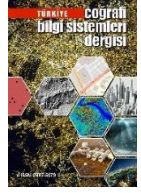




Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis>

e-ISSN:2687-5179



Dalaman Çayı Havzası'nın Morfometrik Analiz Yöntemleri Kullanılarak Alt Havza Kapsamında Taşkın Duyarlılık Önceliklendirmesi

S. Murat UZUN^{*1}, Kadir TATLIDİL²

¹Marmara Üniversite, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 34744, Kadıköy-İstanbul, Türkiye

²Marmara Üniversite, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, 34744, Kadıköy-İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Morfometrik Analiz,
Taşkın Duyarlılığı,
CBS,
Önceliklendirme,
Dalaman Çayı Havzası

Araştırma Makalesi

Geliş: 21/10/2025
Reviz: 16/12/2025
Kabul: 22/12/2025
Yayın: 30/12/2025

Öz

Dünyada son yıllarda frekansı ve etkisi artan taşkınların duyarlılık analizlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama teknikleri, morfometrik analizler, yapay zeka yöntemleri ve istatistiki verilerin entegrasyonunu içeren sistemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada da Dalaman Çayı1 Havzası'nı oluşturan 8 alt havza kapsamında morfometrik analiz sonuçlarının farklı jeo-istatistiki yöntemler kullanılarak taşkın duyarlılık önceliklendirmesi modellenmiştir. Araştırmada ilk olarak çizgisel, alansal ve rölyef kapsamında 15 farklı indis ile alt havzaların morfometrik analiz sonuçları hesaplanmıştır. Daha sonra elde edilen morfometrik veriler Pearson Korelasyon katsayısı ile analiz edilmiştir. Elde edilen kantitatif verilerle taşkın sıralama yöntemi ve Normalleştirilmiş Morfometrik Taşkın İndisi (NMFI) yöntemi ile 2 farklı model olarak taşkın duyarlılık düzeyi ve önceliklendirmesi açısından Dalaman Çayı Havzası analiz edilmiştir. Analiz sonuçları özellikle havzanın yukarı çıkırında yer alan alt havzaların (6, 7 ve 8 no'lu havzalar) taşkın duyarlılığının daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Morfometrik sıralama yöntemine göre 3 alt havza, NMFI'ye göre 5 alt havza yüksek düzeyde taşkın duyarlılığına sahiptir. Dalaman Çayı havzasında daha önce meydana gelmiş 23 taşkın verisi ile morfometrik analizlerle oluşturulan taşkın duyarlılık sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucuna göre özellikle önceliklendirmede ilk sırada yer alan ve yüksek taşkın duyarlılığına sahip 6, 7 ve 8 numaralı alt havzalarda geçmiş taşkınların %64'ünün gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Prioritization of Flood Susceptibility within the Sub-Basin of the Dalaman Stream Basin Using Morphometric Analysis Methods

Keywords

Morphometric Analysis,
Flood Susceptibility,
GIS,
Prioritization,
Dalaman Stream Basin.



Research Article

Received: 21/10/2025
Revised: 16/12/2025
Accepted: 22/12/2025
Published: 30/12/2025

Abstract

In recent years, systematic approaches incorporating Geographic Information Systems (GIS), remote sensing techniques, morphometric analyses, artificial intelligence methods, and the integration of statistical data have been used in sensitivity analyses of floods, which have increased in frequency and impact worldwide. In this study, flood susceptibility prioritization was modelled using different geostatistical methods based on the results of morphometric analyses conducted on the eight sub-basins that make up the Dalaman Stream Basin. First, the results of the morphometric analyses of the sub-basins were calculated using 15 different indices in terms of linear, areal and relief characteristics. The obtained morphometric data were then analysed using the Pearson Correlation coefficient. Using the quantitative data obtained, the Dalaman Stream Basin was analysed in terms of flood susceptibility level and prioritization using two different models: the flood ranking method and the Normalised Morphometric Flood Index (NMFI) method. The analysis results revealed that the sub-basins located in the upper reaches of the basin (basins 6, 7, and 8) have a higher flood susceptibility. According to the morphometric ranking method, three sub-basins have a high level of flood susceptibility, while five sub-basins have a high level of flood susceptibility according to the NMFI. The flood sensitivity results obtained from morphometric analyses using 23 flood data points previously recorded in the Dalaman Stream basin were compared. According to the comparison results, it was determined that 64% of past floods occurred in sub-basins 6, 7 and 8, which are particularly prioritized and have high flood susceptibility.

