına sahip olmayan genç kızılçam meşcerelerin yanması gibi bazı özel durumlarda ormanın kendini yenileme potansiyeli zorlaşmakta ve tür içi yenileme zorlaşarak ormandan makiliğe dönüşüm gerçekleşmektedir (Kavgacı vd., 2016).

Yangının bitki örtüsü üzerindeki etkisi dikkate almak ve kuraklık riskini anlamak amacıyla uydu tabanlı SDVI kullanılarak bir tematik harita türetilmiştir (Şekil 14). Buna göre, yangın öncesi ve sonrası SDVI dağılımına bakıldığında özellikle ormanlık bölgelerde (Gündoğmuş, Çakışlar ve Tilkiler) SDVI değerleri <-2 seviyesindedir. Bu, yangının bitki örtüsünü uzun vadeli ortalamalara göre 3 standart sapma altına düşürdüğünü gösteriyor. Bu alanlar haritada koyu kırmızı bantlarla ifade edilmiştir.

Buna karşın mikro iklim, toprak özellikleri ve bitki örtüsü ilişkisi değerlendirildiğinde yanmış alanlarda toprak nemi heterojen bir dağılım göstermiştir. Söz konusu



Şekil 13. Çalışma alanı Bitki Örtüsü Durum İndisi (VCI) haritası

heterojen dağılım yangın sonrasındaki kül tabakası, NDVI'yi geçici olarak artırarak SDVI sonuçlarında hesaplama da toprak nemi ve SDVI ilişkisinde $R^2 = 0.76$ ilişkisi gözlemlenmiştir.

```

1 // 1. Çalışma Alanı ve Veri Yükleme
2 var roi = ee.Geometry.Rectangle([31.0, 36.6, 31.7, 37.1], 'EPSG:4326', false);
3
4 var modisNDVI = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD13Q1')
5   .select('NDVI')
6   .filterDate('2000-01-01', '2023-12-31')
7   .filterBounds(roi);
8
9 print('MODIS Görüntü Sayısı:', modisNDVI.size()); // Veri kontrolü
10
11 // 2. VCI Hesaplama (Düzeltilmiş)
12 function calculateVCI() {
13   // Uzun dönem (2000-2020) istatistikleri
14   var ndviClimatology = modisNDVI
15     .filter(ee.Filter.calendarRange(2000, 2020, 'year'));
16
17   var minMax = ndviClimatology.reduce(ee.Reducer.minMax());
18   var minNDVI = minMax.select('NDVI_min');
19   var maxNDVI = minMax.select('NDVI_max');
20
21   // Analiz yılı (2021) NDVI ortalaması
22   var ndvi2021 = modisNDVI
23     .filter(ee.Filter.calendarRange(2021, 2021, 'year'))
24     .mean()
25     .select('NDVI');
26
27   // VCI Hesapla
28   var vci = ndvi2021.subtract(minNDVI)
29     .divide(maxNDVI.subtract(minNDVI))
30     .multiply(100)
31     .rename('VCI')
32     .clip(roi);
33
34   return vci.updateMask(vci.gte(0).and(vci.lte(100))); // 0-100 arası maskesi
35 }
36
37 var vci2021 = calculateVCI();
38 print('VCI Metaveri:', vci2021); // Veri kontrolü
39
40 // 3. Görselleştirme (Düzeltilmiş)
41 var vciVis = {
42   min: 0,
43   max: 100,
44   palette: ['FF0000', 'FFA500', 'FFFF00', '00FF00', '006400']
45 };
46
47 Map.centerObject(roi, 9);
48 Map.addLayer(vci2021, vciVis, 'VCI 2021');
49
50 // 4. Lejant Ekleme (Güncellenmiş)
51 var legend = ui.Panel({
52   style: {
53     position: 'bottom-right',
54     padding: '10px',
55     backgroundColor: 'white',

```

```

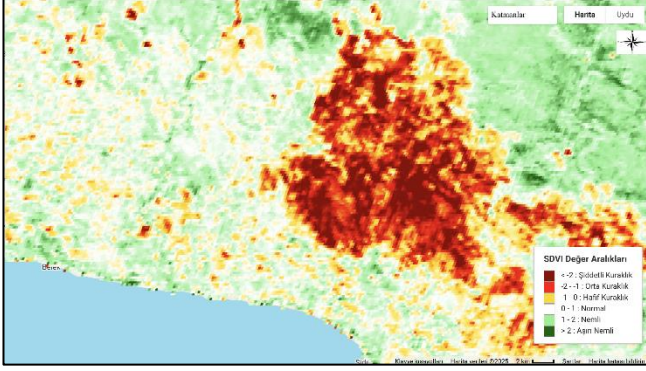
56   border: '1px solid #ccc'
57   });
58
59
60 var legendTitle = ui.Label({
61   value: 'VCI Değerleri',
62   style: {fontWeight: 'bold', fontSize: '14px', margin: '0 0 5px 0'}
63 });
64 legend.add(legendTitle);
65
66 [[['FF0000', '0-20: Şiddetli Stres'],
67   ['#FFA500', '20-40: Orta Stres'],
68   ['#FFFF00', '40-60: Hafif Stres'],
69   ['#00FF00', '60-80: Normal'],
70   ['#006400', '80-100: İyi']].forEach(function(colorInfo) {
71   var colorBox = ui.Label({
72     style: {backgroundColor: colorInfo[0], padding: '12px', margin: '0 5px 0 0'}
73   });
74   var label = ui.Label(colorInfo[1], {margin: '0 0 0 5px'});
75   legend.add(ui.Panel([colorBox, label], ui.Panel.Layout.flow('horizontal')));
76 });
77
78 Map.add(legend);
79 var northArrow = ui.Panel({
80   widgets: [
81     ui.Label('↑ K', {
82       fontSize: '24px',
83       fontWeight: 'bold',
84       style: {
85         position: 'top-left',
86         padding: '8px',
87         backgroundColor: 'white',
88         border: '1px solid #333',
89         margin: '10px'
90       }
91     )
92   ]
93 });
94
95 Map.add(northArrow);
96
97 // 5. Veri Kontrolleri
98 print('NDVI 2021 Min:', ndvi2021.reduceRegion(ee.Reducer.min(), roi, 250));
99 print('VCI 2021 Max:', vci2021.reduceRegion(ee.Reducer.max(), roi, 250));
100 // 1. Yumuşatma filtresi uygula (3x3 piksel)
101 var vciSmoothed = vci2021.focalMean({
102   radius: 1, // 3x3 pencere (radius=1)
103   kernelType: 'circle',
104   units: 'pixels'
105 }).rename('VCI_Smoothed');
106
107 // 2. Görselleştirme parametreleri
108 var visParams = {
109   min: 0,
110   max: 100,
111   palette: ['FF0000', 'FFA500', 'FFFF00', '00FF00', '006400']
112 };

```

```

100 print('VCI 2021 Max:', vci2021.reduceRegion(ee.Reducer.max(), roi, 250));
101 // 1. Yumuşatma filtresi uygula (3x3 piksel)
102 var vciSmoothed = vci2021.focalMean({
103   radius: 1, // 3x3 pencere (radius=1)
104   kernelType: 'circle',
105   units: 'pixels'
106 }).rename('VCI_Smoothed');
107
108 // 2. Görselleştirme parametreleri
109 var visParams = {
110   min: 0,
111   max: 100,
112   palette: ['FF0000', 'FFA500', 'FFFF00', '00FF00', '006400']
113 };
114
115 // 3. Haritayı yeniden oluştur
116 Map.addLayer(vciSmoothed, visParams, 'VCI Smoothed (3x3)');

```



Şekil 14. Çalışma alanı SDVI Bitki Örtüsü Kuraklık İndisi (SDVI) haritası

Şekil 15 incelendiğinde Manavgat (Antalya) bölgesinin 2021 öncesi ve sonrası bakımından NDVI değişim haritası oluşturularak bitki örtüsü dinamiklerindeki bozulma ve rejenerasyon süreçleri incelenmiştir. Ardından GEE platformunda Sentinel-2 Level-2A görüntülerinin %20'den az bulutlu tarihleri seçilmiş, zamansal medyan kompozitler üzerinden NDVI değerleri hesaplanmıştır. Öncesi (2021 Haziran–Ağustos) ve sonrası (2021 Ekim–Aralık) dönemler arasındaki piksel bazlı fark (ΔNDVI) haritası, bitki örtüsündeki azalma ($\Delta\text{NDVI} < -0.1$), stabilite ($-0.1 \leq \Delta\text{NDVI} \leq 0.1$) ve artış ($\Delta\text{NDVI} > 0.1$) bölgelerini ortaya koymuştur. Elde edilen ΔNDVI haritası, yangın hattı boyunca %65 oranında anlamlı bitki örtüsü kaybı gösterirken, yanmanın ardından hızlı rejenerasyon gösteren kenar kuşakları da harita üzerinde belirginleşmiştir. Bu bulgular, benzer ekosistemlerde NDVI değişim analizlerinin yangın sonrası rejenerasyon takiplerinde etkinliğini ortaya koyan önceki çalışmalarla uyumludur (Myneni vd., 1995; Pettorelli vd., 2005).

Çalışma aynı zamanda ΔNDVI haritalarının yangın yönetimi ve ekosistem restoratif planlamada hızlı karar desteği sunduğunu göstermiş; özellikle yüksek ΔNDVI azalma bölgelerinde önleyici yakıt yönetimi ve rehabilitasyon stratejilerinin önceliklendirilmesi önerilmiştir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmada, Manavgat (Antalya) 2021 mega yangınının tetikleyici unsurları olan yakıt yükü (kurumuş dal ve parçalar, yapraklar vb.) sorunsalı 2020-221 yılları arasındaki sonbahar ve yaz NDVI değerleri, mega yangın öncesi kuraklık koşullarının vejetasyon örtüsü fenolojik gelişimi değerlerine odaklanılarak, bölgedeki uzun dönemli doğal ortam değişimlerinin mega orman yangın davranışına olan etkileri incelenmiştir. Bulgular, UA temelli karma yaklaşımların, geleneksel saha ölçümlerine kıyasla hem maliyet hem de süre etkinliği sağladığını göstermiştir. Özellikle GEE'nin bulut platformu üzerinde zamansal

medyan kompozitler üretme yeteneği, %20'nin altındaki bulut örtüsüne rağmen tutarlı veri girişi sunarak, tropik ve Akdeniz ikliminde sık rastlanan bulut sorununu büyük ölçüde aşmıştır. Bu sonuçlar, mevcut literatürdeki bulgularla uyumludur. Örneğin (Chuvieco ve ark. 2023), NDVI-NBR entegrasyonunun CBS ve UA paralelindeki yakıt yükü tahminlerinde anahtar olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde (Abdollahi ve Yebra 2025), orman yangınları davranışları ve yönetiminde UA entegrasyonuna dayalı çalışmalar da UA araçlarının kullanımın sağlamış olduğu üstün spektral özellikleri, yakıt biyokütlesi takibinde yanmış alanların incelenmesinde faydalı olduğu bir kaynak alanı olarak değerlendirilmiştir.

