



Araştırma Makalesi / Research Article

ARDIÇTEPE BARAJ HAVZASI'NDA EROZYON HASSASİYET ANALİZİNİN BELİRLENMESİNDE YAĞIŞ VE ARAZİ YÜZEY KAPALILIK ETKİLEŞİMİNİN MPSIAC YÖNTEMİYLE ANALİZİ

Analysis of the Interaction Between Precipitation and Land Surface Cover in Determining Erosion Susceptibility in the Ardiçtepe Dam Basin Using the MPSIAC Method

Ayşe SARIDURAN^a, Abdullah SOYKAN^b

^a Sorumlu Yazar / Corresponding Author

Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Balıkesir, TÜRKİYE

aysesariduran@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0005-8827-0113>

^b Balıkesir Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Balıkesir, TÜRKİYE

soykana@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-4093-9541>

Makale Tarihçesi

Geliş 17 Şubat 2026
Kabul 9 Nisan 2026

Article History

Received 17 February 2026
Accepted 9 April 2026

Anahtar Kelimeler

Ardıçtepe Barajı, MPSIAC Modeli, Erozyon Hassasiyeti, Havza Yönetimi, Yağış-Kapalılık Etkileşimi

Keywords

Ardıçtepe Dam, MPSIAC Model, Erosion Sensitivity, Basin Management, Precipitation-Cover Interaction

Atıf Bilgisi / Citation Info

Sarıduran, A. & Soykan, A. (2026) Ardiçtepe Baraj Havzası'nda Erozyon Hassasiyet Analizinin Belirlenmesinde Yağış ve Arazi YüzeY Kapalılık Etkileşiminin Mpsiac Yöntemiyle Analizi / Analysis of the Interaction Between Precipitation and Land Surface Cover in Determining Erosion Susceptibility in the Ardiçtepe Dam Basin Using the MPSIAC Method, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2026 (16): 245-267.

doi: 10.46453/jader.1890391

ÖZET

Baraj havzalarında erozyon süreçleri, rezervuara taşınan sediment miktarını artırarak barajların depolama kapasitesini ve ekonomik ömrünü doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, Ardiçtepe Baraj Havzası'nda erozyon hassasiyetinin belirlenmesinde, MPSIAC (Modified Pacific Southwest Interagency Committee) modeli kullanılarak özellikle yağış (X_3) ve arazi yüzeY kapalılığı (X_6) faktörlerinin mekânsal etkileşimi analiz edilmiştir. MPSIAC modelinde yer alan dokuz parametre arasında bu iki faktörün seçilmesinin temel gerekçesi; yağış erozivitesi ve bitki örtüsü kapalılığının kısa ve orta vadede değişkenlik gösterebilen, iklimsel dalgalanmalara ve arazi kullanımına doğrudan bağlı dinamik faktörler olmasıdır. Buna karşılık litoloji, toprak yapısı ve topoğrafya gibi diğere parametreler büyük ölçüde statik nitelikte olup baraj işletme süresi boyunca sınırlı değişim göstermektedir. Çalışma kapsamında, İvrindi Meteoroloji İstasyonu'na ait uzun yıllar ortalama yağış verileri hesaplanarak arazi yüzeYlerine paralel olacak şekilde yağış miktarı artışı belirlenmiştir; arazi yüzeY kapalılığı ise güncel orman ve arazi kullanım verileri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen raster katmanlar çakıştırılarak, yüksek yağış erozivitesi ile düşük kapalılık oranlarının keşitdiği kritik erozyon zonları belirlenmiştir. Bulgular; havza genelinde yüksek yağış erozivitesi ile düşük kapalılık oranlarının keşitdiği kritik zonların, sediment taşınımı açısından başlıca risk bölgelerini oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak bu çalışma; havza genelinin %27,58'ini temsil eden 7.036 hektarlık bir alanın 'yüksek' ve 'çok yüksek' erozyon riski altında olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, erozyonun yalnızca çok sayıda faktörün toplam etkisiyle değil, özellikle yağışın tetikleyici gücü ile arazi örtüsünün koruyucu kapasitesi arasındaki dinamik dengenin bozulmasıyla şiddetlendiğini göstermektedir. Bu iki faktöre odaklanılarak yapılan analizler, barajın uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından öncelikli müdahale alanlarının belirlenmesine olanak tanımakta ve havza yönetimi için stratejik bir karar destek altyapısı sunmaktadır.

ABSTRACT

Erosion processes in dam catchments significantly reduce reservoir capacity and directly shorten the economic lifespan of dams through increased sediment yield. In this study, erosion sensitivity in the Ardiçtepe Dam Catchment was analyzed using the Modified Pacific Southwest Interagency Committee (MPSIAC) model, with a specific focus on the spatial interaction between rainfall erosivity (X_3) and land surface cover (X_6). Among the nine parameters of the MPSIAC model, these two factors were deliberately selected because they represent dynamic variables that can change rapidly over seasonal and annual timescales in response to climatic variability and land-use practices. In contrast, parameters such as lithology, soil characteristics, and topography exhibit predominantly static behavior over the operational lifespan of a dam. Long-term precipitation data obtained from the İvrindi Meteorological Station were spatially distributed using the Schreiber method, while land surface cover was classified based on up-to-date forest stand and land-use datasets. The integration of these raster layers enabled the identification of critical erosion-prone zones where high rainfall erosivity coincides with low vegetation cover. The

findings reveal that critical zones, where high rainfall erosivity intersects with low vegetation cover, constitute the primary risk areas for sediment transport into the reservoir. In conclusion, this study reveals that an area of 7,036 hectares, representing 27.58% of the entire basin, is under 'high' and 'very high' erosion risk. The findings demonstrate that erosion is intensified not merely by the cumulative effect of numerous factors, but specifically by the disruption of the dynamic balance between the triggering power of precipitation and the protective capacity of land cover. Analyzing these two focused factors enables the identification of priority intervention areas for the long-term sustainability of the dam and provides a strategic decision-support infrastructure for watershed management.

© 2026 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Erosion processes occurring within dam catchments are not merely a natural mechanism of surface shaping; they also represent a critical environmental issue directly affecting the storage capacity, operational efficiency, and economic lifespan of dams. Soil loss occurring at the basin scale causes transported sediment to accumulate in the reservoir area, thereby reducing the active volume of the dam over time and hindering fundamental functions such as power generation, irrigation, and drinking water supply (Morris and Fan, 1998; Özşahin, 2023). Therefore, the accurate spatial analysis of erosion in dam catchments and the identification of primary factors triggering sediment yield have become indispensable components of sustainable basin and dam management.

Erosion processes are shaped by the combined effects of numerous environmental factors. Components such as lithology, soil characteristics, topography, climatic conditions, vegetation, and land use are among the fundamental elements determining both the intensity and spatial distribution of erosion. Due to this complex structure, multi-parameter models are widely utilized in basin-scale erosion estimations (Cürebal and Ekinçi, 2006; Efe et al., 2008a; Efe et al., 2008b; Özşahin, 2011; Cürebal et al., 2012; Özşahin, 2014; Danacıoğlu and Tağıl, 2017; Atalay and Cürebal, 2018; Mutlu and Soykan, 2018; Mutlu, et al., 2021; Atalay Dutucu and Mutlu, 2022; Aykır and Fıçıcı, 2022; Özşahin, 2023; Durak, 2024; Özşahin, 2024; Durak and Cürebal, 2025). One of these models, the Modified Pacific Southwest Interagency Committee (MPSIAC) method,

offers a holistic approach evaluating erosion through nine different parameters. However, the temporal behaviors of all these parameters and their impacts on the dam's operational lifespan are not identical. Although the MPSIAC model provides an integrated approach based on the synthesis of nine different parameters, the elements that most rapidly trigger the temporal and spatial changes of erosion at the basin scale are the precipitation regime and vegetation cover. Therefore, while other parameters are considered constant or more stable, the interaction of these two fundamental variables has been placed at the center of the analysis to understand the dynamic nature of erosion sensitivity in the basin. This approach does not compromise the integrity of the method; on the contrary, it enables the identification of priority intervention areas for risk management.

Methods and Materials

While this study utilizes the MPSIAC model to evaluate erosion sensitivity in the Ardiçtepe Dam Catchment, it consciously diverges from the 'total score of all factors' approach prevalent in the literature. The primary focus of the study is the spatial interaction specifically between the runoff (X_3) and land cover (X_6) factors among the nine components of the model. This selection is based on the distinction between the dynamic and static characters of the factors governing erosion processes.

Factors such as lithological characteristics, soil types, and topography are static components that constitute the structural framework of the basin system and do not show significant changes in the short to medium term. These

factors, which define the potential limits of erosion, remain largely stationary throughout the operational period of the dam. In contrast, surface runoff characteristics and vegetation cover are dynamic factors that can change significantly within short timeframes due to both natural climatic oscillations and human-induced land-use changes. While extreme precipitation, increasing with climate change, raises the erosive power of rainfall; deforestation, agricultural activities, and overgrazing weaken the capacity of vegetation to protect the soil. In this context, by centering on the relationship between rainfall erosivity and land cover—the two most mobile, sensitive, and simultaneously manageable components of erosion—this study aims to analyze the processes directly affecting dam lifespan within a more realistic framework. The Ardiçtepe Dam Catchment, selected as the study area, constitutes a highly representative case for such an analysis due to its topographical diversity, climatic transition characteristics, and land-use patterns.

Within the scope of the research, long-term precipitation data (2014–2022) from the İvrindi Meteorology Station, obtained from the General Directorate of Meteorology, were utilized, and elevation-dependent precipitation increases were determined through the Schreiber method. Thus, by considering the differences in the amount and distribution of precipitation throughout the basin, the potential erosive effect of rainfall was quantified. The precipitation data were evaluated within the framework of the climate component (X_3) of the MPSIAC model, and a raster-based rainfall factor map was generated.

In determining the land cover factor (X_6), up-to-date stand type and land-use data (2024) obtained from the General Directorate of Forestry were utilized. Vegetation cover was classified into different density intervals (<10 / 11-40 / 41-70 / 71-100) to spatially demonstrate the extent to which the soil is protected throughout the basin. The distinct differences between agricultural lands, pastures, and settlement surroundings with low crown closure and forested areas with high crown closure provided significant insights into understanding erosion processes.

Findings

The obtained rainfall and land cover raster layers were analyzed by overlaying them within the WGS 1984 (World Geodetic System) datum and the UTM (Universal Transverse Mercator) projection system. Through this integration, areas where high rainfall erosivity and low cover rates intersect were identified and defined as 'critical erosion zones.' The results of the analysis revealed that erosion sensitivity in the Ardiçtepe Dam Catchment does not exhibit a spatially homogeneous distribution; on the contrary, it concentrates in specific regions, creating 'hotspots.'

According to the findings, 27,58% of the basin area possesses high and very high erosion sensitivity (specifically around Maya Hill, Kocaçukur Hill, Kule Hill, Erkaya Hill, Yeşilgölcük Hill, and Ballıbölük Hill). These areas are concentrated particularly on steep slopes where vegetation cover is sparse and precipitation easily converts into surface runoff. Conversely, the presence of dense forest cover, even in some regions receiving high rainfall, significantly buffers the abrasive effect of precipitation, maintaining erosion sensitivity at low levels. This situation clearly demonstrates the regulatory and stabilizing role that vegetation plays against rainfall erosivity.

Results, Discussion, Conclusions

One of the most significant results of the study is that erosion cannot be explained by the amount of precipitation alone; rather, the primary determinant is the balance between the power of rainfall and the protection capacity offered by the land surface against this power. In areas where this balance is disrupted, even relatively low rainfall can lead to serious soil losses. This situation was identified by temporally overlaying the seasonal distribution of the precipitation regime in the basin with changes in the vegetation period (X_6). Analyses observed that during the late dry season and early spring stages, when vegetation cover is at minimum levels, erosion intensity increases due to the decrease in surface resistance, even in periods when the amount of precipitation (X_3) remains below annual averages. Therefore, in cases where it is not possible to alter static factors in the fight against erosion,

interventions involving dynamic factors carry vital importance.

When evaluated in terms of the dam's economic lifespan, the high-sensitivity areas identified in the study constitute the primary sources of sediment transport to the reservoir. The sediment load originating from these areas fills the dead storage of the dam faster than planned, reducing its storage capacity and threatening its long-term functionality. Compared with studies conducted in basins with similar topographies in the literature (e.g., Fiçıcı and Soykan, 2022), the sediment yield rate in the Ardiçtepe Dam Catchment is at a critical threshold that endangers the reservoir's lifespan. The amount of material transported from the unit area on an annual basis accelerates the filling rate of the dam's dead storage and theoretically advances the completion period of its projected economic life. Consequently, this approach, focusing on rainfall and land cover, provides directly applicable results for strategic planning aimed at extending the lifespan of the dam.

In conclusion, this study demonstrates that the MPSIAC model is not merely a tool producing numerical output; rather, it offers a robust decision-support mechanism for basin management by analyzing the interaction between climatic and biophysical dynamics. Focusing on dynamic factors such as precipitation and land cover points toward the most effective and realistic intervention areas for taking erosion under control and establishes a scientific foundation for ensuring the sustainability of the Ardiçtepe Dam.

Acknowledgements

This study was derived from the doctoral dissertation prepared by Ayşe SARIDURAN at Balıkesir University, Institute of Social Sciences, Department of Geography. The research was supported by the Balıkesir University Scientific Research Projects Unit under project number 2025/240. I would like to express my gratitude to Prof. Dr. Abdullah SOYKAN, Prof. Dr. İsa CÜREBAL, and Asst. Prof. Dr. Murat FIÇICI for their valuable contributions, opinions, and guidance during the execution and development of this study.