* S. Murat UZUN

(murat.uzun@marmara.edu.tr) ORCID 0000-0003-2191-3936
(kadirtatlidil@marun.edu.tr) ORCID 0009-0008-6928-8248

Kaynak göster

Uzun, S.M., & Tatlıdil, K.. (2025). Dalaman Çayı Havzası'nın Morfometrik Analiz Yöntemleri Kullanılarak Alt Havza Kapsamında Taşkın Duyarlılık Önceliklendirmesi. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 7(2), 68-84. <https://doi.org/10.56130/tucbis.1807763>

1. Giriş

Dünyada doğal ve antropojenik etkenlerle değişen koşullar ve süreçler afetlerin frekansı, şiddeti ve etkisinin artmasına neden olmaktadır. Bu durum özellikle hidro-meteorolojik afetlerin yıllık meydana gelme sıklığını arttırmış ve bunun sonucunda can ve mal kayıpları yaşanmıştır (Liu vd., 2024). Hidro-meteorolojik afetlerden biri olan taşkınlar, birçok parametre ve faktörün ortak etkisinde meydana gelen ve akarsuların bulundukları ana yatağından taşarak çevresindeki alanlara yayılmasıyla maddi ve manevi kayıplara neden olan afet türüdür (Ocak vd., 2021; Kuşçu & Özdemir, 2023; Bhattarai vd., 2024). Küresel iklim değişikliği sebebiyle ani ve şiddetli hava olayları, hızlı kentleşmeye bağlı olarak topoğrafyaya uyumsuz alt ve üst yapı sistemleri, plansız yerleşme ve farklı nedenlerle orman alanlarının tahribi gibi faktörler doğal drenaj sistemini olumsuz etkileyerek taşkın potansiyelini arttırmaktadır (Liu vd., 2022). Son yıllarda hem atmosferik hem de antropojenik etkiler nedeniyle meydana gelen küresel iklim değişikliği, yerel ve global kapsamda etki oluşturarak doğal afetlerin dinamiklerini değiştirmekte ve ekosistemin doğal dengesinin bozulmasına neden olmaktadır (Merz vd., 2021). Küresel iklim değişikliği; yüzey sıcaklığı artışına, yağış etkenlerinin değişmesine, ani yağışların oluşmasına ve şiddetli hava olaylarının gerçekleşmesine ortam hazırlayarak taşkınların sıklık ve şiddetini arttırmaktadır (Danacıoğlu & Öz, 2025; Akbaş vd., 2025). Aynı zamanda topoğrafyanın ve hidrografik koşulların antropojenik etkenlerle değiştirilmesi, yanlış planlama sonucu yerleşim alanlarının taşkın yatakları içine yapılması meydana gelen taşkın hadiselerinin afete dönüşmesinin diğer nedenlerindendir.