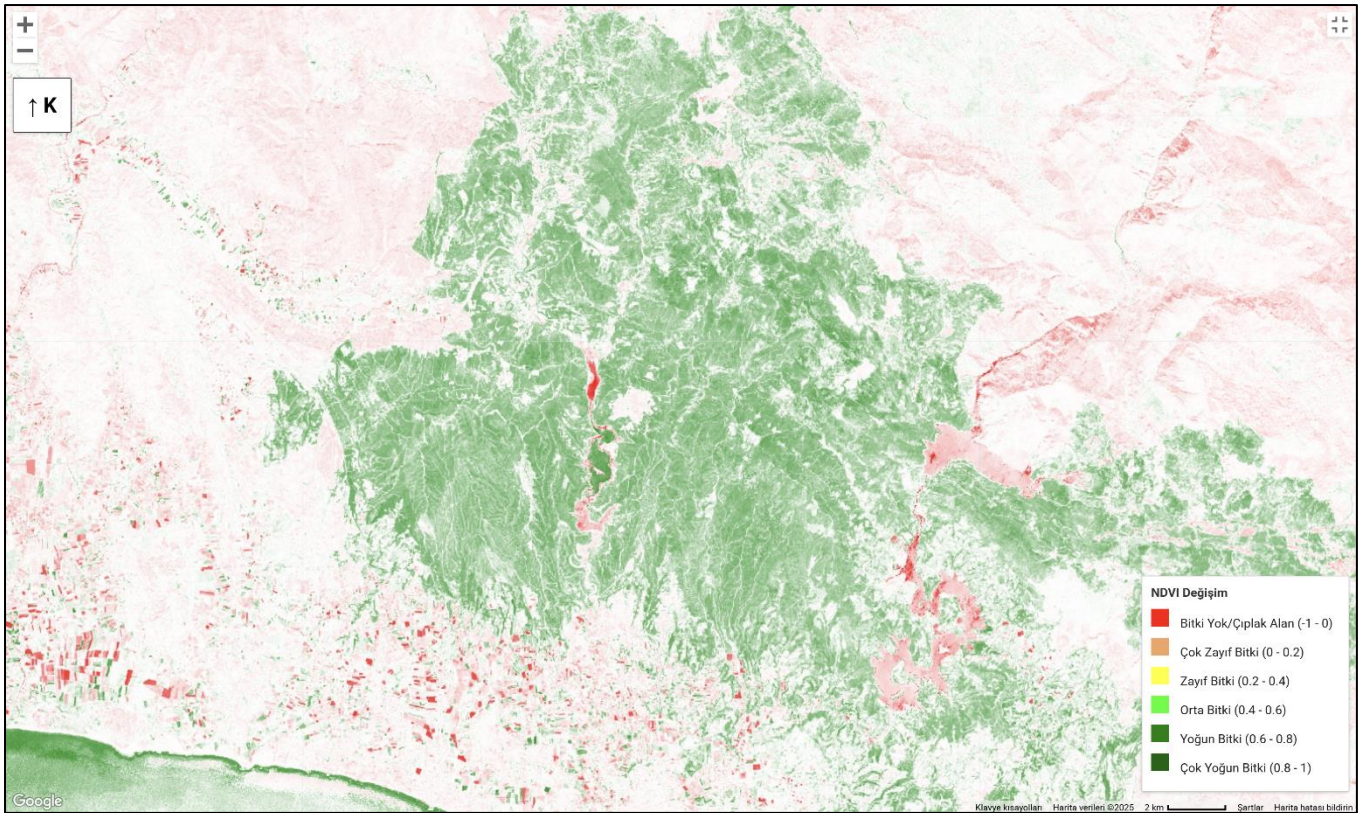
Bunun yanı sıra, son yıllarda yakıt yükünü değerlendirmek için kullanılan çeşitli UA teknikleri bu incelemede değerlendirilmiştir. Makalenin merkezi odak noktası, farklı yakıt katmanlarından farklı yakıt kategorileri üzerindeki yakıt yükünü nicelendirirken UA, GEE ve PE teknolojilerini açıklamaya yöneliktir. Her çalışmada kullanılan bu yaygın teknikler, devam eden araştırma örnekleriyle birlikte ele alınmıştır. İncelenen çalışmalardaki belirlenen sınırlamalar, büyük ölçüde mevcut UA teknolojilerinin doğasında bulunan kısıtlamalara atfedilebilir. Özellikle yüzey yakıt katmanlarıyla ilgili olarak yakıt yükünü doğru bir şekilde tahmin etme görevi zorluklar içermekte olup, yalnızca tek bir UA veri kaynağına dayanmak, yakıt yükünü karakterize etme konusunda her zaman kapsamlı bir yaklaşım sağlamayabilir.

Bununla birlikte yenilikçi yakıt yükü tahmin yöntemlerini keşfetmek, çağdaş teknolojinin yetenekleri ve kısıtlamalarıyla uyumlu olarak, sürekli gelişen uzaktan algılama tekniklerine sahip olmakla mümkündür. Sonuç olarak, UA teknolojisini kullanma şeklimizde önemli ilerlemeler ve daha yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüklere sahip gelecek optik ve RADAR görevleri gibi sensör teknolojisindeki öngörülen gelişmeler, ince ölçeklerde ayrıntılı yakıt yükü haritalamanın evrimi için umut verici olanaklar sunmaktadır.

Bu kapsamda çalışmada Sentinel-2 uyduları ve GEE platformları, PE motoru kullanılarak orman yangınları davranışları, yakıt yükü arasındaki ilişki orman yangını şiddetinin belirlenmesinde önem taşıyan NDVI ve NBR indeksleri eşliğinde belirlenmeye çalışılmıştır. Geliştirilen GEE ve PE tabanlı entegre mekânsal analizler sonucunda elde edilen yüksek çözünürlüklü yakıt yükü haritaları örneklem alanı olarak belirlenen Manavgat (Antalya) sınırları çerçevesinde uygulanmıştır. Çünkü 2021 mega orman yangını ile gündeme gelen ekoton geçiş özellikleri ile birlikte bir biyotop özelliği yansıtan örneklem alanı yangın riski, tehlike, duyarlılığı bakımından Akdeniz biyoikliminin tipik bir yangın iklimi özelliğini yansıtmaktadır.

Bu doğrultuda yakıt yükü potansiyeli ilişkisini ortaya koymak amacıyla GEE, PE platformunda oluşturulan katalog veri kütüphaneleriyle birlikte hızlı ve kolay bir şekilde 10 m mekânsal çözünürlüklü tematik veriler üretilmiştir. Bu gelişme paralelinde GEE ve PE tabanlı entegre mekânsal analizler sonucunda elde edilen yüksek çözünürlüklü yakıt yükü haritaları, Manavgat (Antalya) bölgesinde yangın öncesi riskli alanların belirlenmesinde etkin bir araç olarak öne çıkmıştır.

Yüzdelik dilim tabanlı sınıflandırmaya (Persentile) göre saha genelinde yakıt yükü dağılımı şu şekilde hesaplanmıştır: Düşük (< %20): %22, Orta (%20–50): %38, yüksek (%50–80): %27. Betimsel istatistik analizleri, NDVI



Şekil 15. Çalışma alanı NDVI değişim haritası.

ve NBR indeksleri arasındaki yüksek pozitif korelasyonu ($r > 0.8$) ortaya koyarken, Rothermel modeline girdi sağlayan bu iki parametrenin yakıt yükü tahminlerindeki hassasiyetini doğrulamıştır. Kovaryans ısı haritaları, özellikle eğim ve güney cepheli alanlarda yakıt yükü varyasyonunun arttığını göstererek, mikro-topografik etkilerin uzaktan algılama ile başarılı şekilde saptanabildiğini ortaya koymuştur. Histogram analizleri ise her bir kategorideki yakıt yükü dağılımının simetrik ve aykırı değerlerin sınırlı olduğunu, böylece modelin tutarlılığını desteklediğini doğrulamıştır.

Bu çalışmanın bugüne kadar yangın ekolojisi literatüründe yapılan yangın risk, tehlike, duyarlılık ve yangın şiddeti çalışmalarından en belirgin farkı istatistiksel analiz ve modelleme sürecinde sadece CBS mekânsal organizasyonu ile sınırlı kalmayıp PE diliyle Colab ortamında hızlı ve tekrarlanabilir analize dayalı olmasıdır. Modelleme ilişkiselinde çalışma, yalnızca yangın sonrası hasar analizine değil, yangın öncesi yakıt yükü dinamiklerinin modellenmesine de odaklanması yönüyle risk öngörüsü ve müdahale planlamasında diğer çalışmalarla entegre bir şekilde proaktif (bütüncül) bir bakış açısı sunmaktadır.

Litmaps ile oluşturulan literatür ağı, çalışmanın metodolojik tercihlerinin uluslararası alanda benzer çalışmalarda da kullanıldığını ortaya koymuştur. Literatür taraması ekseninde diğer çalışmalardan ayrılan diğer bir yönü ise kuramsal bağlamda da sistematik olarak görselleştirilmiş bir literatür ağı özelliği yansıtmaktadır. Çalışmanın yangın ekolojisi, orman yangınları yönetimi, yangın coğrafyası disiplinlerine en önemli katkıları ise kısaca şu şekildedir: Her şeyden önce çalışma UA temelindeki mekânsal organizasyonların yangın simülasyonlarına entegre edilebileceğini göstermesi bakımından uygulamalı bir mekânsal model önerisi sunmaktadır.

Aynı zamanda, çalışmanın bazı sınırlılıkları da mevcuttur. İlk olarak, yalnızca Sentinel-2 tabanlı spektral veriler kullanılması, LİDAR veya termal görüntülemeyle sağlanabilecek dikey yapı ve yakıt yoğunluğu ayrıntılarını göz ardı etmiştir. İkinci olarak, amaçlı rastgele örnekleme nokta sayısının nispeten sınırlı kalması, bölgesel genellemelerde dikkatli yorumlanması gereken belirsizlikler yaratabilir. Gelecekte, LİDAR verileri ve yüksek çözünürlüklü dron görüntüleri ve saha çalışmaları entegrasyonunun model doğruluğunu daha da artırması beklenmektedir. Bunun yanı sıra BehavePlus, FARSITE yangın model metriklerinin Rothermal modeliyle bir arada değerlendirildiği, saha çalışmaları destekli yakıt biyokütle yükü çalışmaları mekânsal ve istatistiksel düzeyde daha anlamlı katkılar sunabilir. Sonuç olarak, GEE ve Python tabanlı mekânsal analizler; yangın yöneticilerine, büyük ölçekli orman yangınlarını azaltma ve önleme stratejilerini bilimsel temelli mekânsal-zamansal tahminlere dayandırma imkânı tanımaktadır. Üstelik proaktif müdahale planlarının geliştirilmesinde bu yaklaşımlar hem maliyet hem de zaman avantajı sunarak karar destek süreçlerini güçlendirecektir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Makalenin ampirik ve metodolojik kurgusal yapısına değerli katkılarından dolayı hakemlerimize teşekkür ederim.