1. GİRİŞ

Doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, günümüz yer bilimlerinin ve havza planlamasının en stratejik konularından biri haline gelmiştir. Bu kaynakların başında gelen toprak, su döngüsü ve ekosistem dengesi için hayati bir öneme sahip olsa da, erozyon süreci nedeniyle telafisi güç bir kayba maruz kalmaktadır. Özellikle baraj havzalarında meydana gelen erozyon, sadece toprak verimliliğini azaltmakla kalmamakta, aynı zamanda taşınan sedimentin rezervuar alanlarında birikmesiyle barajların su depolama kapasitesini ve ekonomik ömrünü doğrudan kısıtlamaktadır. Bu durum, enerji üretimi, tarımsal sulama ve içme suyu temini gibi kritik süreçlerde ciddi riskler doğurmaktadır.

Küresel iklim değışikliğinin etkisiyle değışen yağış rejimleri ve artan ekstrem hava olayları, yağışın "erozif" gücünü artırırken; kontrolsüz arazi kullanımı ve bitki örtüsünün tahribatı toprağın bu güce karşı direncini zayıflatmaktadır. Erozyonun şiddeti, temelde yağışın kinetik enerjisi (tetikleyici güç) ile bitki örtüsünün kapalılık oranı (koruyucu güç) arasındaki hassas dengeye bağlıdır. Bu nedenle, havza bazlı planlamalarda erozyon riskinin doğru tahmin edilmesi, toprağın aşınma potansiyeli ile koruyucu örtünün etkileşiminin mekânsal olarak analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır.

MPSIAC modeli, havza erozyonunu dokuz farklı parametre üzerinden değerlendiren bütüncül bir yapı sunsa da bu çalışmada özellikle "İklim ve Akış" (X3) ile "Arazi Yüzey Kapalılığı" (X6) faktörlerinin etkileşimine odaklanılmıştır. Bu seçici yaklaşımın temelinde üç ana bilimsel gerekçe bulunmaktadır:

1. Faktörlerin Dinamik Karakteri: Havza sistemini oluşturan jeoloji, toprak yapısı ve topoğrafya gibi bileşenler "statik" niteliktedir ve insan ömrü veya baraj işletme süresi gibi kısa-orta vadeli periyotlarda kayda değer bir değışim göstermezler. Buna karşılık yağış erozivitesi ve bitki örtüsü kapalılığı hem mevsimsel hem de yıllık ölçekte hızla değışebilen "dinamik" değışkenlerdir. Ardıçtepe Barajı gibi işletme ömrü kritik olan yapılar için, erozyonun bu en hareketli ve müdahale edilebilir iki

bileşeninin incelenmesi, risk yönetiminde daha gerçekçi ve aksiyon odaklı sonuçlar üretmektedir.

2. Hassasiyet Analizi (Sensitivity Analysis) Yaklaşımı: Bu çalışma, bir yönüyle MPSIAC modelinin en hassas parametreleri üzerinde bir "duyarlılık analizi" niteliği taşımaktadır. Literatürde, modelin çıktılarını en yüksek oranda domine eden faktörlerin yağış rejimi ve yüzey örtüsü olduğu bilinmektedir. Statik faktörlerin sabit veya homojen kabul edildiği bu senaryoda, erozyon şiddetindeki dalgalanmaların ne kadarının yağış şiddetinden ne kadarının ise kapalılık yetersizliğinden kaynaklandığı ayrıştırılabilmektedir. Bu ayrıştırma, havzada uygulanacak koruma önlemlerinin öncelik sırasını belirlemede kilit rol oynamaktadır.
3. Metodolojik Boşluğun Doldurulması: Literatürdeki MPSIAC uygulamalarının büyük çoğunluğu, tüm faktörlerin toplam skoruna dayalı genel bir sediment verimi tahmini sunmaya odaklanmıştır. Ancak, özellikle baraj havzalarında yağışın "yıkıcı gücü" ile bitki örtüsünün "koruyucu kalkanı" arasındaki o spesifik dengenin veya dengesizliğin (sinerjinin) mekânsal analizi ihmal edilmiştir. Bu çalışma, MPSIAC bileşenlerini bir bütünün parçası olmanın ötesine taşıyarak, iki temel dinamik güç arasındaki "etki-tepki" ilişkisini merkeze alan metodolojik bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Araştırmanın kapsamı; İvrindi Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilen uzun yıllara dayalı yağış verisi ortalamalarının Schreiber yöntemiyle yükseltiye bağlı olarak değışimi, havzadaki bitki örtüsü yoğunluğunun Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü'nden (2024) temin edilen güncel meşcere verileri ve saha gözlemleriyle sınıflandırılmasını ve bu iki faktörün çakıştırlmasıyla "kritik erozyon zonlarının" belirlenmesini içermektedir. Ayrıca, Ardıçtepe Baraj Havzası üzerine yapılan önceki araştırmalar incelendiğinde, sahanın genel jeomorfolojik özelliklerinin tanımlandığı görülse de havzanın "uygulamalı jeomorfoloji" ve "erozyon riski" perspektifinden henüz

bilimsel bir analize tabi tutulmadığı saptanmıştır. Dolayısıyla bu çalışma, Ardiçtepe Baraj Havzası'nda gerçekleştirilen ilk erozyon tehlike analizi olma özelliğini taşımakta ve hem bölge literatüründeki bu boşluğu doldurmayı hem de barajın sürdürülebilir yönetimi için somut bir veri tabanı oluşturmayı amaçlamaktadır.

Havza ölçekli erozyon tahminlerinde kullanılan modeller, yerel parametrelerin ağırlığına göre çeşitlilik göstermektedir. Bu modeller arasında, özellikle veri setinin heterojen olduğu bölgelerde esnek yapısıyla dikkat çeken Pasifik Güneybatı Kurumlararası Komitesi yöntemi, literatürün temel taşıını oluşturmaktadır (PSIAC, 1968). Başlangıçta kalitatif bir değerlendirme sunan bu yaklaşım, Johnson ve Gebhardt (1982) tarafından geliştirilerek sayısal bir yapıya kavuşturulmuş ve MPSIAC (Modified PSIAC) adıyla uygulamalı jeomorfoloji çalışmalarının vazgeçilmez bir aracı haline gelmiştir. Bu yöntem, havza dinamiklerini dokuz farklı değişken üzerinden okuyarak sediment verimini matematiksel bir temele oturtmaktadır.

Toprak aşınım süreçlerinde yağışın kinetik enerjisi ile bitki örtüsünün koruyucu rolü arasındaki denge, erozyonun şiddetini belirleyen en kritik etkileşimdir. Literatürde yağış erozivitesi (R faktörü) ve arazi yönetimi (C faktörü) denildiğinde, Renard ve ark. (1997) tarafından geliştirilen RUSLE modeli, bu değişkenlerin fiziksel mekanizmalarını açıklayan en kapsamlı rehberlerden biri kabul edilmektedir. Benzer şekilde Morgan (2005), bitki örtüsünün toprak stabilitesi üzerindeki çok yönlü etkilerini ve kapalılık oranının yüzey akışını nasıl absorbe ettiğini teorik olarak kanıtlayarak, havza koruma stratejilerine yön vermiştir.

Ulusal literatürde havza ölçekli erozyon araştırmaları incelendiğinde, özellikle RUSLE modeline dayalı uygulamaların yaygınlık kazandığı görülmektedir. Bu çalışmalar, farklı iklim ve topoğrafik koşullara sahip havzalarda toprak kaybının mekânsal dağılımını değerlendirmeye odaklanmıştır (Cürebal ve

Ekinci, 2006; Efe vd., 2008a; Efe vd., 2008b; Özşahin, 2011; Cürebal vd., 2012; Özşahin, 2014; Danacıoğlu ve Tağıl, 2017; Atalay ve Cürebal, 2018; Mutlu ve Soykan, 2018; Mutlu, vd., 2021; Atalay Dutucu ve Mutlu, 2022; Aykır ve Fıçıcı, 2022; Özşahin, 2023; Durak, 2024; Özşahin, 2024; Durak ve Cürebal, 2025).

Türkiye özelinde MPSIAC yönteminin güncel uygulamaları incelendiğinde; Fıçıcı (2021) ile Fıçıcı ve Soykan (2022) tarafından Madra Baraj Havzası'nda gerçekleştirilen çalışma, bölge jeomorfolojisi ve erozyon karakteristikleri açısından bu araştırma ile doğrudan paralellik göstermektedir. Yazarlar, MPSIAC ve RUSLE yöntemlerini karşılaştırmalı olarak ele alarak, bölgedeki sediment taşınımında bitki örtüsü ve iklim faktörlerinin belirleyici ağırlığını ortaya koymuşlardır.

Ancak mevcut literatürde MPSIAC genellikle dokuz faktörün toplam puanı üzerinden genel bir risk analizi sunmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmayı özgün kılan temel nokta; modelin dokuz bileşeni arasında yer alan iklimsel erozivite (akış) ile arazi kapalılığı arasındaki doğrusal olmayan, karmaşık ve dinamik ilişkiye odaklanmasıdır. Literatürdeki genel eğilimin aksine bu makale, yağışın tetikleyici gücü ile bitki örtüsünün engelleyici direnci arasındaki mekânsal çakışmayı derinlemesine analiz etmektedir.

Erozyon hassasiyet analizine konu olan Ardiçtepe Baraj Havzası, coğrafi olarak 27°09'30"-27°26'00" doğu boylamları ile 39°20'30"-39°34'30" kuzey enlemleri arasında, Kocaçay'ın yukarı havza bölümünde yer almaktadır (Şekil 1). İdari bakımdan Balıkesir (İvrindi) ve İzmir (Bergama) illeri içerisinde kalan havza, yaklaşık 25.737 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Bölgesel ölçekte Güney Marmara ve Ege bölgelerinin geçiş kuşağında konumlanan çalışma alanı, Madra Dağı silsilesinin etkisiyle şekillenen değişken topoğrafik ve iklimsel karakteriyle erozyon süreçlerinin incelenmesi açısından tipik bir örnek teşkil etmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan temel materyaller ve kullanım amaçları şunlardır:

- Meteorolojik Veriler: Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen İvrindi Meteoroloji İstasyonu'na ait 2014-2022 dönemi yıllık toplam yağış verileri, havzanın yağış erozivitelerini hesaplamak amacıyla kullanılmıştır.
- Arazi Örtüsü Verileri: Orman Genel Müdürlüğü'nden (2024) temin edilen güncel meşcere ve arazi kullanım verileri, bitki örtüsü kapallık oranlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla kullanılmıştır.
- Yazılımlar: CBS tabanlı analizler, verilerin sayısallaştırılması ve haritalandırma işlemleri için ArcGIS 10.8.2 yazılımı; istatistiksel hesaplamalar için ise Microsoft Excel kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Ardıçtepe Baraj Havzası, Akdeniz iklim etkisi altındaki Marmara geçiş kuşağında yer alması nedeniyle yağış karakteristiği ve bitki örtüsü kapallığı açısından özgün bir dinamizme sahiptir. Bu çalışmada MPSIAC yönteminin tercih edilme nedeni; modelin özellikle yarı-kurak bölgelerdeki erozyon süreçlerini analiz etmedeki başarısı ve sediment verimi tahmininde bu iki temel değişkeni (yağış ve yüzey kapallığı) birbirini tamamlayan hassas birer girdi olarak değerlendirmesidir. Türkiye'de baraj havzaları özelinde sınırlı sayıda çalışmada uygulanmış olan bu yöntem, havzanın sediment kontrolü ve arazi yönetimi stratejileri için bilimsel geçerliliği yüksek bir karar destek alacı sunmaktadır.

Bu çalışmada, havza ölçekli erozyon tahminlerinde kullanılan Modified Pacific Southwest Interagency Committee (MPSIAC) modelinin iki ana bileşeni olan "Yağış (X3)" ile "Yüzey Kapallığı (X6)" faktörleri (Tablo 1) analiz edilmiştir.



Şekil 2: Kayabaşı Tepe Doğusundaki Yol Yarماسında Permiyen–Triyas Yaşlı Birimler Üzerinde Gelişmiş Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları ve Kızılcām (*Pinus brutia*) Örtüsünün Görünümü. Fotoğraftaki Diklikte, Yüzey Akışı ve Yerçekimi Etkisiyle Toprak ve Regolit Örtüsünün Yamaçtan Ayrılarak Alt Seviyelere Taşındığı Görülmektedir. Üst Kısımdaki Orman Örtüsüne Rağmen, Dik Eğim ve Alt Flora Yetersizliği Nedeniyle Yüzey Erozyonu Süreci Durdurulamamıştır. Yamaç Boyunca Yer Yer Gözlenen Bodur Çalılar ise Toprak Stabilitesine Sınırlı Bir Katkı Sunmaktadır / **Figure 2:** Appearance of Non-Calcareous Brown Forest Soils Developed on Permian–Triassic Aged Units and Turkish Red Pine (*Pinus brutia*) Cover in The Road Cut East of Kayabaşı Hill. On The Steepness in the Photograph, It Is Observed That the Soil and Regolith Cover Are Separated from the Slope and Transported to Lower Levels Due To the Effects of Surface Runoff and Gravity. Despite The Forest Cover on The Upper Part, The Surface Erosion Process Could Not Be Halted Due To the Steep Slope and Insufficiency of Understory Flora. Shrub Communities Observed in Places Along the Slope Provide a Limited Contribution to Soil Stability.