Geniş kapsamlı ve dünya genelinde afet verilerini ortaya koyan EM-DAT afetler raporu 2024 yılında 167,2 milyon kişinin doğal afetlerden etkilendiğini ve 16.753 kişinin bu afetler nedeniyle hayatını kaybettiğini belirtmektedir (CRED, 2025). 2024 yılında 48,8 milyon kişi, 2004-2023 yılları arası ise ortalama olarak 67,9 milyon kişi taşkından etkilendiği bilinmektedir. 1900-2025 yılları arasında yeryüzünde toplam afet niteliği taşıyan 2.420 taşkın meydana gelmiş, yaklaşık 1,3 milyar insan etkilenmiş ve 2,5 milyon kişi hayatını kaybetmiştir (CRED, 2025). Türkiye’de oluşturulan kapsamlı zamansal ve mekânsal taşkın envanterine (FloodDOT) göre, taşkınların atmosferik ve arazi kullanımından kaynaklı olduğu belirtilmektedir (Akbaş vd., 2025). Gerçekleşen toplam taşkın sayısının akarsuların tali ve alt kolları dışında 6799 adet olduğu ve meydana gelen ölümcül taşkın sayısının ise 3300 olduğu tespit edilmiştir. Yapılan incelemeler dolayısıyla taşkınların Türkiye genelinde her alanda homojen dağıldığı tespit edilmiştir. Özellikle Doğu Karadeniz, Sakarya ve Fırat-Dicle havzasında toplam 1.828 (1/4) taşkın gerçekleştiği ve öncelikli olarak bu havzalarda yoğunlaştığı görülmektedir (Akbaş vd., 2025).

Taşkın oluşumu, havzaların jeolojik, jeomorfolojik ve hidrolojik özellikleri ile yakından ilişkilidir. Bu unsurların incelenmesinde ve taşkınların analizinde havza morfometrisi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama (UA) teknikleri, yapay zeka yöntemleri, deterministik, kantitatif ve Hec-RAS, LİDAR gibi

yöntemler kullanılabilmektedir. Morfometrik verileri, taşkın analizlerinin önemli bir bileşenini oluşturmaktadır (Arabameri vd., 2020; Özdemir & Akbaş, 2023; Saikh & Mondal, 2023; Al-Ruzouq vd., 2024; Utlı vd., 2025). Morfometri, herhangi bir yer şeklinin farklı matematiksel indisler eşliğinde kantitatif veriler elde edilerek şekil ve boyutlarının incelenmesidir (Evans, 1972; Utlı vd., 2012; Uzun, 2019). Özellikle havza çalışmaları yapılırken morfometrik indisler aracılığıyla elde edilen havzanın akarsu drenaj ağı karakterizasyonu, morfometrik çalışmalar ile belirlenmektedir (Pike vd., 2009). Morfometrik indisler ışığında belirlenen çizgisel, alansal ve yüzeysel parametre değerleri taşkın potansiyelini, tehlikesini ve riskini etkileyebilmektedir (Strahler, 1964; Gregory & Walling, 2010; Özdemir, 2011; Avcı & Sunkar, 2015; Obeidat vd., 2021).

CBS ve Uzaktan Algılama gibi mekânsal yöntemler birçok alanda yaygın olarak kullanıldığı gibi, havza bazlı morfometrik çalışmalar ve taşkın duyarlılık analizlerinde de etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Abdelgawad vd., 2024). Bu yöntemler, farklı tür ve boyuttaki verileri analiz ederek birçok karmaşık probleme çözüm sunmaktadır. Özellikle fiziksel ortam koşullarının incelenmesi, çeşitli jeo-uzamsal analizlerin gerçekleştirilmesi ve morfometrik analizlerin uygulanması açısından önemli katkılar sağlayarak havzaların tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır (Bogale, 2021; Mani vd., 2022; Joy vd., 2023; Kollias vd., 2025). CBS ve UA teknolojileri ile birlikte entegre olarak son yıllarda oluşturulan taşkın duyarlılık analizlerinde, makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi güncel yapay zekâ yöntemleri de kullanılmaktadır (Arora vd., 2025; Luppichini vd., 2025). Özellikle, yapay zekânın alt dalları olan makine öğrenmesi ve derin öğrenme; mekânsal analizlerde farklı hacimlerdeki, çeşitli ve karmaşık yapıdaki doğrusal olan veya doğrusal olmayan verileri uygun yöntemler aracılığıyla inceleyerek mekânsal ilişkilerin yüksek doğrulukla analiz edilmesine olanak sağlamaktadır (Chapi vd., 2017; Derakhshani vd., 2023; Paul, 2025). Günümüzde yapay zekâ yöntemleri, CBS ve UA yöntemleri ile morfometrik unsurların karmaşık verilerini bir araya getirerek, havzanın karakteristik özelliklerini sunmada önemli bir araç haline gelmiştir (Arabameri vd., 2020; Saikh & Mondal, 2023; Al-Ruzouq vd., 2024).