Araştırmacıların katkı oranı

Muhammed Çetin: Literatür taraması, düzenleme, makale yazımı, modelleme.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abdollahi, A. & Yebra, M. (2025). Challenges and opportunities in remote sensing-based fuel load estimation for wildfire behavior and management: A comprehensive review. *Remote Sensing*, 17(3), 415. <https://doi.org/10.3390/rs17030415>.
- Adab, H., Kanniah, K. D. & Solaimani, K. (2013). Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Natural Hazards*, 65(3), 1723-1743. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0450-8>.
- Agee, J., Wakimoto, R., Darley, E. & Biswell, H. (1973). Eucalyptus fuel dynamics, and fire hazard in the Oakland hills. *California Agriculture*, 27(9), 13-15.
- Akıncı, H. A. & Akıncı, H. (2023). Machine learning based forest fire susceptibility assessment of Manavgat district (Antalya), Turkey. *Earth Science Informatics*, 16(1), 397-414. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-00953-5>.
- Alexander, M. E. & Cruz, M. G. (2006). Evaluating a model for predicting active crown fire rate of spread using wildfire observations. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(11), 3015-3028. <https://doi.org/10.1139/x06-174>.
- Andrews, P. L. (2007). BehavePlus fire modeling system: Past, present, and future. In *Proceedings of 7th Symposium on Fire and Forest Meteorology*. American Meteorological Society. <https://research.fs.usda.gov/treesearch/31549>.
- Arellano-Pérez, S., Castedo-Dorado, F., López-Sánchez, C. A., González-Ferreiro, E., Yang, Z., Díaz-Varela, R. A., Álvarez-González, J. G., Vega, J. A. & Ruiz-González, A. D. (2018). Potential of Sentinel-2A data to model surface and canopy fuel characteristics in relation to crown fire hazard. *Remote Sensing*, 10(10), 1645. <https://doi.org/10.3390/rs10101645>.
- Arroyo, L. A., Pascual, C. & Manzanera, J. A. (2008). Fire models and methods to map fuel types: The role of remote sensing. *Forest Ecology and Management*, 256(6), 1239-1252. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.06.048>.
- Bai, X., He, B., Li, X., Zeng, J., Wang, X., Wang, Z., Zeng, Y. & Su, Z. (2017). First assessment of sentinel-1a data for surface soil moisture estimations using a coupled water cloud model and advanced integral equation model over the Tibetan Plateau. *Remote Sensing*, 9(7), 714. <https://doi.org/10.3390/rs9070714>.
- Bosela, M., Larocque, G. R., Baycheva, T., Valbuena, R. & Lier, M. (2024). Criteria and indicators of sustainable forest management. In G. R. Larocque (Ed.), *Ecological forest management handbook* (2nd ed., pp. 356-385). CRC Press.
- Bowman, D. M. J. S., Kolden, C. A., Abatzoglou, J. T., Johnston, F. H., van der Werf, G. R. & Flannigan, M. (2020). Vegetation fires in the Anthropocene. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(10), 500-515. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0085-3>.
- Bowman, D. M. J. S., Moreira-Muñoz, A., Kolden, C. A., Chávez, R. O., Muñoz, A. A., Salinas, F., González-Reyes, Á., Rocco, R., de la Barrera, F., Williamson, G. J., Borchers, N., Cifuentes, L. A., Abatzoglou, J. T. & Johnston, F. H. (2019). Human-environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Ambio*, 48(4), 350-362. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1084-1>.
- Bresnahan, S. J. (2003). *An assessment of fuel characteristics and fuel loads in the dry sclerophyll forests of South-East Tasmania* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Tasmania. <https://doi.org/10.25959/23207204.v1>.
- Carmona-Moreno, C., Belward, A., Malingreau, J.-P., Hartley, A., Garcia-Alegre, M., Antonovskiy M., Buchshtaber, V. & Pivovarov, V. (2005). Characterizing interannual variations in global fire calendar using data from earth observing satellites. *Global Change Biology*, 11(9), 1537-1555.
- Chen, Y., Zhu, X., Yebra, M., Harris, S. & Tapper, N. (2017). Development of a predictive model for estimating forest surface fuel load in Australian eucalypt forests with LiDAR data. *Environmental Modelling & Software*, 97, 61-71. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.07.007>.
- Chuvieco, E., Riaño, D., Van Wagtenok, J. & Morsdorf, F. (2003). Fuel loads and fuel type mapping. In E. Chuvieco (Ed.), *Wildland fire danger estimation and mapping: The role of Remote sensing data* (pp. 119-142). World Scientific. https://doi.org/10.1142/9789812791177_0005.
- Colvard, N. B., Watson, C. E. & Park, H. (2018). The impact of open educational resources on various student success metrics. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 30(2), 262-276.
- Countryman, C. M. (1972). *The fire environment concept*. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.
- Creswell, J.W. & Plano Clark. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage Publications.
- Cruz, M. G., Alexander, M. E. & Wakimoto, R. H. (2003). Assessing canopy fuel stratum characteristics in crown fire prone fuel types of western North America. *International Journal of Wildland Fire*, 12(1), 39-50. <https://doi.org/10.1071/WF02024>.
- Datta, R. (2021). To extinguish or not to extinguish: The role of forest fire in nature and soil resilience. *Journal of King Saud University Science*, 33(6), 101539. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101539>.
- Dawadi, S., Shrestha, S. & Giri, R. A. (2021). Mixed-methods research: A discussion on its types, challenges, and criticisms. *Journal of Practical Studies in Education*, 2(2), 25-36. <https://doi.org/10.46809/jpse.v2i2.20>.
- Díaz, S. M., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Butchart, S., Chan, K. M. A., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S., Midgley, G., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D. & Zayas, C. (2019). *The global assessment report on biodiversity and ecosystem services: Summary for policy makers*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. [https://www.ipbes.net/system/files/2021-06/2020%20IPBES%20GLOBAL%20REPORT\(FIRST%20PART\)_V3_SINGLE.pdf](https://www.ipbes.net/system/files/2021-06/2020%20IPBES%20GLOBAL%20REPORT(FIRST%20PART)_V3_SINGLE.pdf)
- Eidenshink, J., Schwind, B., Brewer, K., Zhu, Z.-L., Quayle, B. & Howard, S. (2007). A project for monitoring trends in burn severity. *Fire Ecology*, 3(1), 3-21. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0301003>.
- European Environment Agency (2018). *Corine land cover* [Data set]. Copernicus Programme. <https://doi.org/10.2909/960998c1-1870-4e82-8051-6485205ebbac>.

- Falkowski, M. J., Gessler, P. E., Morgan, P., Hudak, A. T. & Smith, A. M. S. (2005). Characterizing and mapping forest fire fuels using ASTER imagery and gradient modeling. *Forest Ecology and Management*, 217(2), 129-146. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.06.013>.
- Filipponi, F. (2019). Exploitation of Sentinel-2 time series to map burned areas at the national level: A case study on the 2017 Italy wildfires. *Remote Sensing*, 11(6), <https://doi.org/10.3390/rs11060622>.
- Finney, M. A. (1998). *FARSITE, Fire area simulator—model development and evaluation* (No. 4). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Flannigan, M. D., Stocks, B. J. & Wotton, B. M. (2000). Climate change and forest fires. *Science of The Total Environment*, 262(3), 221-229. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00524-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00524-6).
- Fontán-Vela, M., Rivera-Navarro, J., Gullón, P., Díez, J., Anguelovski, I. & Franco, M. (2021). Active use and perceptions of parks as urban assets for physical activity: A mixed-methods study. *Health & Place*, 71, 102660. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102660>.
- Forkuor, G., Benewinde Zoungrana, J.-B., Dimobe, K., Ouattara, B., Vadrevu, K. P. & Tondoh, J. E. (2020). Above-ground biomass mapping in West African dryland forest using Sentinel-1 and 2 datasets A case study. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111496. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111496>.
- Gilroy, J. & Tran, C. (2020). A new fuel load model for eucalypt forests in southeast Queensland. *The Proceedings of the Royal Society of Queensland*, 115, 137-143. <https://doi.org/10.3316/ielapa.591547606338230>.
- Gould, J. S., Lachlan McCaw, W. & Phillip Cheney, N. (2011). Quantifying fine fuel dynamics and structure in dry eucalypt forest (*Eucalyptus marginata*) in Western Australia for fire management. *Forest Ecology and Management*, 262(3), 531-546. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.022>.
- Güney, C. O., Özkan, K. & Şentürk, Ö. (2015). Antalya-Manavgat yöresi ormanlarında tutuşma riskinin coğrafi dağılım modellenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(2), 459-470. <https://doi.org/10.17099/jffiu.42696>.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O. & Townshend, J. R. G. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>.
- Ikahihifo, T. K., Spring, K. J., Rosecrans, J. & Watson, J. (2017). Assessing the savings from open educational resources on student academic goals. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 18(7), 126-140. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i7.2754>.
- Ivanova, G. A., Kukavskaya, E. A., Ivanov, V. A., Conard, S. G. & McRae, D. J. (2020). Fuel characteristics, loads and consumption in Scots pine forests of central Siberia. *Journal of Forestry Research*, 31(6), 2507-2524. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01038-0>.
- Jaiswal, R. K., Mukherjee, S., Raju, K. D. & Saxena, R. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(1), 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0303-2434\(02\)00006-5](https://doi.org/10.1016/S0303-2434(02)00006-5).
- Jolly, W. M., Cochrane, M. A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G. J. & Bowman, D. M. J. S. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6(1), 7537. <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>.
- Jurskis, V. (2005). Decline of eucalypt forests as a consequence of unnatural fire regimes. *Australian Forestry*, 68(4), 257-262. <https://doi.org/10.1080/00049158.2005.10674974>.
- Kaur, A., Gulati, S., Sharma, R., Sinhababu, A. & Chakravarty, R. (2022). Visual citation navigation of open education resources using Litmaps. *Library Hi Tech News*, 39(5), 7-11. <https://doi.org/10.1108/LHTN-01-2022-0012>.
- Kavgacı, A., Örtel, E., Torres, I. & Safford, H. (2016). Early postfire vegetation recovery of Pinus brutia forests: Effects of fire severity, prefire stand age, and aspect. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(5), 723-736.
- Kaya, B. (2024). Manavgat çayı havzasında vejetasyon devresi ve bitki yetiştirme şartlarından sıcaklık ve yağış özellikleri. *Journal of Turkish Studies*, 13(10), 457-486. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.13183>.
- Keane, R. E. (2013). Describing wildland surface fuel loading for fire management: A review of approaches, methods and systems. *International Journal of Wildland Fire*, 22(1), 51-62. <https://doi.org/10.1071/WF11139>.
- Keeley, J. E. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 18(1), 116-126. <https://doi.org/10.1071/WF07049>.
- Keifer, M., van Wagendonk, J. W. & Buhler, M. (2006). Long-term surface fuel accumulation in burned and unburned mixed-conifer forests of the Central and Southern Sierra Nevada, CA (USA). *Fire Ecology*, 2(1), 53-72. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0201053>.
- Kim, S. S., Prasad, A., Nayak, M. M., Chen, H., Srisoem, C., DeMarco, R. F., Castaldi, P. & Cooley, M. E. (2024). Predictors of nicotine replacement therapy adherence: Mixed-methods research with a convergent parallel design. *Annals of Behavioral Medicine*, 58(4), 275-285. <https://doi.org/10.1093/abm/kaee006>.
- Laurance, W. F., Camargo, J. L. C., Luizão, R. C. C., Laurance, S. G., Pimm, S. L., Bruna, E. M., Stouffer, P. C., Bruce Williamson, G., Benítez-Malvido, J., Vasconcelos, H. L., Van Houtan, K. S., Zartman, C. E., Boyle, S. A., Didham, R. K., Andrade, A. & Lovejoy, T. E. (2011). The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation*, 144(1), 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021>.
- Lopes Queiroz, G., McDermid, G. J., Castilla, G., Linke, J. & Rahman, M. M. (2019). Mapping coarse woody debris with random forest classification of centimetric aerial imagery. *Forests*, 10(6), 471. <https://doi.org/10.3390/f10060471>.
- Lovejoy, T.E., Bierregaard, R. O., Rylands, A. B., Malcolm, J.R., Quintela, C., Harper, L., Brown, K., Powell, A., Powell, G., Schubart, H. & Hays, M. (1986). Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In M. E. Soule (Ed.), *Conservation biology: The science of scarcity and diversity* (pp. 257-285). Sinauer Associates.