Tablo 1: MPSIAC Modeli Faktörleri ve Hesaplaması / **Table 1:** Factors and Calculation of the MPSIAC Model (PSIAC, 1968; Johnson ve Gebhardt, 1982).

No	Etki Faktörü	Tanımlama	Eşitlik
1	Anakaya Faktörü	$X_1 =$ Kayaçların erozyon duyarlılığı	$Y_1 = X_1$
2	Toprak Erodibilite Faktörü	$K =$ Toprak erodabilite faktörü	$X_2 = 16,67K$
3	İklim / Yağış Faktörü	$P_2 =$ 2 yıl içerisinde gerçekleşen 6 saatlik yağış	$X_3 = 0,2P_2$
4	Akım/Debi Faktörü	$R =$ Yüksek akım; $Q_p =$ 1 yılda meydana gelen en yüksek boşaltım	$X_4 = 0,006R + 10Q_p$
5	Eğim / Topoğrafya Faktörü	$S =$ Yüzde eğim değeri	$X_5 = 0,33S$
6	Yüzey Kapalılığı Faktörü	$P_b =$ Yüzey kapalılık oranı (%)	$X_6 = 0,2P_b$
7	Arazi Kullanımı Faktörü	$P_c =$ Gölgelek yüzde oranı (%)	$X_7 = 20 - 0,2P_c$
8	Yüzey Erozyonu Faktörü	$SSF =$ Yüzey erozyonu toplamı	$X_8 = 0,25SSF$
9	Kanal (Oyuntu) Erozyonu Faktörü	$SSF_g =$ Oyuntu erozyonu toplamı	$X_9 = 1,67SSF_g$
$R = X_1 + 16,67K + 0,2P_2 + 0,006R + 10Q_p + 0,33S + 0,2P_b + (20 - 0,2P_c) + 0,25SSF + 1,67SSF_g$ $Q_s =$ Sediment verimi (t/ha/y); $18/6e * 0,036R \gg e = 2,718$			

Yağış Faktörünün (X_3) Hesaplanması

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (2022) temin edilen İvrindi ilçesine ait yağış verilerine, bölgenin topoğrafik çeşitliliği ve yükselti farkları nedeniyle sıkça başvurulan bir formül olan Schreiber (1912) Formülü ($Ph = Po + 54h$) uygulanmıştır (Cürebal ve Ekinci, 2006; Efe vd., 2008a; Efe vd., 2008b; Özşahin, 2011; Cürebal vd., 2012; Özşahin, 2014; Danacıoğlu ve Tağıl, 2017; Atalay ve Cürebal, 2018; Mutlu ve Soykan, 2018; Mutlu, vd., 2021; Atalay Dutucu ve Mutlu, 2022; Aykır ve Fıçıcı, 2022; Özşahin, 2023; Durak, 2024; Özşahin, 2024; Durak ve Cürebal, 2025). Daha sonra, düzeltilmiş yağış değerleri kullanılarak, Düzeltilmiş Fournier İndeksi (MFI) (Ferro, 1991) aracılığıyla R faktörü (yağış faktörü) değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3). MFI, yıllık yağış dağılımının şiddeti ve erozyon üzerindeki potansiyel etkisini değerlendirmede kullanılan ve özellikle iklimsel erozyon modellerinde sıkça başvurulan bir indekstir. Hesaplamalar, Microsoft Excel ortamında formül bazlı olarak yapılmış ve havzanın yağışa

bağlı erozyon potansiyeli R faktörü üzerinden sayısallaştırılmıştır.

Bir sonraki aşamada, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinden elde edilen veriler, Schreiber'in 100 mt de 54 mm yağış artışı baz alınarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma, yükseltiye bağlı olarak değişen yağış miktarlarını mekânsal olarak tanımlayabilmek ve iklim faktörünün saha üzerinde gösterdiği varyasyonu haritalandırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Saha genelindeki yükselti basamakları, havzanın jeomorfolojik karakterini ve erozyon riskindeki dikey değişimleri daha detaylı analiz edebilmek amacıyla 100 metrelik aralıklarla sınıflandırılmıştır. Bu hassasiyet düzeyi, bitki örtüsü kapalılığı ve yağış-akış ilişkisindeki yerel farklılıkların erozyon üzerindeki etkilerini belirginleştirmek için seçilmiştir.

Daha sonra, ArcMap ortamında vektör veri tabanına yeni bir özellik / yağış erozivitisi (Add Field) eklenmiş ve yağış erozivite değerleri her yükselti basamağına karşılık gelen R faktörü değerleri girilmiştir. Böylece, iklim faktörünün

mekânsal temsilinin sağlanması ve sonraki aşamalarda yapılacak raster analizlerine uygun veri altyapısının oluşturulması sağlanmıştır.

Son aşamada ise, vektör yapıda düzenlenmiş olan veri, raster formata dönüştürülmüş (ArcToolbox / Conversion Tools / To Raster / Polygon to Raster) ve MPSIAC analizinde kullanılmak üzere, R faktörü değerleri raster katmanına aktarılmıştır. MPSIAC yöntemi gereği, elde edilen R raster değerleri 0,2 katsayısı ile çarpılarak, iklim faktörü temelli MPSIAC İklim Faktörü Haritası oluşturulmuştur (şekil 4).

Formül řu şekildedir (PSIAC, 1968; Johnson ve Gebhardt, 1982):

$$X_3 = 0,2 * \left[\sum_{i=1}^{12} i * 1,735 * 10^{(1,5 \log_{10} (P2/P) - 0,082)} \right]$$

Yüzey Kapalılık Faktörü (X₆) Uygulama Aşamaları

Orman Bölge Müdürlüğü'nden (2024) temin edilen güncel arazi verileri kullanılarak bitki örtüsü kapalılık durumu analiz edilmiştir. Elde edilen bu veriler, ArcGIS 10.8.2 yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmış ve kapalılık oranlarını içeren tematik bir harita oluşturulmuştur. Her sınıfa ait alansal (ha) ve oransal (%) dağılımlar hesaplanarak, araştırma sahasındaki erozyon riski açasından potansiyel aalık ve korunaksız alanlar belirlenmiştir.

Son aşamada, oluşturulan vektör yapıdaki kapalılık katmanı, Polygon to Raster aracı ile raster formata dönüştürülmüş ve MPSIAC Yöntemi'ne özgü X₆ faktörü katsayısı olan 0,2 ile çarpılarak kapalılık faktör haritası oluşturulmuştur. Bu işlem, bitki örtüsünün alan üzerindeki dağılımının mekânsal olarak modellemeye entegre edilmesini sağlamış ve analiz çıktılarının sayısal değerlendirmeye uygun hale getirilmesine olanak tanımıştır.

Verilerin Entegrasyonu ve Analiz

Üretilen her iki raster katman, ortak bir projeksiyon sisteminde çakıştırılarak havzanın yağış-kapalılık etkileşimi analiz edilmiştir. Bu yöntemle, yüksek yağış erozivitesi ile düşük kapalılık oranlarının keşiştiği "kritik erozyon zonları" mekânsal olarak saptanmıştır (şekil 11).

3. BULGULAR

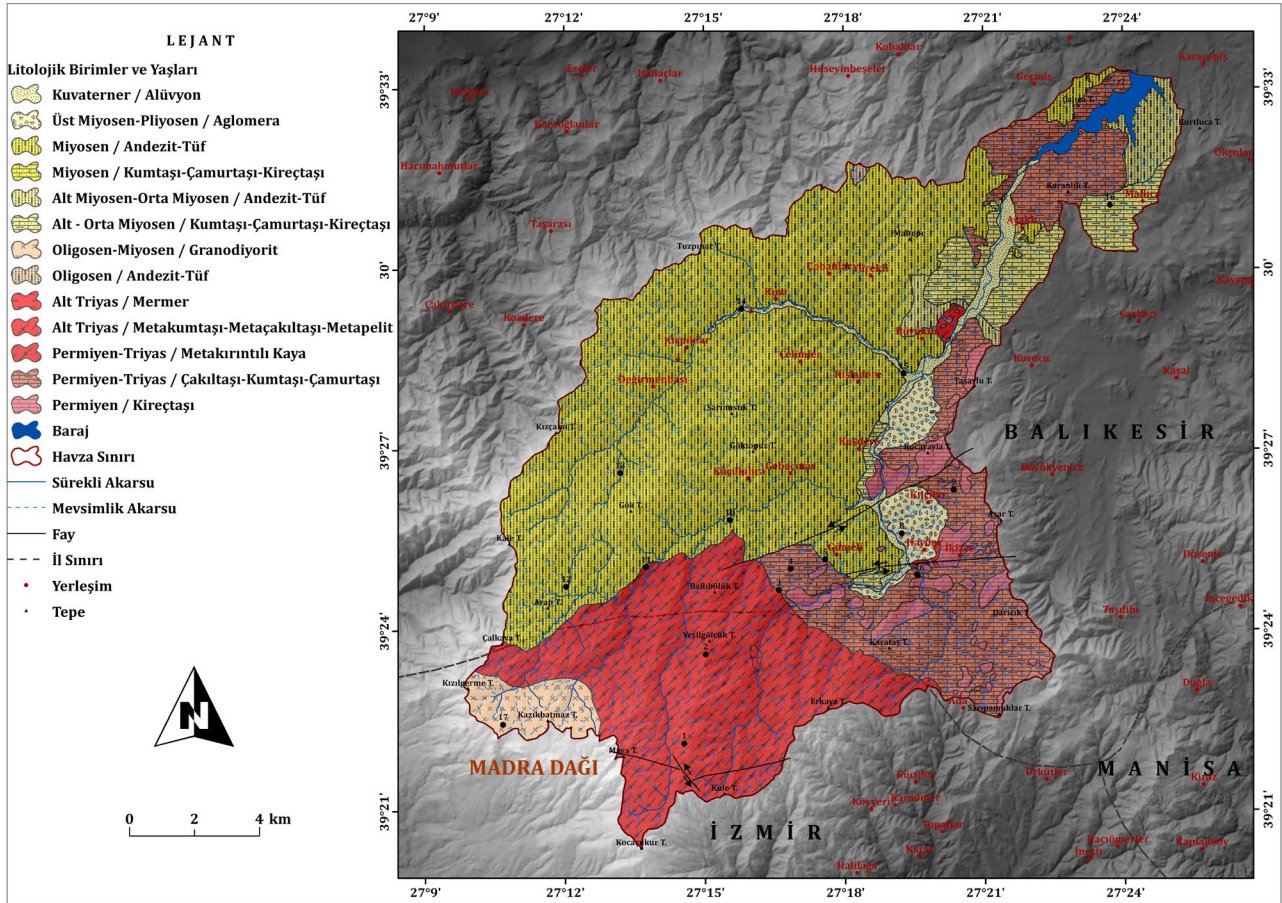
Ardıçtepe Barajı Havzası'nın içinde bulunduğu Güney Marmara Bölümü'nün günümüzdeki morfolojik özellikleri, büyük ölçüde Neotektonik Dönem'de etkili olan tektonik hareketler sonucunda şekillenmiştir (Emre ve Diğerleri, 1997: 36-57). Bölgedeki paleo-coğrafi şartlar Miosen'e kadar denizel ortam koşullarıyla karakterize olmuşken, Miyosen'den itibaren karasal ortam etkisi belirginleşmiş ve bununla birlikte aşınım süreçleri devreye girmiştir. Bu süreç, göl-akarsu çökellerini barındıran bir peneplen yüzeyinin gelişmesine olanak sağlamıştır. Ancak Üst Miyosen-Pliyosen Dönemi'nde, bölgede etkinleşen tektonizma sonucunda bu peneplen yüzeyi önemli ölçüde değişime uğramış; KD-GB ve KB-GD yönlü faylanmalarla bloklara ayrılarak parçalanmıştır. Alt-Orta Miyosen peneplen yüzeyinin, Üst Miyosen'den başlayarak Pliyosen'e kadar olan süreçteki tektonik hareketlerle yükselmesi ve parçalanması, bölgedeki dağlık alanların ve plato düzlüklerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Pliyosen Sonu-Pleyistosen Dönemi'nde ise, devam eden tektonik hareketlerle hem yükselmeler hem de parçalanmalar devam etmiş; D-B doğrultulu Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile K-G doğrultulu Ege Fay Sistemi arasındaki alanlarda farklı seviyelerde yüzeyler şekillenmiştir. Bu süreç, özellikle Alt Kuvaterner'den itibaren genç jeomorfolojik yüzeylerin oluşumunu da beraberinde getirmiştir. Sonuç olarak, bölgede etkili olan çoklu tektonik sistemlerin ve farklı dönemlerdeki aşınım süreçlerinin ortak etkisiyle polijenik (çok etkenli) ve polisiklik (çok dönemli) bir topoğrafya ortaya çıkmıştır. Bu durum, saha genelinde jeomorfolojik karmaşıklığı ve arazi kullanımını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür.