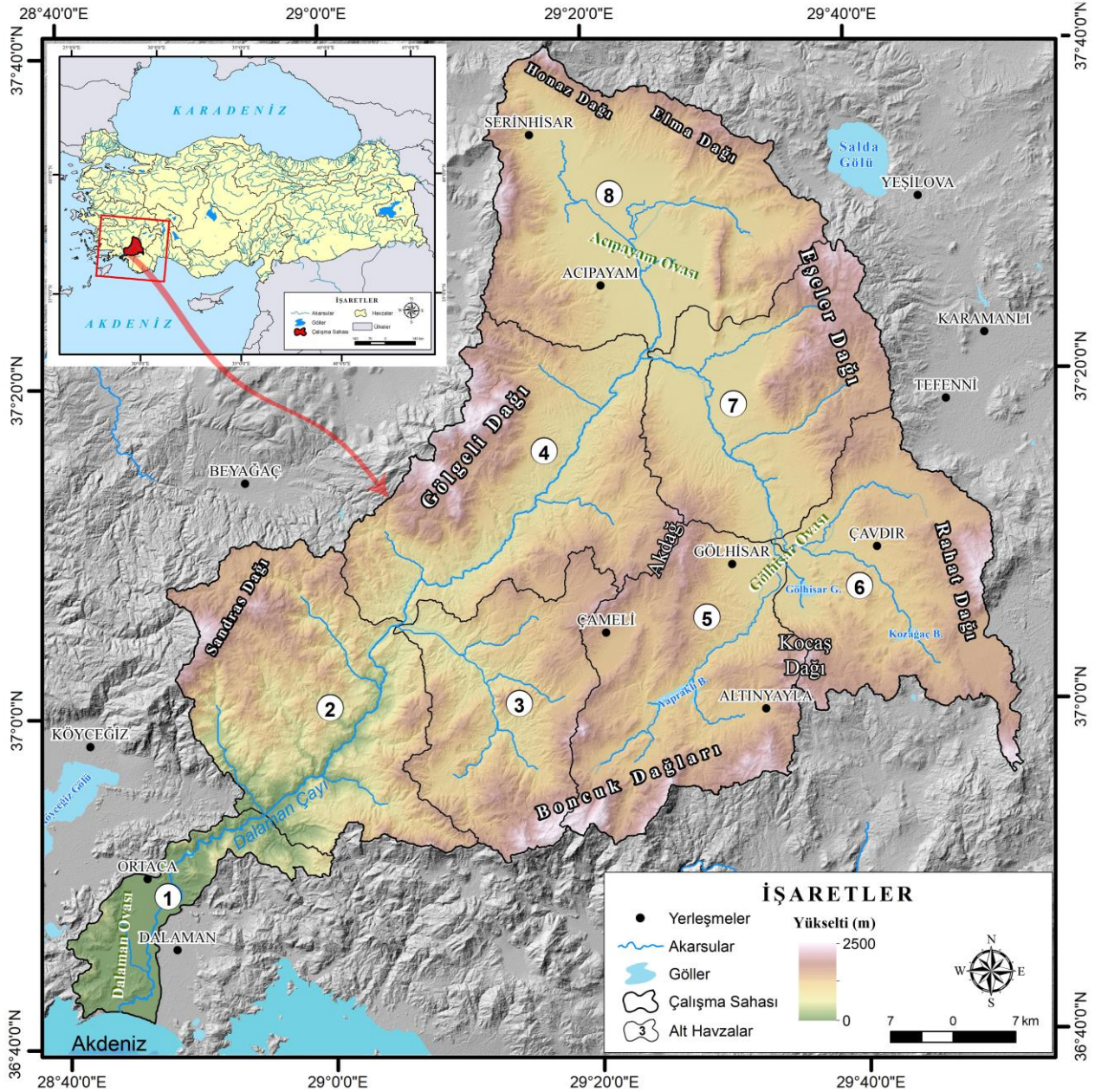
İncelenen havzaların SYM verisinden üretilen morfometrik parametreler havza geometrisi, drenaj düzenleri ve rölyef özelliklerinin kantitatif karakterizasyonunu açıklamakta, birkaç boyut olarak taşkın ve sel duyarlılığı hakkında fikir vermektedir (Shekar & Mathew, 2024). Ancak taşkın duyarlılığıyla bunu etkileyen havza parametreleri arasındaki ilişkiler genellikle doğrusal değildir ve geleneksel istatistiksel yaklaşımların yeterince yakalayamadığı karmaşık etkileşimleri içerir (AlRifai vd., 2025). Bu nedenle son yıllarda farklı yöntemler kullanılarak havza tabanlı üretilen kantitatif veriler analiz edilmekte, taşkın, sel duyarlılıklarında daha doğru çıktılar ortaya konulabilmektedir (Dahri vd., 2022; Shekar vd., 2023).