- Masseti, A., Rüdiger, C., Yebra, M. & Hilton, J. (2019). The vegetation structure perpendicular index (VSPI): A forest condition index for wildfire predictions. *Remote Sensing of Environment*, 224, 167-181. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.004>.
- McKinley, D. C., Ryan, M. G., Birdsey, R. A., Giardina, C. P., Harmon, M. E., Heath, L. S., Houghton, R. A., Jackson, R. B., Morrison, J. F., Murray, B. C., Pataki, D. E. & Skog, K. E. (2011). A synthesis of current knowledge on forests and carbon storage in the United States. *Ecological Applications*, 21(6), 1902-1924. <https://doi.org/10.1890/10-0697.1>.
- Miller, C. & Urban, D. L. (2000). Connectivity of forest fuels and surface fire regimes. *Landscape Ecology*, 15(2), 145-154. <https://doi.org/10.1023/A:1008181313360>.
- Mooney, H. (1981). *Fire regimes and ecosystem properties: Proceedings of the conference: December 11-15, 1978, Honolulu, Hawaii. USDA Forest Service general technical report WO (USA) No. 26*. United States Forest Service. <https://agris.fao.org/search/en/providers/123819/records/647357fc08fd68d54601590e>.
- Murphy, B. P. & Russell-Smith, J. (2010). Fire severity in a northern Australian savanna landscape: The importance of time since previous fire. *International Journal of Wildland Fire*, 19(1), 46-51.
- Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J. & Marshak, A. L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2), 481-486. <https://doi.org/10.1109/TGRS.1995.8746029>.
- Olson, J. S. (1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44(2), 322-331. <https://doi.org/10.2307/1932179>.
- Ottmar, R. D., Sandberg, D. V., Riccardi, C. L. & Prichard, S. J. (2007). An overview of the fuel characteristic classification system quantifying, classifying, and creating fuelbeds for resource planning. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(12), 2383-2393. <https://doi.org/10.1139/X07-077>.
- Özcan, Z., Caglayan, İ. & Kabak, Ö. (2024). A comprehensive taxonomy for forest fire risk assessment: Bridging methodological gaps and proposing future directions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(9), 825. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12982-8>.
- Özcanlı, M. & Yılmaz, E. (2024). Türkiye’de arazi örtüsü/kullanımı değişimlerinin belirlenmesi ve iklim değişimine olası etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 86, 7-24. <https://doi.org/10.17211/tcd.1408186>.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Phillips, O. L., Houghton, R. A., Fang, J., Kauppi, P. E., Keith, H., Kurz, W. A., Ito, A., Lewis, S. L., Nabuurs, G.-J., Shvidenko, A., Hashimoto, S., Lerink, B., Schepaschenko, D., Castanho, A. & Murdiyarso, D. (2024). The enduring world forest carbon sink. *Nature*, 631(8021), 563-569. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07602-x>.
- Pausas, J. G. & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289-295. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Myrsetrud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C. J. & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503-510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>.
- Psistaki, K., Tsantopoulos, G. & Paschalidou, A. K. (2024). An overview of the role of forests in climate change mitigation. *Sustainability*, 16(14), 6089. <https://doi.org/10.3390/su16146089>.
- Puletti, N., Chianucci, F. & Castaldi, C. (2018). Use of Sentinel-2 for forest classification in Mediterranean environments. *Annals of Silvicultural Research*, 42(1), 32-38. <https://doi.org/10.12899/asr-1463>.
- Reich, R. M., Lundquist, J. E. & Bravo, V. A. (2004). Spatial models for estimating fuel loads in the Black Hills, South Dakota, USA. *International Journal of Wildland Fire*, 13(1), 119-129.
- Rodrigo, A., Retana, J. & Picó, F. X. (2004). Direct regeneration is not the only response of Mediterranean forests to large fires. *Ecology*, 85(3), 716-729.
- Rollins, M. G., Keane, R. E. & Parsons, R. A. (2004). Mapping fuels and fire regimes using remote sensing, ecosystem simulation, and gradient modeling. *Ecological Applications*, 14(1), 75-95. <https://doi.org/10.1890/02-5145>.
- Rothermel, R. C. (1972). *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*. Intermountain Forest & Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Saatchi, S., Halligan, K., Despain, D. G. & Crabtree, R. L. (2007). Estimation of forest fuel load from radar remote sensing. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(6), 1726-1740. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2006.887002>.
- Santos, S. M. B., Bento-Gonçalves, A., Franca-Rocha, W. & Baptista, G. (2020). Assessment of burned forest area severity and postfire regrowth in Chapada Diamantina National Park (Bahia, Brazil) using dNBR and RdNBR spectral indices. *Geosciences*, 10(3), 106. <https://doi.org/10.3390/geosciences10030106>.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C. & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413(6856), 591-596. <https://doi.org/10.1038/35098000>.
- Scott, J. H. & Reinhardt, E. D. (2001). *Assessing crown fire potential by linking models of surface and crown fire behavior* (No. 29). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Sivrikaya, F., Günlü, A., Küçük, Ö. & Ürker, O. (2024). Forest fire risk mapping with Landsat 8 OLI images: Evaluation of the potential use of vegetation indices. *Ecological Informatics*, 79, 102461. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102461>.
- Tavşanoğlu, Ç. & Gürkan, B. (2004). Akdeniz havzasında bitkilerin kuraklık ve yangına uyumları, *OT Sistematik Botanik Dergisi*, 11(1), 119-132.
- Van Der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D. & Van Straalen, N. M. (2008). The unseen majority: Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11(3), 296-310. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x>.
- Viegas, D. X., Soares, J. & Almeida, M. (2013). Combustibility of a mixture of live and dead fuel components. *International Journal of Wildland Fire*, 22(7), 992-1002. <https://doi.org/10.1071/WF12031>.

- Wagner, C. E. V. (1977). Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research*, 7(1), 23-34. <https://doi.org/10.1139/x77-004>.
- Wells, A. G., Munson, S. M., Sesnie, S. E. & Villarreal, M. L. (2021). Remotely sensed fine-fuel changes from wildfire and prescribed fire in a semi-arid Grassland. *Fire*, 4(4), 84. <https://doi.org/10.3390/fire4040084>.
- Xulu, S., Mbatha, N. & Peerbhay, K. (2021). Burned area mapping over the Southern Cape Forestry Region, South Africa using Sentinel data within GEE cloud platform. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(8), 511. <https://doi.org/10.3390/ijgi10080511>.
- Yebra, M., Quan, X., Riaño, D., Rozas Larraondo, P., van Dijk, A. I. J. M. & Cary, G. J. (2018). A fuel moisture content and flammability monitoring methodology for continental Australia based on optical remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 212, 260-272. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.053>.



© Author(s) 2025. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Tahtalı Barajı Havzasında bulanık mantık yöntemi ile taşkın risk analizi

Şevki Danacıoğlu^{1*}, Merve Nur Öz²

¹İzmir Bakırçay Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya, İzmir, Türkiye.

²İzmir Bakırçay Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya, İzmir, Türkiye.

Anahtar Kelimeler

Taşkın Riski
Bulanık Mantık
Coğrafi Bilgi Sistemleri
Tahtalı Barajı Havzası

Araştırma Makalesi

Geliş: 13.05.2025
Kabul: 12.06.2025
Yayınlanma: 29.06.2025



Özet

Küresel iklim değişikliği günümüz dünyasının en büyük sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sorun doğal afetlerin sayısında ve sıklığında önemli ölçüde artışları yaşanmasına neden olmaktadır. Son on yılda dünya genelinde yaklaşık 2,5 milyon insan, taşkınlara bağlı doğal afetlerin etkileriyle karşı karşıya kalmaktadır. Günümüzde, gelecekte meydana gelebilecek potansiyel taşkın olaylarını öngörmek, muhtemel can ve mal kayıplarını sınırlamak, riskli bölgeleri tanımlamak ve bu bölgelerde alınacak önlemleri planlamak büyük bir öneme sahiptir. Taşkın riskinin belirlenmesi birçok mekânsal faktörün birlikte değerlendirilmesini gerektiren bir süreçtir. Bu bağlamda taşkın riskinin belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) kullanımı kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. CBS, çeşitli verilerin bir araya getirilmesi, analiz edilmesi, etkili bir şekilde yönetilmesi için önemli bir araçtır. Taşkın riski analizinde CBS temelli bazı yöntemler kullanılmaktadır. Çalışmamızda kullanılacak Bulanık Mantık Yöntemi, sadece klasik iki veya çok kriterli mantıkla sınırlı olmayan, mekânsal durumları da içeren bir süreçtir. Bulanık Mantık Yöntemi, eksik, kesin olmayan ve tamamen güvenilir olmayan bir ortamda sorunu çözme konusunda rasyonel temel sunan yöntemdir. Taşkın riski gibi doğal afetlerin hesaplanması da genellikle belirsizlik içermekte ve bu nedenle Bulanık Mantık, taşkın riski değerlendirmelerinde etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda araştırmanın amacı, İzmir Tahtalı Barajı Havzasının potansiyel taşkın riski alanlarının Bulanık Mantık Yöntemi ile belirlenmesidir. Yapılan analiz sonucunda Tahtalı Barajı Havzasına yakın bölgelerin sel ve taşkın açısından yüksek risk altında olduğu görülmüştür.

Flood risk analysis in the Tahtalı Dam Basin using the fuzzy logic method

Keywords

Flood Hazard
Fuzzy Logic
Geographic Information
Systems
Tahtalı Dam Basin

Research Article

Received: 13.05.2025
Accepted: 12.06.2025
Published: 29.06.2025

Abstract

Global climate change stands out as one of the most significant problems of today's world. This issue has led to a substantial increase in both the frequency and number of natural disasters. Over the past decade, approximately 2.5 million people worldwide have been affected by natural disasters related to floods. Today, it is of great importance to predict potential future flood events, to limit possible loss of life and property, to identify high-risk areas, and to plan necessary precautionary measures in these regions. Determining flood risk is a process that requires the simultaneous evaluation of many spatial factors. In this context, the use of Geographic Information Systems (GIS) has become an inevitable necessity in flood risk assessment. GIS is a vital tool for integrating, analyzing, and effectively managing various data. Several GIS-based methods are used in flood risk analysis. The Fuzzy Logic Method, which will be employed in our study, is a process that involves spatial conditions and is not limited to classical binary or multi-criteria logic. The Fuzzy Logic Method provides a rational foundation for solving problems in environments that are incomplete, uncertain, and not entirely reliable. Since the assessment of natural disasters such as flood risk often involves uncertainty, fuzzy logic has proven to be an effective tool in flood risk evaluations. In this context, the aim of the research is to determine the potential flood risk areas of the İzmir Tahtalı Dam Basin using the Fuzzy Logic Method. The results of the analysis indicate that the areas near the Tahtalı Dam Basin are under high risk of floods and inundation.

1. Giriş

Doğada bulunan canlı ve cansız varlıkların bir araya gelerek oluşturduğu, kendine özgü fiziksel yaşam alanlarına, içinde bulunan canlı toplumlarına ve çeşitli fonksiyonlara sahip karmaşık sistemlere ekosistem denilmektedir. Ekosistemin bozulması ile ilişkili olan en önemli olaylardan biri “Küresel İklim Değişikliği”dir (Demirbaş & Aydın, 2020). Küresel ısınma veya yaygın olarak bilinen adıyla iklim değişikliği, dünya üzerindeki yüzey sıcaklıklarının artmasına ve yağış desenlerinin değişmesine yol açan bir doğa olayıdır (Oğuz & Akin, 2019). Günümüzde iklim değişikliği sebebiyle dünya genelinde yaşanan afetlerin sayılarında artış görülmektedir (Zeyno, 2022). İklim değişikliği sebebiyle artış gösteren afetlerden bazıları, aşırı sıcaklık, orman yangınları, kuraklık ve taşkınlardır (Zeyno, 2022).