Ardıçtepe Barajı Havzası, litolojik çeşitlilik açasından oldukça zengin bir yapıya sahiptir (şekil 3). Havzanın kuzey ve orta kesimlerinde yaygın olarak gözlenen Miyosen yaşlı andezit-tüf, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ve Oligosen-Miyosen granodiyorit birimleri, erozyona karşı orta düzeyde dirençli kayalardan oluşmaktadır. Buna karşılık, güney kesimde yer alan ve özellikle Permilen-Triyas yaşlı çakıltaşı,

kumtaşı ve metamorfik birimler, daha fazla ayrışma eğiliminde olan kayalar olarak erozyon açısından daha ysek risk oluşturmaktadır. Ayrıca, Alt Triyas yaşlı mermer ve Permiyen kireçtaşı birimleri yer yer ysek eğimlerle birleşerek erozyon açısından kritik alanlar yaratmaktadır.

Ardıçtepe Baraj Havzası'nın da içinde yer aldığı çalışma sahasında, geçiş formundaki Marmara iklimi etkisini göstermektedir. Bu iklim tipi, Akdeniz iklim kuşağı içerisinde değerlendirilmekle birlikte hem planeter hem de coğrafi faktörlerin etkisiyle kendine özgü nitelikler kazanmıştır. Nitekim Erinç (1962:375), "Klimatoloji ve Metotları" adlı temel eserinde bu duruma dikkat çekerek, söz konusu bölgenin

Akdeniz ikliminden önemli farklarla ayrıldığını ve bu nedenle "Marmara geçiş iklimi" olarak adlandırılması gerektiğini ifade etmektedir. Bu iklimsel farklılık, doğal bitki örtüsüne de doğrudan yansımaktadır. Daha alçak kotlardaki alanlarda, iklimin nemlilik derecesine ve mevsimsel dağılışına bağlı olarak kızılcm (*Pinus brutia*) ve meşe (*Quercus spp.*) topluluklarının oluşturduğu kuru ormanlar ve çalı formasyonları yaygın bir biçimde görülmektedir. Bu tür formasyonlar, özellikle yaz mevsimindeki kurak dönemin etkisiyle su stresine dayanıklı bitki türlerinden oluşmakta ve yarı kurak koşullara uyum sağlamış ekosistemleri temsil etmektedir.



şekil 3: Ardıçtepe Barajı Havzası'nın Litoloji Haritası / Figure 3: Lithology Map of Ardıçtepe Dam Basin.

3.1. MPSIAC Yağış Faktörü

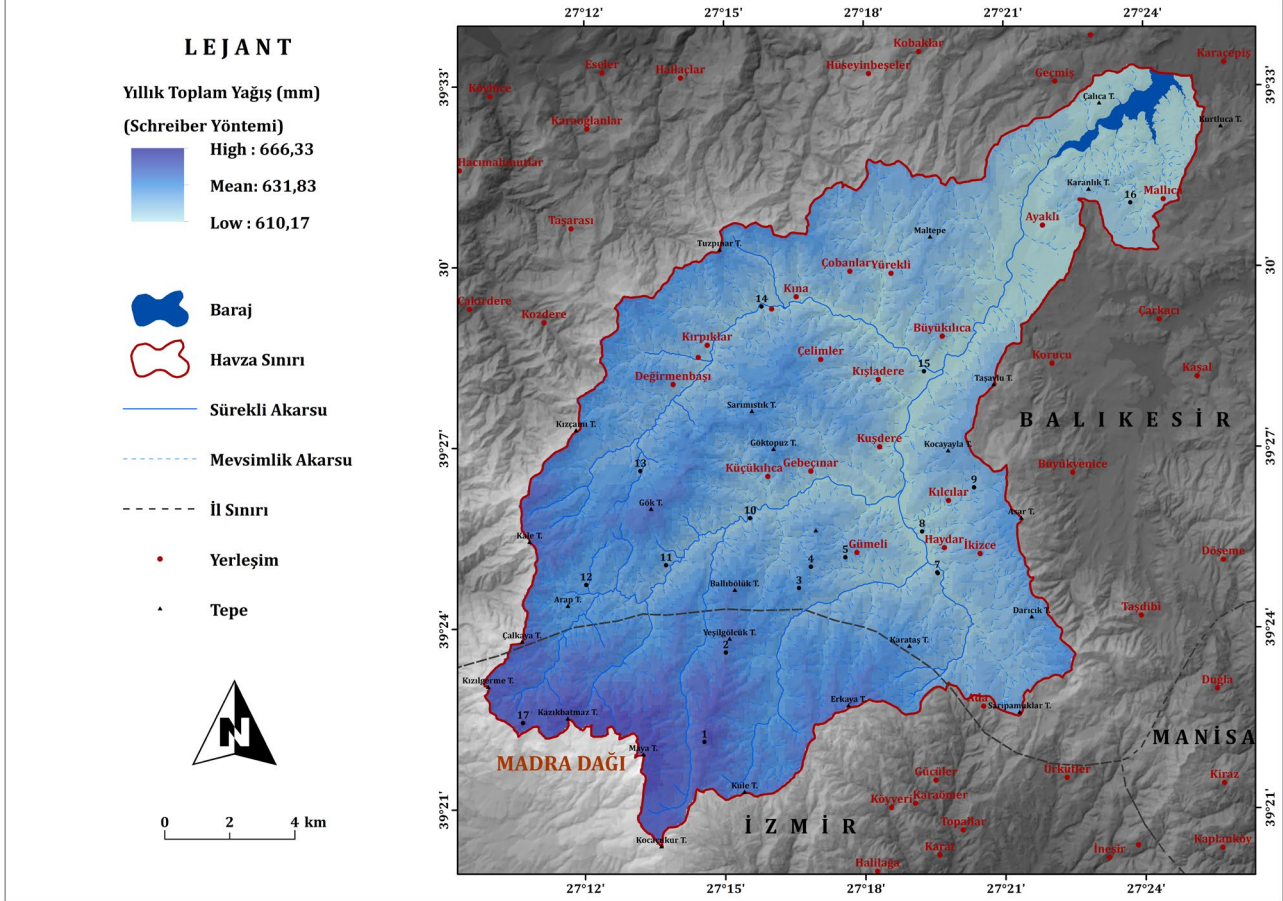
MPSIAC yönteminde yağış erozyon faktörü, havza içerisinde yağışın miktarı, mevsimsel dağılışını ve yağış şiddetine bağlı olarak yüzey akışını tetikleme potansiyelini değerlendiren temel bileşenlerden biridir. Yağış, erozyon süreçlerinin başlamasında hem doğrudan hem dolaylı etkiler oluşturarak toprağın parçalanması, taşınması ve akışa geçmesi üzerinde belirleyici rol oynar. Bu nedenle

havzanın yıllık yağış miktarı kadar yağışın zamansal ve mekânsal özellikleri de erozyonun şiddetini değiştirebilmektedir. Çalışma kapsamında yağış verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait İvrindi Meteoroloji İstasyonu'nun (240 m) 2014–2022 yılları arasındaki ölümlerinden elde edilmiş ve bu veriler ArcMap ortamında işlenerek havzanın yıllık toplam yağış dağılışını gösteren harita üretilmiştir. Böylece yağışın havza boyunca

nasıl farklılaştığı, yüksek ve düşük yağış zonlarının konumu ve bunların potansiyel erozyon s¼reçlerine etkisi daha somut şekilde ortaya konulmuştur (şekil 4).

Havzada yıllık ortalama yağış erozyon fakt¼r¼n¼n 40,7 ton/ha/yıl olarak hesaplanması, sahanın genel olarak orta şiddetli bir erozyon potansiyeline sahip olduğunu kanıtlamaktadır.

Ancak mek¼nsal dağılım incelendiğinde; havzanın g¼neybatısındaki Madra Dağı silsilesine bağlı olarak yağışın 666,33 mm'ye ulaştığı alanlarda erozyonun "tetikleyici g¼c¼" (potansiyel enerji) maksimuma ¼ıkarken, baraj g¼l¼ çevresindeki alçak kesimlerde bu g¼c¼n 610,17 mm seviyelerine gerilediği g¼r¼lmektedir.

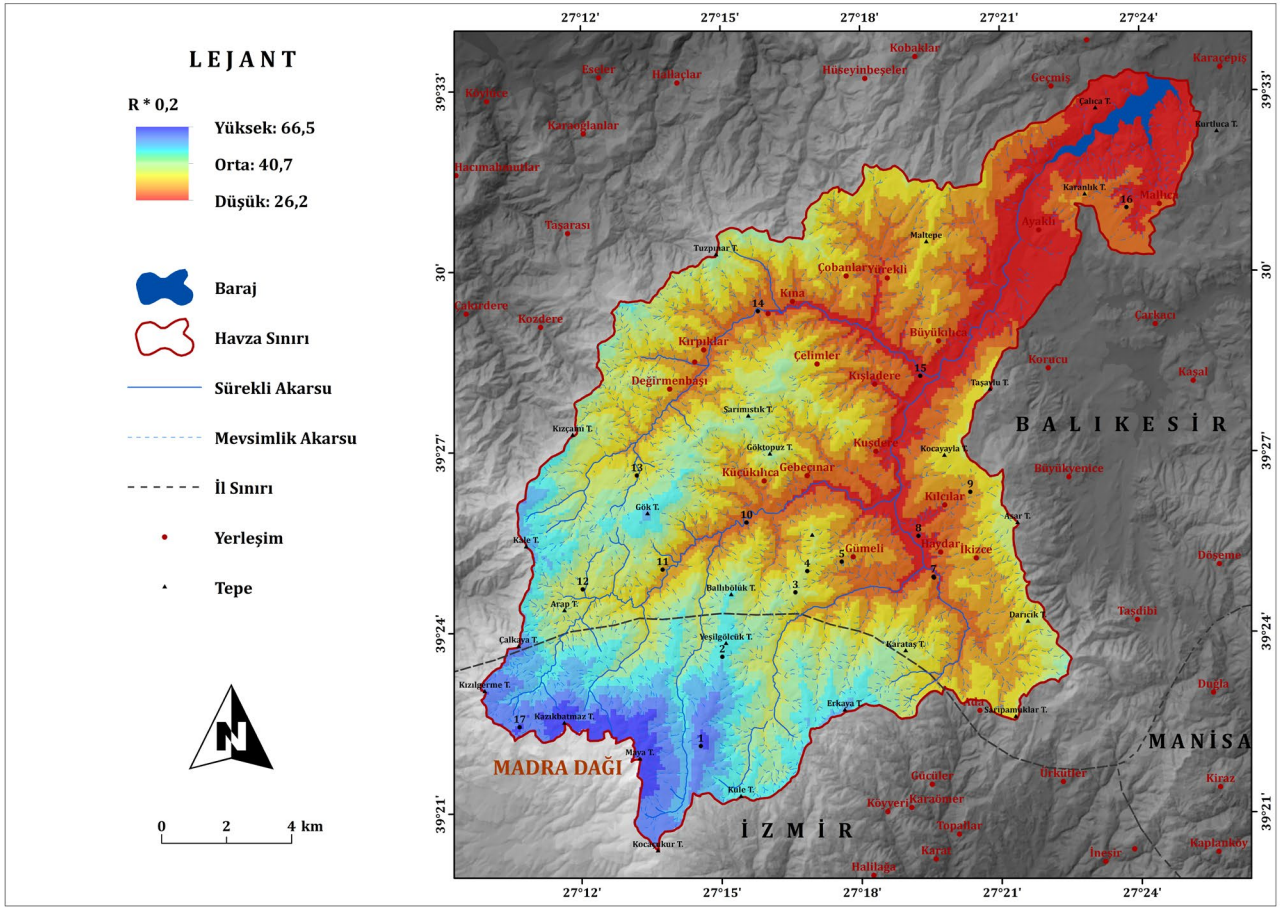


şekil 4: Ardiçtepe Barajı Havzası'nın Yağış Haritası / Figure 4: Precipitation Map of Ardiçtepe Dam Basin.

Elde edilen yıllık yağış değerleri, MPSIAC'ın iklim bileşenine uyarlanarak y¼ntemin gerektirdiği şekilde 0,2 katsayısı ile ¼arpılmıř ve yağış erozyon fakt¼r¼n¼n hesaplamalarında kullanılmıştır (şekil 5). Bu çerçevede yağış erozyon fakt¼r¼ hem nicel yağış verilerine hem de yağışın sahadaki mek¼nsal dağılış karakterine dayalı olarak değerlendirilmiştir.

Ardiçtepe Barajı Havzası'nda iklime bağlı olarak hesaplanan yağış erozyon fakt¼r¼ değerleri (şekil 5), Schreiber y¼ntemine dayalı değerlendirme sonucunda 26,2–66,5 ton/ha/yıl arasında değişmekte olup havzanın ortalama değerleri 40,7 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Bu değerler, havzanın genel olarak orta d¼zeyde

yağışa bağlı erozyon etkisi altında bulunduğunu g¼stermektedir. Yağış erozivitesindeki mek¼nsal değişimin temel nedeni, havzanın kuzeydoğudan g¼neybatıya doğru farklılaşan topografyasıdır. Schreiber form¼l¼ gereği her 100 m y¼kselti artışına karşılıklı yıllık yağış miktarının ortalama 54 mm artması, havzanın farklı kesimleri arasında yağış g¼c¼ bakımından belirgin bir gradyan oluşturmuştur. Bu nedenle, y¼ksek rakımlı ve nemli hava akımlarına daha a¼ık olan eğimli y¼zeylerde yağışın erozyon potansiyeli belirgin biçimde artarken, daha alçak ve konuma bağlı olarak yağışın zayıfladığı kesimlerde yağış fakt¼r¼ daha düşük d¼zeyde gerçekteşmiştir.