Bu çalışmanın amacı, Dalaman Çayı Havzası’nı oluşturan 8 alt havzanın farklı morfometrik analizlerle incelenmesi, elde edilen kantitatif verilerin korelasyona

tabi tutulması ve bu yöntemler ile taşkın duyarlılık kapsamında alt havza önceliklendirmesinin yapılması oluşturmaktadır.

Araştırma sahası Türkiye'nin güney-güneybatısında bulunan Dalaman Çayı'nın drenaj havzasından oluşmaktadır. Dalaman Çayı Havzası'nın kuzey sınırını Honaz Dağı ve Elma Dağı, kuzeydoğusunu Eşeler Dağı ve Salda Gölü havzası, doğusunu Rahat Dağı ve Kocaş Dağı, güneyini Boncuk Dağları ve Dalaman ovası ile Akdeniz

kıyı çizgisi, batısını Köyceğiz Gölü Havzası, Sandıras Dağı ve Gölge Dağı oluşturmaktadır (Şekil 1). Havza coğrafi koordinat sistemine göre 36°59'-37°41' kuzey enlemleri ile 28°41'-29°49' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Toplam alanı 4962,6 km² olan havza hidrografik analizler ile 8 alt havzaya ayrılmış ve bu alt havzalar üzerinden analizler yapılmıştır. Alt havzaların alanları 291,7-871,9 km² arasında değişmektedir.



Şekil 1: Dalaman Çayı Havzası'nın konumu, alt havzaları ve Sayısal Yükselti Modeli (SYM)