Küresel iklim değişikliğinin etkileri; iklim kuşaklarının kayması, hava sıcaklıklarının artması, buzulların erimesi ve buna bağlı olarak deniz seviyesinin yükselmesi şeklinde bilinmektedir. Ancak bu etkilerle birlikte ortaya çıkan aşırı şiddetli fırtınalar ve yoğun yağışlar, taşkın olaylarının hem şiddetini hem de sıklığını artırmaktadır (Oğuz vd., 2022). Son on yılda dünya genelinde yaklaşık 2,5 milyon insan, taşkınlara bağlı doğal afetlerin etkileriyle karşı karşıya kalmaktadır (Ekşi & Kantarlı, 2020). 2017 yılına bakıldığında, taşkınlara bağlı afetlerin 2017 yılı içerisinde çatışma ve savaşlardan sonra en fazla can kaybına neden olan afet türü olduğu öne çıkmaktadır. Taşkın tehlikeleri, dünya nüfusunun büyük bir kısmını (%45) etkileyerek, diğer doğal afetlerden daha fazla can kaybına neden olmaktadır (Cred, n.d.). Bununla birlikte, 1980 – 2000 yılları arasındaki sürece bakıldığında depremlerden daha fazla can kaybına neden olan taşkınlar, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı’na (UNDP) göre tropikal siklonlardan sonra doğa kökenli felaketler arasında ikinci sırada yer alarak can kaybına neden olan önemli bir doğal afet olarak kaydedilmiştir. Dünya Bankası’nın 2020 verilerine bakıldığında ise; küresel düzeyde yaklaşık 1,47 milyar insanın (dünya nüfusunun %19’u) “100 yıllık sel” olayları nedeniyle önemli bir risk altında kaldığı söylenebilmektedir. Afet araştırma ve epidemiyoloji merkezinin (CRED) 2021 yılında gerçekleştirdiği doğa kaynaklı afetlerin değerlendirilmesi çalışmalarında, dünya genelinde sarsıcı etki yaratan 432 afetin meydana geldiği 10.492 kişinin yaşamını yitirdiği, 101,8 milyar kişinin ise afetlerden olumsuz etkilendiği raporlanmıştır (MGM, 2021). Gerçekleşen afetlere bakıldığında ise 223 adet sel ve taşkın meydana geldiği, en çok yaşanan ve en ağır hasara neden olan afetin ise taşkınlar olduğu görülmüştür. DSİ verilerine bakıldığında ise taşkın kontrol yapıları ve benzeri tesislerde artış olmasına rağmen son 40 yılda 600’den fazla ölüm, 800.000 hektardan fazla tarım arazisi zararı ve yüzbinlerce konut hasarı gözlemlenmektedir (Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü, 2022). Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 2021 yılı afet değerlendirmesi raporuna bakıldığında ülkemizde 2021 yılında 1024 adet doğal afet gerçekleştiği, bunlardan 283 tanesinin sel ve taşkın olduğu gözlemlenmektedir. 2021 yılında meydana gelen şiddetli yağış/ sel – taşkın afetlerinin illere göre dağılımı haritasında batıda en fazla meydana geldiği İl’in İzmir olduğu görülmektedir. Afad 2022 yılı doğa kaynaklı olay istatistikleri raporuna bakıldığında ülkemizde 22.982 adet doğa olayının meydana geldiği, bunlardan 450 tanesinin sel ve taşkınlar olduğu ve 2022 yılında sel ve taşkınların en fazla meydana gelen üçüncü afet

olduğu gözlemlenmiştir (Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü, 2022).

İklim değişikliğinin başlaması ile taşkın olaylarının yoğunluğunun ve sıklığının artması dünyanın birçok bölgesini tehdit etmektedir. Bu tehdit taşkın risklerinin gelecekte potansiyel olarak büyük bir tehlike haline gelmesine neden olmaktadır (Karakuş & Ceylan Demirel, 2022). Geleceğe dair iklim değişikliği senaryoları, aşırı hidrolojik olayların ve taşkın risklerinin özellikle büyük bir endişe kaynağı olacağını ve zaman içinde artış göstereceğini işaret etmektedir. HadCM3 İklim modeli (Hadley Centre Coupled Model, version 3) tarafından sunulan verilere göre, küresel iklim değişikliğinin etkisi göz ardı edilirse, 2050 yılına gelindiğinde küresel taşkın riskinin yaklaşık %187 artacağı öngörülmektedir (Arnell & Gosling, 2014).

Taşkınlar yüksek bir hız ve kinetik enerjiyle dere yataklarında akarak, taş, çakıl ve büyük kayaları sürükleyerek önemli maddi ve manevi zararlara yol açar (Korkanç & Korkanç, 2006). Taşkın, uzun süreli ve yoğun yağışlar, kar erimesi gibi sebepler veya nadir görülen olaylar, örneğin baraj yıkılması gibi durumlar sonucunda havzada taşıyabileceğinden fazla yağışın birikmesiyle meydana gelir (Sönmez & Hırça, 2018). Görülen tanımlardan anlaşılacağı üzere, taşkın, yıllık ortalama akımın aşıldığı durumlarda genellikle düz veya düze yakın alanlarda doğal yataktaki fazla suyun çeşitli sebeplerle taşması ve yatağa sığmaması olarak tanımlanmaktadır. Taşkın afetinin etkileri incelendiğinde, öncelikle can ve mal kaybının ortaya çıktığı görülür. Can kaybı, insanlar ve hayvanların hayatını kaybetmesiyle gerçekleşirken, mal kaybı ise mülklerin, binaların, altyapının ve tarım arazilerinin zarar görmesiyle oluşur. Bu kayıpların bir kısmı afetle birlikte hemen ortaya çıkar, ancak bazıları belirli bir süre sonra fark edilebilir (Toprak, 2015).

Günümüzde, gelecekte meydana gelebilecek potansiyel taşkın olaylarını öngörmek, muhtemel can ve mal kayıplarını sınırlamak, riskli bölgeleri tanımlamak ve bu bölgelerde alınacak önlemleri planlamak büyük bir öneme sahiptir. Bu, taşkınların yönetilmesi ve olası etkilerinin azaltılması açısından kritik bir rol oynamaktadır (Zeyno, 2022). Taşkın yönetimi çalışmalarında “Taşkın tehlikesi”, “Taşkın riski” ve “Taşkın Duyarlılığı” terimleri önemli bir rol oynamaktadır. “Taşkın tehlikesi” ve “Taşkın riski” terimleri birbiri ile ilişkili ancak aynı anlama gelmeyen iki temel kavramdır (Kaya, 2022). “Taşkın tehlikesi” bir taşkın olayının gerçekleşmesi durumunda taşkın hızı, derinliği ve büyüklüğü gibi faktörleri hesaba katarak çevresel etkileri anlatırken, “Taşkın riski” ise taşkın meydana gelme olasılığı ile insan sağlığı, ekonomik faaliyetler ve çevreye zarar veren etkilerin birleşiminin ifade etmektedir. “Taşkın duyarlılığı” ise gelecekte olası taşkın afetlerinin etkilerine dayalı olarak bölgelerin nispi olarak sınıflandırılmasıdır (Kaya, 2018).

Taşkın riski, belirli bir bölgede veya alanda taşkınların meydana gelme olasılığı ve bu taşkınların olası etkilerinin birleşimi olarak tanımlanır. Taşkınların sıklığı, şiddeti, etkilendiği alanlar, can ve mal kaybı gibi faktörleri içerir. Taşkın riskinin belirlenmesi birçok mekânsal faktörün birlikte değerlendirilmesini gerektiren bir süreçtir. Bu bağlamda sel ve taşkın riskinin belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri’nin (CBS) kullanımı kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. CBS, bu çeşitli verilerin bir araya getirilmesi, analiz edilmesi, etkili bir şekilde yönetilmesi için

önemli bir araçtır. Ayrıca sel-taşkın riskinin anlaşılması ve azaltılmasına büyük katkı sağlar (Cabreria & Lee, 2020).

Farklı karakteristik özellikleri bulunan veri katmanlarını bir araya getirerek, ortak bir analiz sürecinde değerlendirilmelerine olanak sağlaması yönüyle CBS günümüzde oldukça tercih edilmektedir. CBS yöntemleri ve teknikleri, çeşitli faktörleri dikkate alarak etkili analiz sonuçlar üretmektedir. CBS'nin taşkın riski haritalamasındaki en büyük artıları uygun maliyetli olması, az zaman alan bir metodolojiye sahip olması ve kısıtlı imkanlar altında dahi uygun risk haritalarının elde edilmesine olanak sağlamasıdır (Karakuş & Ceylan Demirel, 2022 & Zeyno, 2022). CBS ile Sel – Taşkın riski haritalanması yapıldığında, taşkına sebep olabilecek faktörlerin işlenmesi, taşkın risk alanlarının belirlenmesi, riskin yüksek olduğu bölgelerin belirlenerek üzerinde değerlendirmeler yapılması ve sağlıklı çözüm önerileri sunulması sayesinde gerçekleşecek zararların en aza indirgenebileceği görülmektedir (Ünal vd., 2022). Riskli bölgelerin tespiti için yapılan analizlerde elde edilen sonuçların haritalanmasında, risklerin sınıflandırılarak, çok yüksek riskli, yüksek riskli, orta riskli, az riskli ve çok az riskli gibi detaylı bir sınıflandırma sonucuna ulaşmak mümkündür (Zeyno, 2022). Taşkın riski analizinde CBS temelli bazı yöntemler kullanılmaktadır, bunlardan sıkça başvurulanan AHP (Analitik Hiyerarşi Yöntemi) ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleridir (Parsian vd., 2021). AHP yöntemi, uzman görüşlerine dayalı olarak öncelikli ölçeklerin türetilmesine dayanan bir ikili karşılaştırmalı ölçme teorisini içerir. Bu yöntem, karmaşık problemleri basitleştirmek için hiyerarşik bir yapı oluşturur ve karar verme sürecinde karar vericinin bilgi ve deneyimini dikkate alır. AHP yöntemi, karar seçeneklerini değerlendirmek ve seçmek için hem nitel hem de nicel kriterlerin kullanılmasına olanak tanır (Kaya, 2022). ÇKKV ise, afetler gibi karmaşık problemlerde birden çok kriterin bir arada değerlendirilebildiği, alternatiflere değer atamasının yapılabildiği bir süreçtir. ÇKKV yöntemleri, eş zamanlı olarak birden fazla kriteri içeren bu tür problemlerde en iyi tercihin seçilmesine yardımcı olan yöntemlerdir (Kaya, 2022). Bunların yanı sıra çalışmamızda kullanacağımız Bulanık Mantık Yöntemi, sadece klasik iki veya çok kriterli mantıkla sınırlı olmayan, mekânsal durumları da içeren bir süreçtir (Yeganeh & Sabri, 2014). Bulanık mantık, belirsizlik içeren sorunların çözümü için geliştirilen bir yapay zekâ yöntemidir. Kullanımı oldukça yaygın olan ve esnek hesaplama yöntemlerinden biri olan Bulanık Mantık Yöntemi, eksik, kesin olmayan ve tamamen güvenilir olmayan bir ortamda sorunu çözme konusunda rasyonel temel sunan yöntemdir (Yeganeh & Sabri, 2014). Taşkın riski gibi doğal afetlerin hesaplanması da genellikle belirsizlik içermekte ve bu nedenle bulanık mantık, taşkın riski değerlendirmelerinde etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Kaya, 2022).