Şekil 5: Ardıçtepe Barajı Havzası MPSIAC Yöntemine Göre Yağış Faktör Haritası / **Figure 5:** Precipitation Factor Map of Ardıçtepe Dam Basin Based on the MPSIAC Method.

Havzada yağış faktörünün en düşük değerlere ulaştığı alanlar özellikle kuzeydoğu kesimde, baraj çevresi ve Ayaklı–Mallica hattında yoğunlaşmaktadır. Bu bölgelerde görülen 26 ton/ha/yıl düzeyine gerileyen yağış erozivitesi, yükseltinin azalması, topoğrafyanın daha basık hâle gelmesi ve Schreiber yönteminin yükseklikle ilişkili yapısı nedeniyle yağış miktarının düşmesiyle yakından ilişkilidir. Aynı zamanda bu kesimde yer alan alüvyal veya yarı geçirgen litolojilerin varlığı, yağışın önemli bir bölümünün infiltrasyona yönelmesine imkân tanıyarak yüzey akışına dönüşen su miktarını azaltmaktadır. Buna karşılık, havzanın güneybatısında Madra Dağı yönüne doğru uzanan kesimlerde yağış erozyon faktörü belirgin biçimde artmakta; Kazıkbatmaz Tepesi ve çevresi gibi yüksek kotlu ve eğimli yüzeylerde 66 ton/ha/yıl seviyesine ulaşmaktadır. Bu yükseltiye bağlı yağış artışı, yüzeysel akışın hızlanmasına ve yağışın erozyon potansiyelini güçlendirmesine neden olmaktadır. Bu alanlarda litolojinin geçirimsizliği ve arazi örtüsünün yer yer seyrekleşmesi, yağışın yüzey akışına

dönüşmesini kolaylaştırmakta ve erozyon açısından kritik alanlar yaratmaktadır. Buna karşın güney ve güneybatıya doğru uzanan havza kesimlerinde, topoğrafik eğimin ve yağış miktarının azalmasıyla birlikte yağış faktörünün erozyon üzerindeki belirleyici etkisi de zayıflamaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Ardıçtepe Barajı Havzası'nda yağış erozyon faktörü hem topoğrafya hem jeoloji hem de toprak–arazi örtüsü ile güçlü bir mekânsal ilişki göstermektedir (Şekil 2, 6, 7 ve 8). Yüksek yağış faktörü değerleri eğimli, geçirimsiz ve orografik yağışa açık kuzey ve kuzeydoğu kesimlerde yoğunlaşırken; düşük değerler güneybatıdaki alçak kesimlerde ve daha geçirgen litolojiler üzerinde görülmektedir. Bu durum, havzanın erozyon potansiyeline ilişkin değerlendirmelerde yağış faktörünün özellikle kuzeydoğu bölümü için başat rol oynadığını, diğer MPSIAC parametreleriyle birlikte ele alındığında kritik erozyon zonlarının büyük ölçüde bu bölgelerde ortaya çıktığını göstermektedir.



Şekil 6: Göktepe Güneyindeki Permian–Triyas Yaşlı Metakırıntılı Kayalar Üzerinde Gelişmiş Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları Ve Yüzey Erozyonu (Schmidt Çekici Ölçek Olarak Kullanılmıştır). Fotoğraftaki 20–40° Eğimli Yamaç Yüzeyinde, Zayıf Bitki Örtüsü Altında Gelişen Parmak (Rill) Ve Yüzey (Sheet) Erozyonu İzleri Görülmektedir. İnce Kanal Biçimli Bu Oluklar, Yüzey Akışıyla Toprağın Taşınmaya Başladığını Ve Anakayanın Yer Yer Açığa Çıktığını Göstermektedir / **Figure 6:** Non-Calcareous Brown Forest Soils Developed on Permian–Triassic Aged Metaclastic Rocks and Surface Erosion South of Göktepe (Schmidt Hammer Used as Scale). Traces Of Rill and Sheet Erosion Developing Under Sparse Vegetation Cover Are Observed on the 20–40° Sloped Surface in the Photograph. These Fine Channel-Shaped Rills Indicate the Initiation of Soil Transport Via Surface Runoff and The Local Exposure of the Bedrock.

3.2. Arazi Yüzey Kapalılık (X6) Faktörü

Bitki örtüsü, yeryüzü şekillerinin oluşumunda ve morfolojik süreçlerin evriminde belirleyici bir rol oynamaktadır. Özellikle erozyonun etkinliği, hızı ve yayılım biçimi üzerinde bitki örtüsünün varlığı ve yoğunluğu büyük ölçüde etkili olmaktadır. Kapalılığı yüksek olan ve bitki örtüsüyle iyi korunan sahalarda toprak stabilitesi artmakta, buna karşılık bitki örtüsünün zayıf ya da yok denecek kadar az olduğu alanlarda yüzey akışı, oyuntu erozyonu, sel ve taşkın olayları ile kütle hareketleri gibi jeomorfolojik süreçler daha etkin hâle gelmektedir. Özellikle bitki örtüsü tarafından korunmayan eğimli arazilerde yağmur damlacıklarının doğrudan toprak yüzeyine ulaşması hem toprağın fiziksel yapısını bozmakta hem de yüzeysel taşınımı artırmaktadır. Bu durum yalnızca yüzeysel erozyonla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda

sediment taşınımını ve tortul birikimini de tetiklemektedir.

Araştırma sahasında da bu genel eğilimler açıkça gözlenmektedir (Şekil 2, 6, 7 ve 8). Özellikle yüksek eğim değerlerine sahip alanlarda kapalılığı yüksek olan ormanlık kesimlerde erozyon riski görece düşükken, bitki örtüsünün tahrip edildiği veya zayıf kaldığı kesimlerde bu risk belirgin şekilde artmaktadır. Nitekim saha gözlemleri, farklı kapalılık derecelerine sahip doğal ve antropojenik arazi birimlerinin yan yana ve iç içe geçtiğini göstermektedir. Doğal bitki örtüsünün tahrip edilerek ortadan kaldırıldığı bölgeler genellikle ova ve vadi tabanlarında, Neojen arazisinin yoğunlukla yer aldığı tarım alanlarında yoğunlaşmıştır. Bu alanlar, bitki örtüsünün yokluğu nedeniyle hem yüzeysel hem de doğrusal erozyon (oluk, vadi ve yarık) süreçlerine karşı oldukça duyarlıdır.



Şekil 7: Arap Tepe'nin Kuzeydoğusunda Miyosen'e Ait Andezit – Tüf Üzerinde Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları ve 0-11 Kapalılık Oranına Sahip Karakütük Damları. 5-100 (Az Eğimli Yamaç) Arası Değişen Eğim Değerlerine Sahip Bu Arazide, Bitki Örtüsünün Seyrekliği ve Topoğrafyanın Belirginliği, Erozyon Riskini Artıran Önemli Faktörlerdendir. Özellikle Açıkta Kalan Toprak Yüzeylerinde Yüzeysel Akış ile Birlikte Yüzeysel ve Parmak Erozyonu Görülme Potansiyeli Yüksek. Sahada Gözlenen Mevcut Arazi Kullanımı ve Sınırlı Bitkisel Örtü, Toprak Koruma Açısından Yetersiz Olup, Erozyonun Şiddetini Artırabilecek Niteliktedir / **Figure 7:** Non-Calcareous Brown Forest Soils and Karakütük Ridge with a 0-11% crown closure ratio over Miocene andesite-tuff northeast of Arap Hill. In this area, which has slope values ranging between 5-10° (gentle slope), the sparse vegetation and prominent topography are significant factors increasing erosion risk. There is a high potential for sheet and rill erosion along with surface runoff, particularly on exposed soil surfaces. The current land use and limited vegetation cover observed in the field are insufficient for soil conservation and are of a nature that could increase the severity of erosion.

Havza genelindeki bitki örtüsü kapalılık oranları, erozyon üzerindeki koruyucu etkilerine göre farklı sınıflar altında kategorize edilmiştir (Tablo 2). Buna göre; <10 kapalılık oranı (13.365 ha – %52,38): Yüzeyin yarısından fazlasını bu grup oluşturmaktadır ve tarım arazileri, yerleşim yerleri, nehir, baraj, mezarlık gibi doğal veya yapay olarak bitki örtüsünden yoksun alanları içermektedir. Bu alanlar, erozyon riski açısından yüksek duyarlılığa sahip arazi yüzeyleridir. Bitki örtüsünün azlığı toprak kaybını kolaylaştırır ve özellikle tarım arazilerinde doğru toprak işleme ve bitkisel koruma önlemleri alınmazsa erozyon ciddi bir sorun haline gelebilir. %11–40 kapalılık oranı (1.663 ha – %6,52): Mera alanları bu sınıfa girmekte ve kapalılığın düşük olması otlakların seyrek olduğunu göstermektedir. Mera alanlarında kontrolsüz ve aşırı otlatma faaliyetleri, bitki örtüsünün rejenerasyon kapasitesini zayıflatarak toprak üzerindeki koruyucu tabakanın kaybına ve buna bağlı olarak sahanın erozyonel süreçlere karşı

hassasiyetinin artmasına neden olmaktadır. Olumlu bir tablo olarak, bu oran havzada oldukça düşük düzeydedir ve havzanın sadece küçük bir kesitini temsil etmektedir. %41–70 kapalılık oranı (5.720 ha – %22,42): Bu grupta karaçam (*Pinus nigra*), fundalık ve fıstık çamı (*Pinus pinea L.*) gibi türler yer almakta ve orta derecede kapalılık söz konusudur. Bu alanlar erozyona karşı kısmen korunaklıdır. Özellikle fundalıklar ve çam türleri, eğimli alanlarda toprağı tutmada etkili olmaktadır. Bu alanların korunması, artan eğimlerde erozyonun önlenmesinde kritik rol oynamaktadır. %71–100 kapalılık oranı (4.768 ha – %18,69): Yoğun ormanlık alanlar bu sınıfa girmektedir ve türler arasında karaçam (*Pinus nigra*), kızılçam (*Pinus brutia*), saçlı meşe (*Quercus cerris L.*), Macar meşesi (*Quercus frainetto ten.*), kestane (*Castanea sativa*) bulunmaktadır. Bu alanlar erozyona karşı en dirençli bölgeleri oluşturmaktadır. Yüzeyin yaklaşık beşte birini oluşturan bu alanların korunması ve artırılması, havzanın genel erozyon kontrolü açısından yüksek önem arz

etmektedir. Özellikle saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) ve kestane (*Castanea sativa*) gibi geniş yapraklı türler, yaprak dökme dönemleri boyunca toprağa organik madde katkısı sağlayarak toprak kalitesini artırmaktadır.

Arazi örtüsü ve kullanım şekli açısından (Şekil 9), havzanın doğu ve kuzeydoğu kesimleri, geniş ölçüde sulu tarım ve nadaslı kuru tarım arazilerinden oluşmaktadır; bu bölgeler <10 kapallık değerlerine sahip boşluklu sahalarla örtüşmektedir. Bu alanlarda doğal bitki örtüsünün yok edilmesiyle birlikte toprak

doğrudan yağmur damlalarına ve yüzey akışına maruz kalmakta, bu da özellikle mevsimsel yağışlarda yüzeysel taşkınlara ve çizgisel erozyon gelişimine neden olmaktadır.

Özellikle Neojen formasyonlarının yaygın olduğu ova ve vadi tabanlarında, bitki örtüsü neredeyse tamamen degradedasyona uğramıştır; yerleşim alanları ve tarımsal faaliyetlerin yoğunlaştığı bu araziler, doğal süreçlere karşı en savunmasız alanları oluşturmaktadır (Şekil 7).



Şekil 8: Göktepe'nin Güney Yamacında, Kuzeye Bakan Vadide Yer Alan ve Permiyen–Triyas Yaşlı Metakırıntılı Kayaçlar Üzerinde Gelişmiş Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklarını Gösteren Arazinin Genel Görünümü. Saha, %100'e Yakın Kapallık Oranına Sahip, Karaçam (*Pinus nigra*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Türlerinden Oluşan Sık Orman Örtüsü ile Kaplıdır. Eğimin 20–40° Arasında Değiştiği Bu Dik Yamaçlı Vadide, Yoğun ve Sürekli Bitki Örtüsü, Yüzey Akışını Önemli Ölçüde Yavaşlatarak Erozyonu Sınırlamaktadır. Ağaç Gövdeleri Arasındaki Yaprak Döküntüsü ve Organik Örtü, Toprağın Fiziksel Bütünlüğünü Korumakta ve İnfiltrasyonu Artırarak Suyun Toprağa Sızmasını Kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, Gölgeleme ve Düşük Buharlaşıma Sayesinde Toprak Neminin Korunması Sağlanmaktadır. Bu Tür Alanlar, Erozyon Açısından Doğal Olarak Dirençli Olup, Çevredeki Daha Açıklık Alanlara Kıyasla Daha Düşük Erozyon Potansiyeline Sahiptir. Ancak Dik Yamaç Özelliği Nedeniyle Herhangi Bir Bitki Örtüsü Kaybı Durumunda Erozyon Riski Hızlı Şekilde Artabilir. Bu Nedenle Bu Tür Alanların Sürdürülebilir Ormancılık Uygulamalarıyla Korunması Büyük Önem Taşımaktadır / **Figure 8:** General view of the terrain on the southern slope of Göktepe, located in a north-facing valley, showing Non-Calcareous Brown Forest Soils developed on Permian–Triassic meta-clastic rocks. The site is covered with a dense forest canopy consisting of Austrian Pine (*Pinus nigra*) and Turkey Oak (*Quercus cerris*), with a crown closure ratio near 100%. In this steep-sloped valley, where the incline varies between 20–40°, the dense and continuous vegetation significantly limits erosion by slowing down surface runoff. The leaf litter and organic layer between the tree trunks maintain the physical integrity of the soil and facilitate water infiltration by increasing permeability. Additionally, soil moisture is preserved through shading and low evaporation. Such areas are naturally resistant to erosion and have a lower erosion potential compared to more open surrounding areas. However, due to the steep slope characteristic, the risk of erosion could increase rapidly in the event of any loss of vegetation. Therefore, protecting such areas through sustainable forestry practices is of great importance.