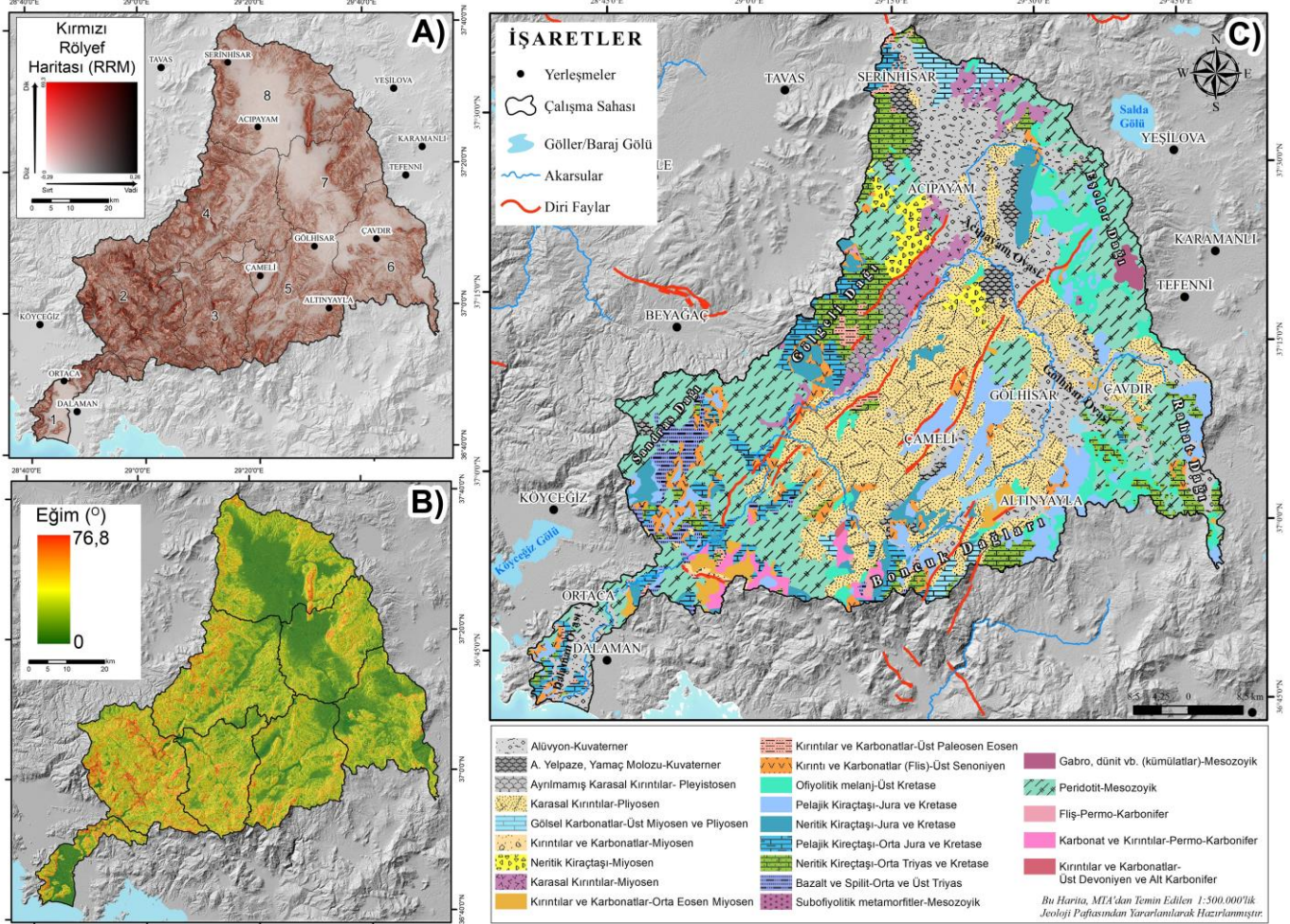
Dalaman Çayı Havzası farklı zamanlara ait birçok jeolojik ve litolojik unsurdan meydana gelmektedir (Şekil 2C). Havzada Karbonifer'e ait kireçtaşları Boncuk Dağı'nın yüksek kesimlerinde bulunmaktadır. Havzanın kuzeyinde yüksek kütlelerde ise özellikle Jura ve Kretase'ye ait kireçtaşlarından (neritik ve pelajik) ve Peridotitlerden müteşekkildir. Bazı litolojik birimlerle dokonaklar gözlemlenmekte, sahada fişler ve ofiyolitlerde litolojiyi oluşturmaktadır (Şenel, 2007). Gölgei ve Boncuk dağları arasındaki Çameli ve Gölhisar çevrelerinde Pliyosen yaşlı karasal kırıntı ve tortullar

litoloji oluşturmaktadır. Gölhisar Ovası, Acıpayam Ovası ve Dalaman Ovası ise alüvyonlardan meydana gelmektedir. Ayrıca çalışma sahasında Likya napları, Beydağları napları ve Tavas napları jeolojik süreçleri ve litolojin gelişmesinde rol oynamıştır (Erten & Gürbüz, 2018). Havzanın orta çıkırında Dalaman Çayı'nın yönelimini kanalizе eden KD-GB uzanımlı diri faylar bölgenin tektonizmasını meydana getirmektedir.