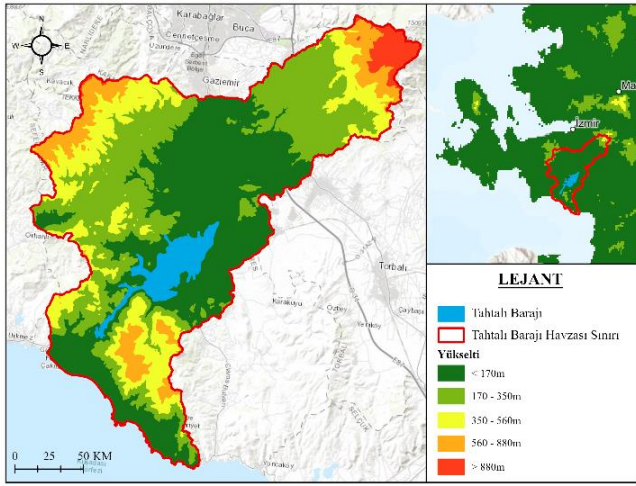
Bu araştırmanın amacı, İzmir Tahtalı Barajı Havzasının potansiyel taşkın riski alanlarının Bulanık mantık yöntemi ile belirlenmesidir. Bu bağlamda araştırma alanı içerisinde taşkın riski taşıyan alanlarda bulunan yerleşmelerin, bulanık mantık yöntemi ile analiz edilerek, yüksek ve düşük risk taşıyan yerlerin mekânsal dağılımı ve alansal büyüklüklerinin belirlenmesine odaklanılmıştır. Bu araştırma ile çözüm aranan problemler ise şunlardır; Tahtalı Barajı havzasında taşkın riski yüksek olan bölgeler nerelerdir? Taşkın riski gerçekleşmesi durumunda etki alanı

nereler olacaktır? Taşkın riski taşıyan bölgelerde yerleşim yerleri bulunuyor mu? Bu yerleşim yerleri taşkından ne derece etkilenecek? şeklindedir.

2. Materyal Ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Ege Bölgesinin Kıyı Ege bölümünde bulunan İzmir İlinin, 40 km güneyinde, Gümüşdüz'ün 5 km doğusunda, Seferihisar İlçesinin Ürkmez beldesinin 3 km kuzeyinde ve 38°5'19"K 27°2'30"D koordinatında bulunan Tahtalı Barajı Havzası'dır (Şekil 1). Dereboğası deresi üzerinde ve İnleyen kaya ile Kaplancık tepesi arasında yer almaktadır. Havza konumu itibarı ile Ege Denizinin sahil kesiminde bulunan turistik tesislere ve bölgedeki konutların yaygın olduğu yerleşim alanlarına oldukça yakındır. Tahtalı Havzası'nda egemen olan iklim, Akdeniz iklimidir. Bölgenin sıcaklık verileri incelendiğinde yıllık ortalama sıcaklık 16,2°C, bölgenin maksimum sıcaklığı 43°C, minimum sıcaklığı ise 1,4 °C'dir. Yıllık yağış verilerinde ise ortalama toplam yağış miktarının 55,57 mm, maksimum toplam yağış miktarının ise 60,80 mm olduğu görülmektedir. Tahtalı Barajının ham yapım tarihi 1986 – 1999 yılları arasındadır lakin 1996 yılında yapımı büyük ölçüde tamamlanan baraj, 1997 yılında bölgeye su sağlamaya başlamıştır. Kaya dolgu tipindeki Tahtalı Barajı, yıllık ortalama akımını 152,16 hm³ olarak kaydetmekte olup, nehir tabanından yüksekliği 54,50 m'dir. Baraj gölünden alınan su, içme suyu standartlarına uygun bir şekilde artırılabilmesi için tasarlanmış olan arıtma tesisi, günlük 520,000 m³ kapasiteye sahiptir. Tahtalı Havzası, göl alanının 2352 ha olduğu toplam 54,160 ha alanı kapsar; bu alan içerisinde göl ve koruma alanları bulunmaktadır. Tahtalı Barajı, İzmir'in yüzeysel su potansiyelinin %46'sını karşılayarak, İzmir kentinin içme suyunun %30'unu temin etmek amacıyla kurulmuştur (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2023). Barajın havzası, İzmir'in güneydoğusundan başlayıp Gümüşdüz beldesine kadar uzanmaktadır. Tahtalı Barajı'nın inşası ile birlikte havza alanında önemli arazi kullanımı değişimleri meydana gelmiştir. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2023), tarafından hazırlanan İzmir Tahtalı Barajı Havzası taslak koruma planı raporunda, baraj gölü altında kalan alanlarda daha önce yerleşim ve tarım faaliyetlerinin bulunduğu, özellikle sera ve bağ-bahçe tarımı yapılan alanların rezervuar bölgesine dâhil edildiği belirtilmektedir. Aynı rapora göre, baraj yapımı sonrasında havza genelinde tarım alanlarının azaldığı, bazı bölgelerin mera ve orman alanlarına dönüştüğü, yerleşim alanlarının ise sınırlı düzeyde arttığı ifade edilmektedir. Barajın içme suyu temini amacıyla kullanılmasından dolayı havza, mutlak ve kısa mesafeli koruma alanları olarak tanımlanmış; bu doğrultuda arazi kullanımı ve yapılaşma faaliyetleri çeşitli sınırlamalara tabi tutulmuştur (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2023).



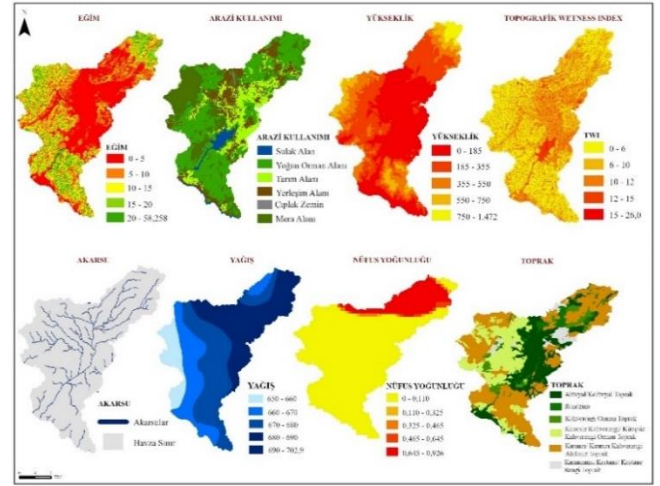
Şekil 1. Çalışma Alanı Haritası.

2.2. Veri

Sel ve taşkınların nedenlerini ve risklerini doğru şekilde değerlendirmek için hangi kriterlerin kullanılacağı son derece önemlidir. Bu kriterler, literatür araştırmaları, çalışma alanının coğrafi ve jeolojik özellikleri ile mevcut veri türleri göz önünde bulundurularak seçilir (Ünal vd., 2022). Bu kapsamda bu çalışmada kullanılan verilerin sel ve taşkın riski üzerindeki önemlerine göre, literatür değerlendirmesi sonucunda ağırlıkları belirlenmiş olup belirlenen ağırlıklar doğrultusunda araştırma alanında sel ve taşkın riskinin yüksek olduğu alanlar tespit edilmiştir (Şekil 2). Araştırmada kullanılan sel ve taşkın riski üzerinde etkili olan faktörlere ait detaylar Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada kullanılacak veriler.

Kullanılacak Veriler	Veri Türü	Veri Kaynağı
Eğim	Grid (25mX25m)	USGS Earth Explorer
Toprak	Grid	FAO
Arazi Kullanımı	Vektör Veri	Karra vd., 2021
Yağış	Grid (4kmx4km)	CHIRPS
Yükseklik	Copernicus GL30 (25mX25m)	Copernicus GL30
Nüfus Yoğunluğu	Grid	
Akarsulara Olan Mesafe	Grid (25mX25m)	Copernicus GL30
Topografik Wetness Index (TWI)	Grid (25mX25m)	Copernicus GL30



Şekil 2. Kullanılan Verilerin Harita Üzerinde Gösterimi.

2.3. Yöntem

Taşkınların karmaşık doğası, araştırmacıları geleneksel, kesin ve katı hesaplama yöntemlerinden uzaklaşmaya teşvik etmiştir. Bunun yerine, gerçek yaşamı daha etkili bir şekilde modelleyen sezgisel yaklaşımlara dayanan esnek hesaplama yöntemlerine yönelik ilgi artmıştır. Gerçek yaşam problemleri genellikle doğal belirsizlikleri içerir ve araştırmacılar, bu belirsizliklerle başa çıkmak için farklı çözümler sunmak amacıyla sezgisel yaklaşımlara dayanmaktadır (Derin Cengiz, 2020). Esnek hesaplama yöntemi, sayısal zekaya sahip, belirli açılardan insan uzmanlığına benzer şekilde analiz yapabilen ve öğrenme yeteneğine sahip sistemlerin tasarlanmasına odaklanır. Bu sistemler, karmaşık gerçek yaşam problemlerini çözmek için esnek bir yaklaşım sunar. Aynı zamanda, belirsizlikleri daha etkili bir şekilde ele alabilir ve kararlarını nedenleriyle destekleyerek daha iyi sonuçlar elde edebilirler (Kaya, 2022). Zadeh (1994), bulanık küme teorisini geliştirerek esnek hesaplamayı şu şekilde tanımlamıştır: "Esnek hesaplama, belirsizlik ve kararsızlıklardan kaynaklanan zorlukları aşmak amacıyla çeşitli yöntemleri bir araya getirerek kolay işlenebilirlik, sağlamlık ve düşük çözüm maliyetleri elde etmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımın temel bileşenleri arasında bulanık mantık, sinirsel programlama ve olasılık teoremleri bulunmaktadır. Esnek hesaplamanın temelinde yatan fikir, insan zekasının bilişsel yaklaşım modelini temel almasıdır. Bu nedenle, esnek hesaplamanın rol modeli insan zekasıdır" (Kaya, 2022). Esnek hesaplama, katı hesaplamadan ayrılarak bulanıklık, belirsizlik, kısmi doğruluk ve yaklaşıklıkla karşı hoşgörülü bir yaklaşım benimsemektedir. Bu metodoloji, bulanık mantık, genetik algoritmalar, yapay sinir ağları, makine öğrenimi ve uzman sistemleri gibi teknikleri içermektedir. Esnek hesaplama, bu çeşitli yöntemleri kullanarak gerçek dünyadaki karmaşık durumlarla başa çıkma yeteneğini geliştirir (Kaya, 2022). Başlangıçta belirtildiği gibi, taşkın riski analizlerinde kullanılan yöntemler zaman içinde değişerek, geleneksel uzman görüşlerine dayanan metotlardan, büyük verilere dayalı istatistiksel yaklaşımlara ve makine öğrenimi tekniklerine doğru evrim geçirmiştir. Hızla gelişen makine öğrenimi algoritmaları, taşkın riski tahmininde giderek daha kapsamlı bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Kaya, 2022).

Bulanık mantık, belirsizlik içeren sorunların çözümü için geliştirilen bir yapay zekâ yöntemidir (Zadeh, 1994). Taşkın riski gibi doğal afetlerin hesaplanması da genellikle belirsizlik içermekte ve bu nedenle bulanık mantık, taşkın riski değerlendirmelerinde etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Parsian vd., 2021). Farklı girdi veri kümeleri hazırlandıktan sonra, önerilen yaklaşım iki ana adımdan oluşmaktadır: Bunlar girdi veri kümesini bulanıklaştırma ve bulanık bindirme analizi kullanarak farklı veri kümelerinin kombinasyonu şeklindedir. Bu adımlar aşağıdaki alt bölümlerde ayrı ayrı açıklanmıştır.