Tablo 2: Ardiçtepe Barajı Havzası Yüzey Kapalılık Oranları Dağılımı / **Table 2:** Distribution of Surface Cover Ratios in the Ardiçtepe Dam Basin.

Kapalılık Oranı (%)	Alan (ha)	Oran (%)	Türler
<10	13.365	52,37	Tarım arazisi, yerleşim, nehir, baraj, mezarlık
11- 40	1.663	6,52	Mera
41- 70	5.720	22,42	Karaçam, fundalık, fıstık çamı
71- 100	4.768	18,69	Karaçam, kızılçam, saçlı meşe, macar meşesi, kestane

Araştırma sahasının güneybatı ve güneydoğusundaki yüksek kesimlerde, özellikle Madra Dağı'nın kuzey ve doğu yamaçları, Kule T., Kazıkbatmaz T., Yeşilgölcük T., ve Kocayayla Tepe çevresinde yoğunlaşan ormanlık alanlar (%70 üzeri kapalılık), toprak erozyonunu sınırlayan doğal tampon bölgeleri teşkil etmektedir. Bu alanlarda yaygın olarak gözlenen türler arasında kızılçam (*Pinus brutia*), kestane (*Castanea sativa*) ve meşe türleri (*Quercus spp.*) gibi erozyona karşı dirençli ağaç türleri bulunmaktadır. Ayrıca bu kesimlerde, nemli orman formasyonlarına özgü fındık (*Corylus avellana*), ıhlamur (*Tilia spp.*), çınar (*Platanus orientalis*) gibi yapraklı türlerin varlığı, mikroklimatik dengeli desteklemektedir (Şekil 9).

Madra Dağı'nın yamaçlarında karaçam (*Pinus nigra*) ile kestane (*Castanea sativa*) birlikteliği, tahrip görmüş orman zonlarında ikincil orman oluşumunun bir örneğini teşkil etmektedir. Bu sahalar, sahip oldukları kapalılık sayesinde sel ve toprak taşınımını büyük oranda sınırlandırmakta; özellikle eğim ve bitki örtüsü kombinasyonunun sağlandığı stabilizasyon, morfodinamik süreci yavaşlatmaktadır (Şekil 9).

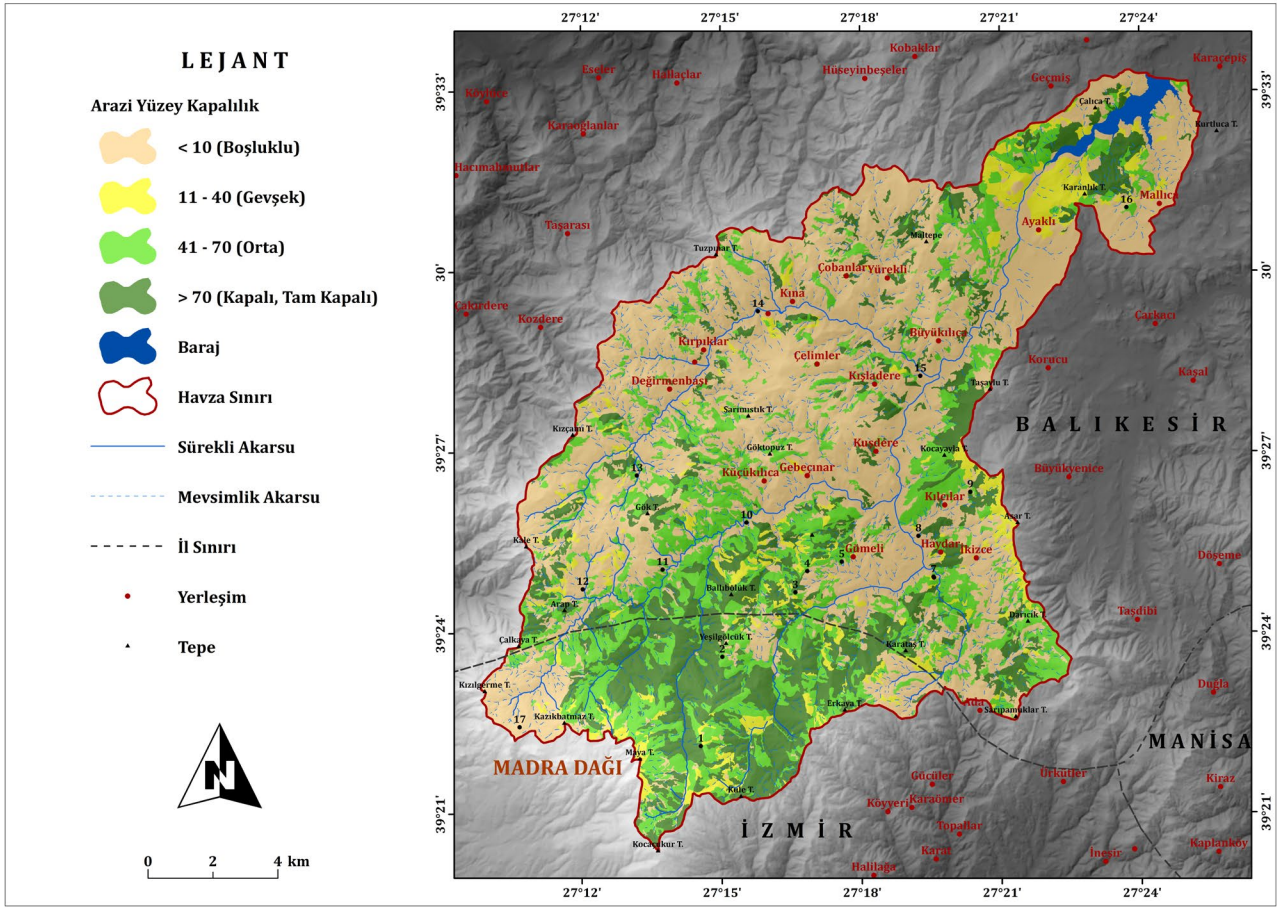
Arazi kapalılığı haritası, %11–40 (gevşek) ve %41–70 (orta) kapalılığa sahip alanların havzanın büyük kısmını oluşturduğunu göstermektedir. Bu kesimlerde, bozuk orman ve maki formasyonları hâkimdir. Başlıca türler arasında kermez meşesi (*Quercus coccifera*), katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus*), menengiç (*Pistacia lentiscus*), sandal (*Arbutus andrachne*), çitlenbik (*Celtis spp.*) ve böğürtlen (*Rubus fruticosus*) gibi Akdeniz maki elemanları yer almaktadır. Bu formasyonlar, her ne kadar

tamamen koruyucu olmasa da çıplak zeminlere göre toprak erozyonunu önemli ölçüde azaltmaktadır. Ancak, bu alanların özellikle tarla açma, otlatma ve yangın gibi antropojenik baskılarla karşı karşıya kalması, uzun vadede bu tampon etkilerin zayıflamasına neden olmaktadır (Şekil 9).

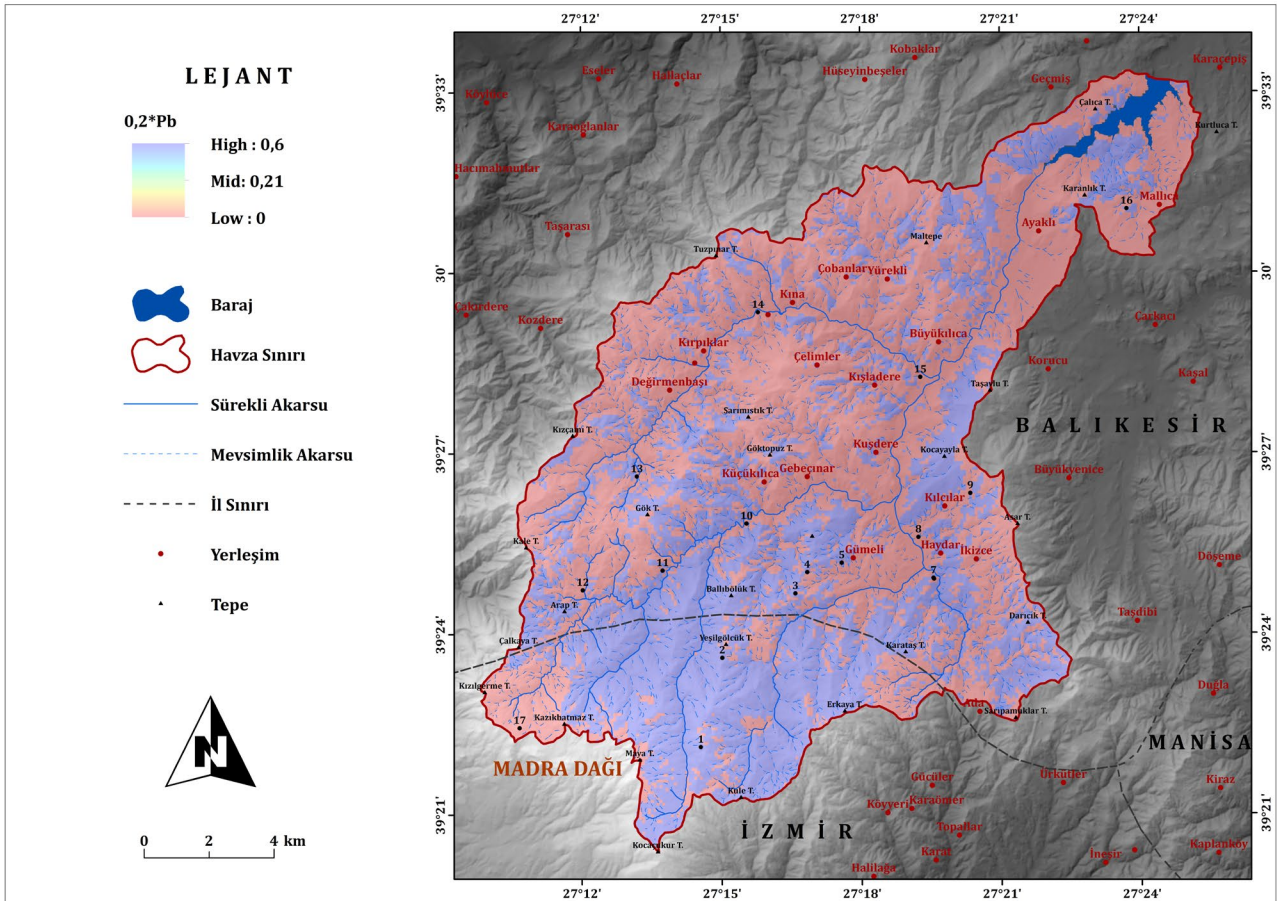
MPSIAC yöntemi (PSIAC, 1968; Johnson ve Gebhardt, 1982) kapsamında kullanılan "Arazi Yüzey Kapalılığı Faktörü", erozyonun meydana gelmesini önleyici veya geciktirici yüzey özelliklerinin derecesini belirlemek için kullanılan önemli parametrelerden biridir. Bu faktör, yüzeydeki kapalı veya koruyucu unsurların (bitki örtüsü, döküntü materyali, taşlık yüzey vb.) erozyon üzerindeki engelleyici etkisini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır.

MPSIAC yöntemine göre oluşturulan yüzey kapalılık faktörü haritasında (Şekil 10), havzanın güneybatı kesiminde yer alan ormanlık alanların düşük faktör değerlerine (0–0.2) sahip olduğu, buna karşılık kuzeybatı ve doğu kesimlerdeki tarımsal araziler ile çıplak yüzeylerin 0.4–0.6 arası yüksek faktör değerleriyle temsil edildiği belirlenmiştir. Bu durum, bölgedeki erozyon riskinin yüzey kapalılığı ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, araştırma sahasında bitki örtüsünün kapalılığı ile erozyon süreçleri arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki hem arazi kullanım politikalarının hem de doğal bitki örtüsünün korunmasının erozyon kontrolü açısından ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 10).



Şekil 9: Ardiçtepe Barajı Havzası'nın Arazi Yüzey Kapalılık Haritası / **Figure 9:** Land Surface Cover Map of Ardiçtepe Dam Basin.



Şekil 10: Ardiçtepe Barajı Havzası MPSIAC Yüzey Kapalılığı Dağılımı Haritası / **Figure 10:** Map of Surface Cover Distribution in the Ardiçtepe Dam Basin According to the MPSIAC Method.

3.3. Yağış ve Arazi Yüzey Kapalılığı Etkileşimine Dayalı Erozyon Hassasiyet Analizi Bulguları

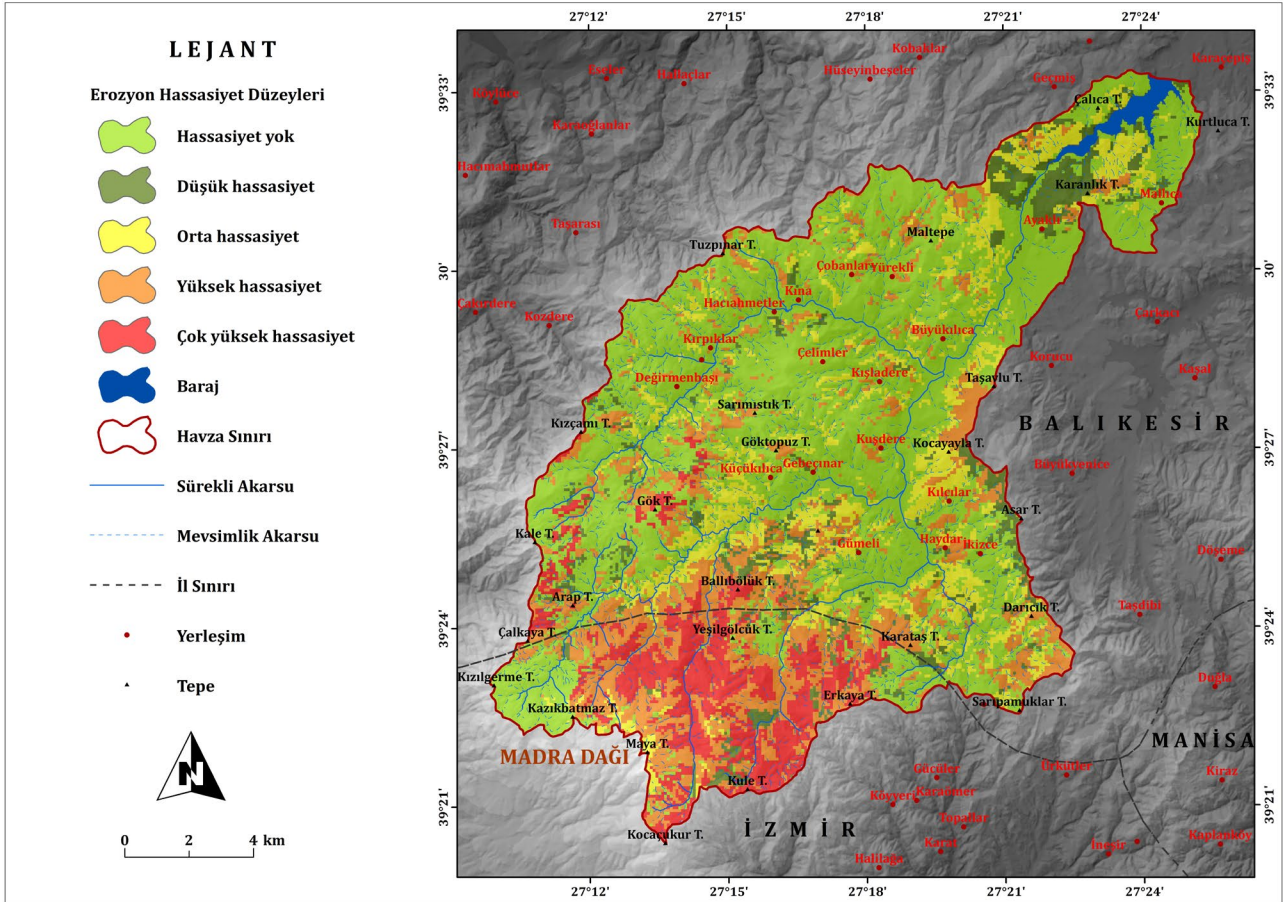
Ardıçtepe Baraj Havzası'nda yürütülen bu çalışmada, erozyonun en dinamik iki bileşeni olan yağışın aşındırma gücü ile arazi örtüsünün koruyucu etkisi arasındaki etkileşim MPSIAC modeli çerçevesinde analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, havzadaki erozyon hassasiyetinin mekânsal olarak heterojen bir dağılım sergilediğini ve topoğrafik özelliklerle sıkı bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir (Şekil 11, Şekil 12 ve Tablo 3).

Hassasiyetin odak noktaları (kırmızı alanlar - yüksek ve çok yüksek): Havzanın güney kesimlerinde ve özellikle Madra Dağı yamaçlarında "Çok Yüksek" hassasiyetli alanların yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bölgeler, toplam havza alanının yaklaşık %27,58'ini (70,36 km²) oluşturmaktadır. Yüksek hassasiyetin bu bölgelerde kümelenmesi, dik eğim değerlerine eşlik eden düşük vejetasyon kapalılığının, yağışın yüzeysel akışa geçerek toprak parçacıklarını koparma etkisini

(erozivite) maksimize etmesinden kaynaklanmaktadır.

Dirençli alanlar (yeşil alanlar - hassasiyet yok ve düşük): Buna karşın, havzanın kuzey ve orta kesimlerinde yer alan %52,53'lük (134,02 km²) devasa alan "Hassasiyet Yok" sınıfında yer almaktadır. Bu durum, havzanın bu kesimlerdeki orman varlığı ve yüksek kapalılık oranının, şiddetli yağışları bile sönmüleyerek toprağı koruduğunu kanıtlamaktadır. Bu bölgeler, Ardıçtepe Barajı'na gidecek sediment yükünü filtreleyen doğal bir bariyer görevi görmektedir.

Geçiş bölgeleri (Sarı ve turuncu alanlar - orta derece): Havzanın yaklaşık %13,76'sını kapsayan orta dereceli hassasiyet alanları, genellikle tarım arazileri ile orman sınırları arasında bir geçiş kuşağı oluşturmaktadır. Bu alanlar, arazi kullanımındaki ani değişikliklere (orman tahribatı veya arazi kullanımının hatalı olmasından) bağlı olarak hızla yüksek hassasiyet zonuna dönüşme potansiyeli taşımaktadır.



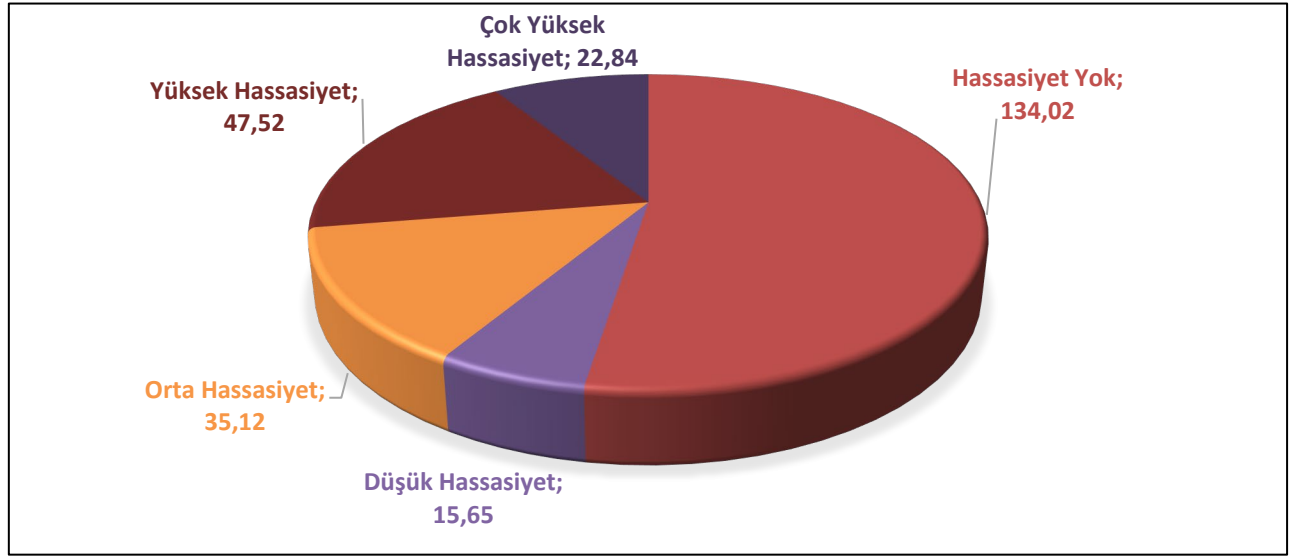
Şekil 11: Ardıçtepe Baraj Havzası'nda Yağış ve Arazi Yüzey Kapalılığı Etkileşimine Dayalı Erozyon Hassasiyet Analizi Sonuç Haritası / **Figure 11:** Erosion Sensitivity Analysis Results Map Based on the Interaction Between Precipitation and Land Surface Cover in the Ardıçtepe Dam Basin.

Özetle, analiz sonuçları Ardıçtepe Baraj Havzası'nda erozyonun 'tek taraflı' bir süreç olmadığını; yağışın gücü ile kapalılığın koruyuculuğu arasındaki dengenin bozulduğu

güney kesimlerin acil ıslah çalışmaları (sekileme, ağaçlandırma vb.) için öncelikli alanlar olduğunu ortaya koymuştur.

Tablo 3: Ardıçtepe Baraj Havzası Erozyon Hassasiyet Düzeylerinin Alansal ve Oransal Dağılımı / **Table 3:** Spatial and Proportional Distribution of Erosion Sensitivity Levels in the Ardıçtepe Dam Basin.

Hassasiyet Sınıfı	Alan (km ²)	Alan (ha)	Havza Oranı (%)
Hassasiyet Yok	134,02	13.402	52,53
Düşük Hassasiyet	15,65	1.565	6,13
Orta Hassasiyet	35,12	3.512	13,76
Yüksek Hassasiyet	47,52	4.752	18,62
Çok Yüksek Hassasiyet	22,84	2.284	8,96



Şekil 12: Havza Genelinde Erozyon Hassasiyet Düzeylerine Ait Pasta Grafiği / **Figure 12:** Pie Chart of Erosion Sensitivity Levels Throughout the Basin.

4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Tartışma

Ardıçtepe Baraj Havzası'nda MPSIAC yöntemiyle elde edilen bulgular, sahanın erozyon hassasiyetinin oldukça yüksek olduğunu ve havza genelinin %71,07'sinin (18.133 ha) yüksek ve çok yüksek risk sınıflarında yer aldığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, havzanın Akdeniz iklim kuşağındaki benzer karakterli sahalarla oranla ciddi bir sediment üretim potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Literatürdeki benzer çalışmalarla kıyaslandığında; Fıçıcı ve Soykan (2022) tarafından Madra Baraj Havzası'nda yürütülen çalışmada da MPSIAC yönteminin karmaşık topoğrafyalarda RUSLE'a oranla daha güvenilir sonuçlar ürettiği vurgulanmıştır. Ardıçtepe Baraj Havzası'ndaki yüksek risk oranları (%71), sahadaki dik eğim değerleri (%20-40 arası alanlar) ve bitki örtüsünden yoksun tarım

arazilerinin (%52,37) yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir.

İran'ın Gamasiab Havzası'nda Ilanloo (2012) tarafından yapılan çalışmada da eğim ve marnlı birimlerin varlığı erozyonun ana tetikleyicisi olarak belirlenmiş; çok yüksek erozyon sınıfındaki alanların havza karakterini belirlediği ifade edilmiştir. Ardıçtepe Baraj Havzası'ndaki metakirintili kayaçların baskınlığı ve bu birimler üzerindeki dik şevlerde vejetasyon desteğinin zayıflığı, Ilanloo (2012) ve Najm vd. (2013) tarafından belirtilen "litolojik duyarlılık" ile birebir örtüşmektedir.

Sonuç olarak, Ardıçtepe Baraj Havzası'nda elde edilen mekânsal dağılım verileri, sediment üretiminin sadece doğal faktörlerle değil, yerel arazi kullanımı baskısıyla şekillendiğini kanıtlamaktadır.

Havza Erozyonunun Dinamik Karakteri

Bu çalışma, Ardıçtepe Baraj Havzası'nda erozyonun yalnızca çok sayıda çevresel

parametrenin eşit ağırlıklı bir toplamı olarak değil; yağışın tetikleyici g¼c¼ ile arazi y¼zey kapalılığının koruyucu kapasitesi arasındaki dinamik dengenin bir sonucu olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. MPSIAC modelinin dokuz bileşeni arasından ¼zellikle yağış (X_3) ve arazi y¼zey kapalılığı (X_6) fakt¼rlerine odaklanılması, bir eksiklikten ziyade, erozyon s¼reçlerini baraj işletme s¼resi ¼lçeęinde belirleyen en değişken ve en etkili iki bileşenin bilinçli bir şekilde merkeze alınmasıdır.

Litoloji, toprak ¼zellikleri ve topoğrafya gibi fakt¼rler, havzanın erozyon potansiyelini tanımlayan yapısal çerçeveyi oluşturmakta; ancak kısa ve orta vadede ¼nemli bir değişim g¼stermemektedir. Buna karşılık yağış rejimi ve bitki ¼rt¼s¼ kapalılığı, iklimsel dalgalanmalar ve insan kaynaklı arazi kullanım değişimleri nedeniyle s¼rekli olarak yeniden şekillenmektedir. Bu nedenle, erozyonun zamansal ve mek¼nsal değişkenliğini anlamada dinamik fakt¼rlerin analizi, barajların s¼rd¼r¼lebilir y¼netimi açasından kritik ¼neme sahiptir.