Tüm girdi veri kümeleri, doğrusal bir bulanık üyelik fonksiyonu kullanılarak bulanık değerlere dönüştürülecektir. Doğrusal bir bulanık üyelik fonksiyonu, Denklem (1)'e dayalı olarak her bir veri kümesinin giriş değerlerini 0-1 aralığına dönüştürmektedir. Bu dönüşümde sıfır ve bir, sırasıyla çok düşük ve çok yüksek taşkın potansiyeline sahip piksellere karşılık gelmektedir. Buna göre, Parsian vd., (2021) tarafından önerilen yaklaşım dikkate alınarak girdi parametreleri için pozitif veya negatif doğrusal fonksiyonu dikkate alınacaktır.

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{or } 0 \text{ if } x > \text{Max} \\ 0 & \text{or } 1 \text{ if } x < \text{Min} \\ \frac{x - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}} & \text{if } \text{Min} < x < \text{Max} \end{cases}$$

Şekil 3.Fuzzy Membership Fonksiyonu

Burada Max ve Min, her bir parametrenin maksimum ve minimum değerleri, x her parametrenin piksel değeridir (Atkinson, 1996).

İklimin belirleyici unsurlarından biri olan yağışlar, atmosfer sirkülasyonu ile birlikte arazideki su varlığını sağlayarak ana akış kaynağını oluşturur. Bu perspektiften bakıldığında, taşkınların ortaya çıkmasındaki temel etken şüphesiz ki yağışlardır. Toprağın önceki yağış döngülerinden kaynaklanan doygunluğu, yağışların aniden ve yoğun bir şekilde gerçekleşmesiyle birleştiğinde, taşkın şiddetinin arttığı gözlemlenmektedir (Tokgözlü & Özkan, 2018). Bu nedenle yağış faktörü bulanık mantık analizinde Maximum özelliğiyle analiz edilmiştir.

Yükseklik, yağışların belirli bir bölgede toplanması ve birikmesi açısından son derece kritik bir faktördür. Artan yükseklik, genellikle düşük sıcaklık ve yüksek yağış miktarı ile ilişkilendirilirken, yüksek rakımlı bölgelerde sel-taşkın riski azalırken, alçak bölgelerde bu risk artma eğilimindedir (Tokgözlü & Özkan, 2018). Eğim, su akış hızını ve yüzey akışının sızmasını doğrudan etkilediği için taşkına risk analizinde kritik bir faktördür. Alçak eğimli alanlarda toprağa karışan su miktarı fazladır, bu nedenle yüksek eğimli alanlara göre taşkın açısından daha risklidir (Parsian vd., 2021). Bu nedenle eğim faktörü bulanık mantık analizinde Minimum özelliğiyle analiz edilecektir.

Topografik Wetness Index (TWI), bir arazinin ıslaklık durumunu belirlemek için kullanılan bir topografik indekstir. Akım birikimini ve topografyanın hidrolojik süreçler üzerindeki etkisini ölçmektedir. Bu nedenle bir su havzasındaki taşkın riskini değerlendirmek için faydalı bir indekstir (Parsian vd., 2021).

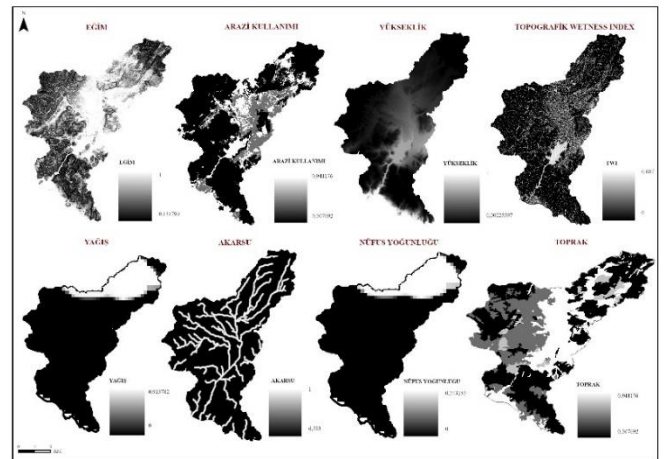
Sel ve taşkın riskinin belirlenmesinde, alanın akarsulara olan mesafe önemli bir faktördür ve bu parametre kritik bir

rol oynar (Ünal vd., 2022). Taşkın oluşumu ve taşkın anında, akarsuların çevresindeki bölgelerin en fazla zarar göreceği düşünülerek, risk faktörü olarak değerlendirilmiştir. Akarsulara olan uzaklığın 10, 50, 100 ve 200 metre mesafelerindeki alanlar, taşkın etkilerinin hissedilebileceği bölgeler olarak belirlenmiştir (Tokgözlü & Özkan, 2018).

Toprak geçirgenliği, taşkın risk analizinde dikkate alınan önemli bir parametredir. Toprak türlerine bağlı olarak değişen porozite, sızma ve havalandırma kapasitelerini etkilemektedir. Bu durum, taşkınların şiddetini ve etkisini azaltma veya artırma eğilimindedir. Bu bağlamda, Alüvyal, Kırmızı Kahverengi Akdeniz toprakları ve Kolüvyal topraklar, taşkın riskini en çok barındıran toprak grupları olarak kabul edilmektedir (Aksoy vd., 2023). Bu nedenle çalışma alanında, geçirgen topraklar genellikle 'risksiz' olarak değerlendirilirken, geçirimsiz topraklar 'riskli' olarak sınıflandırılmıştır.

Bitki örtüsü ile taşkın arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Bir bölgede yoğun bitki örtüsü mevcut olduğunda, taşkın riski genellikle daha düşüktür. Bitki örtüsü, akışa geçen suyu tutarak, suyun hızını azaltarak ve toprağa sızmasını sağlayarak taşkın etkilerini azaltmaktadır. Diğer yandan, bitki örtüsünden yoksun alanlarda, örneğin çıplak araziler, nehirler ve binalar gibi geçirimsiz yüzeylerde, akış hızı daha yüksektir (Aksoy vd., 2023). Bu bilgiler ışığında çalışma alanında bulunan kentsel alanlar, tarım arazileri ve çorak bölgeler daha yüksek yüzey akışına sahip olduğu için 'riskli', yoğun bitki örtüsü ile kaplı ormanlık alanlar ise daha az yüzey akışına sahip olduğu için 'risksiz' olarak sınıflandırılmıştır.

Nüfus yoğunluğu, nüfusun daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu alanları tanımak için bize bilgi sağlamaktadır. Yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerde, sel ve taşkın felaketinden etkilenebilecek daha fazla insan ve altyapı bulunmaktadır (Yeganeh & Sabri, 2014). Diğer bir deyişle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu alanlar afetin sosyal ve ekonomik etkilerinin daha fazla olacağı alanlardır. Bu nedenle nüfus yoğunluğu faktörü bulanık mantık analizinde Maximum özelliğiyle analiz edilmiştir. Bahsedilen analize tabi olan veriler Şekil 4.'de verilmiştir.



Şekil 4. Kullanılan Verilerin Bulanık Mantık Analiz Çıktıları.

Sel ve taşkın olayının meydana gelmesine etki eden her bir faktör, literatür taraması yapılarak araştırılmıştır. Ana faktörlerin önem sıralaması çıkarılmasında belirlenen yağış, eğim, yükseklik, twi, nüfus yoğunluğu, akarsulara mesafe, arazi kullanımı ve toprak gibi faktörler AHP'ye tabi tutulmuş ve bu unsurların iç tutarlılığı saptanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2.AHP Analizi Sonucu Kriterlerin Ağırlık Değerleri.

	Kategori	Öncelik (Priority)	Sıralama (Rank)	(+)	(-)
1	Digital Elevation Model (DEM)	10.5%	5	4.7%	4.7%
2	Slope	10.9%	4	4.2%	4.2%
3	Rainfall	18.5%	2	6.4%	6.4%
4	Distance from the main river	24.6%	1	11.2%	11.2%
5	Topographic Wetness Index (TWI)	5.3%	7	1.5%	1.5%
6	Land Use/Land Cover	18.4%	3	6.0%	6.0%
7	Soil Type	7.0%	6	2.1%	2.1%
8	Population Density	4.9%	8	1.2%	1.2%

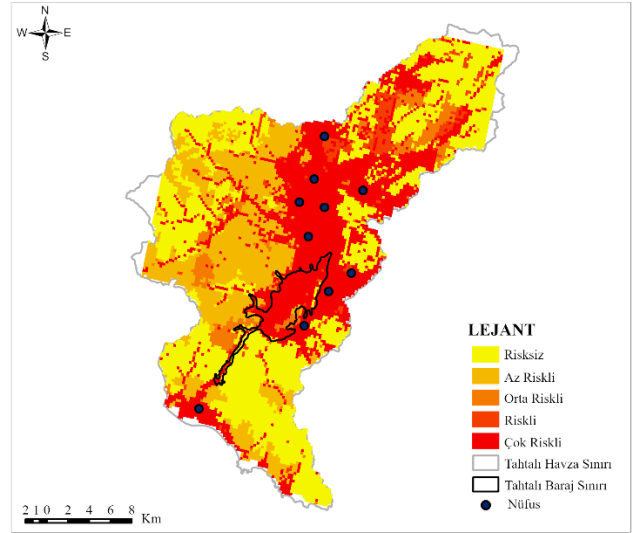
Yapılan analiz sonucunda, elde edilen tutarlılık oranı (Consistency Ratio - CR) %4,6 (0,046) olarak hesaplanmıştır. Bu oran, kabul edilebilir eşik olan 0,10'un altında yer almakta olup, ikili karşılaştırma matrisinin yeterince tutarlı olduğunu ve elde edilen sonuçların güvenilirliğini göstermektedir (Karakuş ve Ceylan Demirel, 2022).

AHP analizine göre, taşkın riski haritalamasında en yüksek ağırlığa sahip kriter ana akarsuya uzaklık (%24,6) olmuştur. Yağış miktarı (%18,5) ve Arazi Kullanımı-Arazi Örtüsü (AKAO) (%18,4) kriterleri de yüksek ağırlık değerlerine sahip olup, taşkınların oluşmasında doğrudan etkili çevresel değişkenler olarak öne çıkmıştır. Diğer taraftan, Eğim (%10,9) ve Yükselti (%10,5) gibi topografik değişkenlerin de taşkın dinamikleri üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Toprak türü (%7,0), Topografik Nemlilik İndeksi - TWI (%5,3) ve Nüfus yoğunluğu (%4,9) kriterleri ise görece daha düşük ağırlıklara sahiptir. Ancak bu kriterler de taşkın riski üzerinde dolaylı etkiler yaratmakta; özellikle geçirimsiz toprak yapıları ve yoğun nüfusun bulunduğu alanlar, taşkınların yaratacağı zararın büyüklüğünü artırmaktadır.

Tutarlılık sonucu sonrasında verilerin her biri yöntem kısmında yazılan Bulanıklaştırma (Fuzzy Membership) türüne göre bulanıklaştırılmıştır. Ardından çıkan sonuçlar Fuzzy Overlay işlemi ile birleştirilmiştir. Bu birleştirmede “OR” özelliği seçilerek, her bir veri için verilen Maks. ve Min. değerlerinin en yüksekleri toplanmış, bu şekilde bir çakıştırma işlem sonucunda riskli yerler tespit edilmiştir (Şekil 4).