Erozyon Hassasiyetinin Mek¼nsal Dağılımı

MPSIAC tabanlı analizler sonucunda, Ardıçtepe Baraj Havzası'nın %52,53'l¼k b¼l¼m¼n¼n "hassasiyet yok" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu alanlar, b¼y¼k ¼lç¼de y¼ksek kapalılık oranına sahip ormanlık sahalarla ¼rt¼řmekte ve yoğun bitki ¼rt¼s¼n¼n yağışın aşındırıcı etkisini ¼nemli ¼lç¼de s¼n¼mledięini g¼stermektedir. ¼zellikle Madra Dağı silsilesine komşu y¼ksek rakımlı kesimlerde, yağış erozivitesi y¼ksek olmasına rağmen erozyon hassasiyetinin d¼ř¼k seviyelerde kalması, bitki ¼rt¼s¼n¼n d¼zenleyici rol¼n¼ aalık biçimde ortaya koymaktadır.

Buna karşın, havza alanının %27,58'ini (70,36 km²) kapsayan "y¼ksek" ve "çok y¼ksek" erozyon hassasiyetli alanlar, erozyonun ana kaynak b¼lgeleri olarak ¼ne çıkmaktadır. Bu sahalarda (Maya Tepe, Kocaçukur Tepe vb. civarı) genellikle y¼ksek eğimli ve dıřb¼key (konveks) yamaç yapısına sahip alanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu topografik ¼zellikler, bitki ¼rt¼s¼ kapalılığının kritik eşiklerin altına d¼řt¼ę¼ sahalarda yağışın hızla y¼zeysel akışa d¼n¼řmesini ve aşındırma g¼c¼n¼n artmasını tetiklemektedir. Analiz sonuçları, erozyon

şiddetinin tek başına yağış miktarıyla değil; yağışın, eğim ve yamaç morfolojisi gibi topografik etkenlerle birleşerek yeterli bir y¼zey ¼rt¼s¼ tarafından karşılanamaması durumunda dramatik biçimde arttığını g¼stermektedir.

Dinamik Fakt¼rler Arasındaki Etkileşim

Çalışmanın en ¼nemli bulgularından biri, yağış ve arazi y¼zey kapalılığı arasındaki ilişkinin doğrusal değil; aksine çarpan etkisi yaratan bir yapıya sahip olduğudur. Y¼ksek yağış değerleri, yeterli bitki ¼rt¼s¼yle dengelendiğinde erozyon hassasiyetini d¼ř¼k seviyelerde tutabilmekte; ancak aynı yağış koşulları, d¼ř¼k kapalılık oranlarıyla birleştiğinde erozyon hassasiyetini kısa s¼rede "y¼ksek" ve "çok y¼ksek" sınıflara taşımaktadır.

Bu durum, Ardıçtepe Baraj Havzası'nda erozyonun temel belirleyicisinin yağış miktarından ziyade, yağışa karşı geliştirilen doğal y¼zey koruma kapasitesi olduğunu ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, havzadaki erozyon problemi esasen bir "kapalılık açığı" problemidir. Bu açığın bulunduğu alanlarda, g¼rece d¼ř¼k şiddetli yağışlar dahi ciddi toprak kayıplarına ve sediment ¼retimine neden olabilmektedir.

Baraj ¼mr¼ ve Sedimentasyon Açasından Değerlendirme

Y¼ksek ve çok y¼ksek erozyon hassasiyetine sahip alanlar, Ardıçtepe Barajı rezervuarına taşınan sedimentin başlıca kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu sahalardan gelen sediment y¼k¼, barajın ¼l¼ hacmini planlanandan daha hızlı doldurarak aktif depolama kapasitesini azaltmakta ve tesisin ekonomik ¼mr¼n¼ doğrudan tehdit etmektedir. ¼zellikle rezervuar çevresi ve ana akarsu kollarına yakın konumlanan hassasiyet zonları, sedimentin kısa mesafede baraj g¼l¼ne ulaşması nedeniyle stratejik açından en riskli alanlar olarak değerlendirilmelidir.

Bu bağlamda, çalışmada belirlenen %27,58'lik ¼ncelikli alan, barajın s¼rd¼r¼lebilirlięi açasından m¼dahale gerektiren kritik bir zonu temsil etmektedir. Dinamik fakt¼rlerin g¼z ardı edilmesi durumunda, iklimsel dalgalanmalara bağlı olarak artan yağış şiddeti ve devam eden arazi ¼rt¼s¼ kaybı, sedimentasyon baskısını daha da artıracaktır.

Yönetim ve Uygulama Önerileri

Elde edilen bulgular ışığında, Ardıçtepe Baraj Havzası'nda erozyonla mücadelenin, statik faktörleri değiştirmeye yönelik yaklaşımlar yerine, dinamik faktörlerin yönetimine odaklanması gerekmektedir. Özellikle yüksek hassasiyetli yamaçlarda bitki örtüsü kapalılığını artırmaya yönelik ağaçlandırma ve restorasyon çalışmaları, sediment üretimini doğrudan azaltabilecek en etkili müdahaleler arasında yer almaktadır.

Tarım ve mera alanlarında ise toprağın yıl boyunca örtülü kalmasını sağlayan korumalı tarım teknikleri ve mera ıslah uygulamaları teşvik edilmelidir. Bunun yanı sıra, yağış ve arazi yüzey kapalılığı arasındaki ilişkinin zaman içinde değışkenlik göstermesi nedeniyle, havza genelinde dinamik bir izleme ve güncelleme yaklaşımı benimsenmelidir.

Genel Değerlendirme

Sonuç olarak bu çalışma, MPSIAC modelinin yalnızca sayısal bir erozyon tahmin aracı olmadığını; yağış ve arazi yüzey kapalılığı gibi dinamik faktörlerin etkileşimini analiz ederek baraj havzaları için güçlü bir karar destek sistemi sunduğunu ortaya koymaktadır. Ardıçtepe Baraj Havzası örneğinde geliştirilen bu yaklaşım, benzer iklimsel ve topoğrafik özelliklere sahip baraj havzalarında da uygulanabilir nitelikte olup, barajların ekonomik ömrünün korunmasına yönelik bilimsel ve pratik bir çerçeve sunmaktadır.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ayşe SARIDURAN tarafından Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı'nda hazırlanan doktora tezinden üretilmiştir. Araştırma, Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2025/240 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Çalışmanın yürütülmesi ve geliştirilmesi sürecinde değerli katkı, görüş ve yönlendirmeleri için Prof. Dr. Abdullah SOYKAN'a, Prof. Dr. İsa CÜREBAL'a ve Dr. Öğr. Üyesi Murat FIÇICI'ya teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

Atalay, İ. & Cürebal, İ. (2018). Türkiye'de erozyonu önleme ve erozyon miktarını belirlemeye

yönelik çalışmalar. ss. 296-327. Atalay, İ., Uygulamalı Hidrografya içinde, META Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.

Atalay Dutucu, A. & Mutlu, YE. (2022). Yuvacık Barajı Havzası'nda erozyon risk analizi. Ege Coğrafya Dergisi, 31(2), 289-303. <https://doi.org/10.51800/ece.1133879>

Aykır, D. & Fıçıcı, M. (2022). Çıldır Gölü Havzasında erozyon risk analizi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 9: 38-49. <https://doi.org/10.46453/jader.1144699>

Cürebal, İ. & Ekinci, D. (2006). Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS tabanlı RUSLE (3d) yöntemiyle erozyon analizi. Türk Coğrafya Dergisi, 47, 115-130. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/198508>

Cürebal, İ., Efe, R., Soykan, A. & Sönmez, S. (2012). Üç boyutlu modelleme kullanılarak siltasyon miktarının ölçülmesi: Çaygören Barajı Örneği. UJES 2012, III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, ss. 729-738, Hatay. <https://www.academia.edu/38018063/>

Danacıoğlu, Ş. & Tağıl, Ş. (2017). Bakırçay Havzası'nda Rusle modeli kullanarak erozyon riskinin değerlendirilmesi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20 (37), 1-18. <https://doi.org/10.31795/baunsobed.645168>

Durak, M. (2024). Erosion analysis of Kuruçay Stream basin (Edremit-Balıkesir, Türkiye). Journal of the Bulgarian Geographical Society, 51, 23-44. <https://doi.org/10.3897/jbgs.e128013>

Durak, M. & Cürebal, İ. (2025). RUSLE (3D) modeli kullanılarak toprak erozyonu tahmini; Atıkhisar Barajı Havzası örneği (Çanakkale). MEMBA Su Bilimleri Dergisi, 11 (1), 138-151. <https://doi.org/10.58626/memba.1655532>

Efe, R., Ekinci, D. & Cürebal, İ. (2008a). Erosion analysis of Fındıklı Creek Catchment (NW of Turkey) using GIS based) on RUSLE (3d) method. Fresenius Environmental Bulletin, 17(5): 568-576.

Efe, R., Ekinci, D. & Cürebal, İ. (2008b). Erosion analysis of Şahin Creek Watershed (NW of Turkey) using GIS based on RUSLE (3d) method. Journal of Applied Science, 8 (1), 49-58.

Emre, Ö., Kazancı, N., Erkal, T., Karabıyıkoglu, M. ve Kuşçu, İ. (1997). Ulubat ve Manyas Göllerinin Oluşumu ve Yerleşim Tarihçesi, Güney Marmara'nın Neojen ve Kuvaterner'deki Morfotektoniği. Güney Marmara Bölgesi'nin Neojen ve Kuvaterner Evrimi Projesi. Proje No: YDABÇAG - 426 / 6, ss. 116 - 134, Ulusal Deniz

- Araştırmaları Programı ve Deniz Jeolojisi Projeleri, Ankara.
- Erinç, S. (1962). Klimatoloji ve Metotları. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No: 35, İstanbul.
- Ferro, V. (1991). Soil erosion risk assessment and the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Hydrological Sciences Journal*, 36(6), 643–658. <https://doi.org/10.1080/02626669109492563>
- Fıçıcı, M. (2021). Madra Barajı Havzası'nda Erozyon Analizi. (Tez No: 703508) [Doktora tezi, Balıkesir Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Fıçıcı, M. & Soykan, A. (2022). MPSIAC & RUSLE yöntemleriyle karşılaştırımlı erozyon analizi: Madra Barajı Havzası. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 8, 28-47. <https://doi.org/10.46453/jader.1020922>
- Ilanloo, M. (2012). Estimation of soil erosion rates using MPSIAC models (Case study Gamasiab basin). *International Journal of Agricultural and Crop Sciences*, vol:4, p: 1154-1158, Iran. <https://www.sid.ir/paper/654393/en>
- Johnson C.W. & Gebhardt K.A (1982) Predicting sediment yield from sagebrush rangelands, in: *Proceeding of workshop on estimating erosion and sediment yield on rangelands*, Tucson, AZ. Department of Agriculture, *Agricultural Reviews and Manuals, Western Series*, vol 26, pp 145–156.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2022). İvrindi Uzun Yıllar Tüm Parametreler Bülteni 2014-2022.
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil Erosion and Conservation* (3rd ed.). Blackwell Publishing.
- Morris, G.L. & Fan, J. (1998) *Reservoir Sedimentation Handbook, Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use*. McGraw-Hill Book Co., New York, 805 p.
- Mutlu, YE. & Soykan, A. (2018). Rusle (3d) modeli kullanılarak toprak erozyonu tahmini: Havran Çayı Örneği. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 1, 50–66. <https://izlik.org/JA99CF74WR>
- Mutlu, YE., Soykan, A. & Fıçıcı, M. (2021). Kille Çayı (Balıkesir) Havzasında erozyon risk analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 6, 98-111. <https://doi.org/10.46453/jader.866903>
- Najm, Z., Kayhani, N., Rezai, K., Nazmi Nezamebed, A. & Hamid Vaziri, S. (2013). Sediment yield and soil erosion assessment by using an empirical model of MPSIAC for Afjeh and Lavarek sub-watersheds. *Earth Science*, vol: 2, No: 1, pp: 14-22, Iran. [doi: 10.11648/j.earth.20130201.13](https://doi.org/10.11648/j.earth.20130201.13)
- Orman Genel Müdürlüğü, (2024). Ardıçtepe Baraj Havzası Kapalılık Sınıfları. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü.
- Özşahin, E. (2011). Zeytinli Çayı Havzası'nın (Balıkesir) erozyon analizi. *e-Journal of New World Sciences Academy Nature Sciences*, 4A0036, 6 (1), 42-56. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/nwsanature/article/130536>
- Özşahin, E. (2014). Tekirdağ İlinde CBS tabanlı RUSLE modeli kullanarak erozyon risk değerlendirmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 45-56.
- Özşahin, E. (2023). Farklı erozyon tahmin modellerine göre akarsu sedimantasyon miktarının belirlenmesine bir örnek: Naip Barajı Havzası (Tekirdağ, Türkiye). *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 10, 1-19. <https://doi.org/10.46453/jader.1203890>
- Özşahin, E. (2024). Spatiotemporal changes of soil erosion rate in the pre-and post-dam construction periods (1990-2018) determined through RUSLE and GIS: the case of the Kavak River Basin, East Thrace, Türkiye. *Environ Dev Sustain*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05381-z>
- PSIAC- Pacific Southwest Inter Agency Committee, (1968). *Factors Affecting Sediment Yield in the Pacific Southwest Area and Selection and Evaluation of Measures for Reduction of Erosion and Sediment Yield*. Water Management Subcommittee on American Society of Civil Engineers (ASCE), Report No. HY 12. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1566226>
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)* (Agriculture Handbook No. 703). USDA.
- Schreiber, F. (1912). Über die Beziehungen zwischen Niederschlagsmenge und Abflussmenge in Mitteleuropa. *Meteorologische Zeitschrift*, 29, 441–452.