3. Bulgular

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden yararlanılarak Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden biri olan Bulanık Mantık yöntemi ile İzmir ilinde bulunan Tahtalı Barajı Havzasının taşkın risk haritası oluşturulmuştur (Şekil 5).

**Şekil 5.** Tahtalı Barajı Havzası Taşkın Risk Haritası

Sonuç haritasında Lejant kısmında bulunan değerler sırası ile 0.971 – 0.983 “Risksiz”, 0.984 – 0.99 “Az riskli”, 0.991 – 0.994 “Orta riskli”, 0.995 – 0.998 “Riskli”, 0.999 – 1 “Çok riskli” şeklinde sınıflanmaktadır.

Risk haritasından da anlaşıldığı üzere baraj ve yakın çevresi risk grubu içerisinde yer almaktadır. Özellikle barajın kuzey ve kuzeybatı kısımlarında yer alan Sancaklı, Çileme, Tekeli Atatürk, Cumaovası, Küner, Şaşal ve Menderes ilçe ve köyleri “Çok riskli” kategorisinde yer almaktadır. Barajın yakın çevresinde yer alan Sancaklı, Cumaovası, Küner ve Şaşal’ının özellikle baraja yakın alanlarında tarım faaliyetleri yoğun bir şekilde yürütüldüğünden bu kısımlar herhangi bir sel ve taşkın olayı karşısında büyük bir risk altında kalacaktır. Keza barajın en güneyinde yer alan, barajın en uç kısmı ile Ege Denizi arasında kalan Gümüşdüz ilçesi de tarım arazileri, plajlar ve tatil köyleri açısından oldukça zengin bir yer olmasına karşın taşkın riski açısından oldukça tehlikeli bir konumdadır. Barajın tam doğusunda yer alan ve yalnızca tarım arazilerinden oluşan Değirmendere, Atatürk ve Değirmendere Fevzi Çakmak’da yoğun riskli alanlar arasında yer almaktadır. Barajın doğu ve kuzeydoğu kısımlarında bulunan ve yer yer riskli, az riskli ve risksiz görülen alanlar ise Keler, Yeniköy, Kuyucak ve Orhanlı köyleridir. Bu bölge yer yer tarım arazisi, yoğun bitki örtüsü ve yoğun dere – çay alanları ile kaplıdır.

Haritada bulunan “Risksiz” ve “Az riskli” alanlar genelde yoğun bitki örtüsüne sahip ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Bu bölgede bulunan toprak suyu emer, bitkiler akışı kırar böylece bu faktörler sel ve taşkın riskini hafifletmiş olur. “Orta riskli” ve “Riskli” alanlar ise genellikle çıplak yüzeylerdir. Haritada orman alanları ile iç içe görülmektedirler. “Yüksek riskli” bölgeler ise barajın oldukça yakınında bulunan tarım alanları, nadase bırakılmış araziler, bölgede bulunan dereler, çaylar ve yerleşim yerleridir. Bu alan haritanın büyük bir kısmını kaplamakla birlikte Tahtalı Barajı Havzası içerisindeki tüm canlı yaşamını da tehdit etmektedir. Bu bölgelerde yapılan risk çalışmaları ve risk haritaları dikkate alınarak planlamaların yapılması can ve mal kaybını en aza indirecektir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Tahtalı Barajı Havzası'nda Bulanık Mantık yöntemi kullanılarak taşkın risk haritası oluşturulmuş, özellikle baraj çevresi ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yürütüldüğü yerleşim alanlarının yüksek taşkın riski altında olduğu tespit edilmiştir. Risk düzeyleri, arazi kullanım biçimi, eğim, bitki örtüsü yoğunluğu ve su yüzeyine yakınlık gibi kriterlere göre değişiklik göstermekte olup; özellikle Sancaklı, Şaşal, Cumaovası ve Küner gibi tarımsal yoğunluğun yüksek olduğu bölgeler “çok riskli” kategorisinde değerlendirilmiştir.

Çalışmadan elde edilen bulgular, Türkiye’de farklı bölgelerde yapılmış benzer araştırmalarla büyük ölçüde örtüşmektedir. Özellikle eğimin düşük, alüvyal zeminlerin yaygın, yerleşim ve tarım alanlarının yoğun olduğu alanlar taşkın açısından daha kırılgan konumdadır (Ünal vd., 2022). Karakuş ve Ceylan Demirel (2022), yürütmüş olduğu Sivas kent merkezinde AHS yöntemi ile gerçekleştirilen taşkın risk analizinde olduğu gibi, bu çalışmada da riskin en belirgin olduğu alanlar düşük eğimli, geçirimsiz toprak yapısına sahip, akarsuya yakın ve bitki örtüsünün zayıf olduğu bölgeler olarak ortaya çıkmıştır.

Ayrıca, çalışmanın sonuçları küresel ölçekli iklim değişikliği projeksiyonlarıyla da örtüşmektedir. Literatürde yer alan çalışmalarda özellikle Asya ve Akdeniz iklim kuşağında yer alan bölgelerde yağış rejimlerinin değişmesiyle birlikte taşkın sıklığında ve şiddetinde artış beklendiği ifade edilmektedir (Arnell & Gosling, 2014). İzmir gibi bir bölgede bu öngörülerin yerel ölçekte mekânsal karşılığının gösterilmesi, geleceğe yönelik planlama ve risk azaltma stratejilerinin oluşturulması açısından büyük önem arz etmektedir (Ekşi & Kantarlı, 2020).

Elde edilen taşkın risk haritası, bölgedeki mevcut yerleşim alanlarının ve tarımsal üretim bölgelerinin taşkın tehlikesiyle iç içe geçtiğini göstermektedir. Bu durum, yalnızca ekolojik değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik bir tehdit olarak da değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, bu çalışmada kullanılan yöntem, düşük maliyetli ve zaman açısından verimli olması nedeniyle, benzer havzalarda taşkın riskinin belirlenmesi ve yönetiminde uygulanabilir bir model sunmaktadır. İzlenebilecek bütüncül yaklaşımlar, sadece bugünkü risklerin değil, iklim değişikliğinin yaratacağı gelecekteki tehditlerin de önüne geçilmesine katkı sağlayacaktır. Çalışma sonuçları, afet riski yüksek bölgelerde bilimsel veriye dayalı, sürdürülebilir ve dirençli bir planlama yaklaşımı geliştirilmesinde önemli bir kaynak olarak değerlendirilebilir.

Tahtalı Barajı Havzasının taşkın riskini hesaplamayı amaçlayan bu çalışmada Bulanık Mantık teknikleri kullanılarak gerçeğe uygun sonuçlar elde edilmiştir. Bölgede daha önce benzer bir çalışma yapılmadığından mevcut çalışmanın literatüre ve bölge gelişime katkısı olacağı düşünülmektedir.

Araştırmacıların katkı oranı

Şevki Danacıoğlu: Literatür taraması, Veri çalışması, Makale yazımı.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aksoy, O., Altaş, E. & Erken, K. (2023). Kentsel alanlardaki taşkın duyarlılığına karşı ekolojik peyzaj tasarım önerilerinin geliştirilmesi: Antalya, Kemer örneği. *Doğal Afet ve Çevre Dergisi*, 9(1), 152-167.
- Arnell, N.W. & Gosling, S.N. (2014). The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Climatic Change*, 134, 387–401.
- Atkinson, P. A. (1996) Geographic information systems for geoscientists: Modelling with (G. F. Bonham-Carter, Oxford: Pergamon Press, 1994). *International Journal of Remote Sensing*, 17(1), 213–214.
- Cabrera, J. S. & Lee, H. S. (2020). Flood risk assessment for Davao Oriental in the Philippines using geographic information system-based multi-criteria analysis and the maximum entropy model. *Journal of Flood Risk Management*, 13(2), e12607.
- CRED. (n.d.). *Centre for research on the epidemiology of disasters-review of disaster events*. Retrieved April 14, 2019, from <https://www.cred.be/publications>.
- Demirbaş, M. & Aydın R., (2020). 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: Küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 163–179.
- Derin Cengiz, L. (2020). *Farklı analitik hiyerarşi süreci yöntemlerinin heyelan duyarlılığı haritalamalarındaki etkinliğinin araştırılması* (Tez No. 689598) [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Ekşi A. & Kantarlı İ.C., (2020). Su taşkınlarına karşı stratejik risk yönetimi İzmir ili örneği. *Hastane Öncesi Dergisi*, 5(1), 11–27.
- Karakuş, C. B. & Ceylan Demirel, Ş. (2022). Coğrafi bilgi sistemi tabanlı analitik hiyerarşi prosesi kullanılarak taşkın tehlike haritalaması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(4), 1155-1173.
- Kaya, Ç. M. (2018). Taşkın riskinin belirlenmesinde sosyo-demografik ve sosyo-ekonomik özelliklerin önemi. *Afet ve Risk Dergisi*, 1(1), 53-62.
- Kaya, M.Ç., (2022). Taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulmasında kullanılan yöntemler. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 3(2), 191–209.
- Korkanç, Y. M. & Korkanç, M. (2006). Sel ve taşkınların insan hayatı üzerindeki etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 8(9), 42–50.
- Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü. (2022). *2021 yılı meteorolojik afetler değerlendirmesi*. T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı. <https://www.mgm.gov.tr/files/genel/raporlar/afetlerraporu2021.pdf>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2021). *2021 yılı Türkiye’de meydana gelen doğa kaynaklı afetler raporu*. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.
- Oğuz, K. & Akın, B. S. (2019). Doğu Akdeniz havzasında sıcaklık, yağış ve aerosol değişiminin incelenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 244-253.
- Oğuz, E., Oğuz, K. & Öztürk, K., (2022). Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi. *Geomatik Dergisi*, 7(3), 220-234.
- Parsian, S., Amani, M., Moghimi A., Ghorbanian A. & Mahvadi S. (2021). Flood hazard mapping using fuzzy logic, analytical hierarchy process and multi – source geospatial dataset. *Remote Sensing*, 13(23), 4761.

- Sönmez, O. & Hırça, T. (2018). Mudurnu Çayının taşkın kapasitesinin araştırılması. *Engineering Sciences*, 13(2), 106–118.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2023). *İzmir Tahtalı Barajı havzası taslak koruma planı*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/havza%20koruma%20eylem%20planlar%C4%B1/Tahtali+Barajı+Havza+Koruma+Plani.pdf>
- Tokgözlü, A. & Özkan, E., (2018). Taşkın risk haritalarında AHP yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası örneği. *SDÜ Fen – Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (44), 151–176.
- Toprak, A. (2015). *Solhan Deresi Havzası'nın (Bingöl) sel ve taşkın analizi* (Tez no. 425618) [Yüksek Lisans tezi, Fırat Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Ünal, A., Çamcı, G. H. & Tonyaloğlu, E. E. (2022). Çok kriterli karar analizi ile doğal afetlerde haritalama: Aydın ili sel-taşkın riski örneği. *Uludağ Uluslararası Çalışmalar Dergisi*, 6(2), 136–150.
- Yeganeh, N. & Sabri S. (2014). Flood vulnerability assessment in Iskandar Malaysia using multi-criteria evaluation and fuzzy logic. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 8(16), 1794–1806.
- Zadeh, L. A. (1994). Fuzzy logic: Issues, contentions and perspectives. In *IEEE international conference on acoustics, speech, and signal processing (ICASSP)* (pp. VI/183). IEEE. DOI: 10.1109/ICASSP.1994.389912
- Zeyno, A., (2022). *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanarak çok kriterli karar verme yöntemi ile taşkın risk haritasının oluşturulması: Malatya ili örneği* (Tez No. 743027) [Yüksek Lisans tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.



© Author(s) 2025. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>