Havzanın genel jeomorfolojik yapısını, çerçeveyi oluşturan dağlık alanlar ile özellikle kuzeyde karst plato sahası, yukarı havzadaki ovalar ile Dalaman ovası ve dar-

derin vadiler meydana getirmektedir (Şekil 2A-B). Havzanın yükselti amplitüdü 2500 m olup ortalama yükselti değeri 1172 m'dir. Havzada eğim değerleri 0-77° arasında olup, havzanın ortalama eğimi 13,5°'dir (Şekil 2B). Yıllık ortalama sıcaklık değerleri Dalaman'da 18,3 °C, Acıpayam'da 12,6 °C ve Gölhisar'da 12,1 °C'dir. Yıllık toplam yağış değeri Dalaman'da 1030 mm, Acıpayam'da 604 mm ve Gölhisar'da 593 mm'dir. Havzanın büyük bir bölümü Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre kışları ılıman ve nemli, yazları sıcak olan Csa iklim sınıfı içerisinde yer almaktadır (Taşoğlu vd., 2024). Havzanın çerçevesini oluşturan yüksek alanlar ise kışları ılıman ve nemli yazları görece daha serin Csb iklim sınıfı içerisinde yer almaktadır (Taşoğlu vd., 2024). Kuzeyden ve doğudan kaynaklarını alan birçok konsektant akarsuyun Acıpayam Ovası'ndan itibaren güneye yönelmesi ile ana akarsu olan

Dalaman Çayı (takribi uzunluk 200 km) güneye akış göstererek Akdeniz'e sularını boşaltmaktadır. Bu bakımdan havza genel itibarıyla asimetric yapı göstermektedir. Havzanın ana hidrografik unsurları özellikle yüksek kesimlerde karstik kaynaklarla beslenmektedir. Dalaman Çayı'nın ortalama debisi 43 m³/sn iken maksimum debilerin 1000 m³/sn'ye aştığı bilinmektedir (Keskin vd., 2015). Havzada 600 m'den 1200 m'lere kara kızılcamlar (*Pinus brutia*) daha yükseklerde ise sedir (*Cedrus libani*) ve göknarlar (*Abies sp.*) doğal bitki örtüsünü oluşturmaktadır (Akşit, 2025). Dalaman Çayının ana havzasını teşkil eden Batı Akdeniz havzasında ise 213 taşkın meydana geldiği ve 55 kişinin hayatını kaybetmesine sebebiyet verdiği görülmektedir (Akbaş vd., 2025).



Şekil 2: Dalaman Çayı Havzası'nın A) Kırmızı Rölyef, B) Eğim ve C) Jeoloji haritası (MTA'nın 1:500.000'lik paftasından faydalanılarak oluşturulmuştur)

2. Yöntem

Çalışmanın temel veri kaynaklarını Harita Genel Müdürlüğü'nden alınan 1:25.000 ölçekli topografya paftaları, MTA'dan alınan 1:500.000 ölçekli jeoloji paftası, DSİ ve AFAD kurumlarından temin edilen taşkın yerleri ve tarihlerini gösteren taşkın envanterleri oluşturmaktadır. Çalışmada ilk olarak paftaların 10 m aralıklı izohips verileri kullanılarak ArcGIS yazılımında araştırma sahasının Sayısal Yükselti Modeli (DEM-SYM) oluşturulmuştur. Daha sonra ArcGIS yazılımında SYM

verisi üzerinden hidrolojik analiz basamakları kullanılarak araştırma sahasının Strahler yöntemine göre akarsu dizini ve drenaj şebekesi ile alt havza sınırları üretilmiştir. Ayrıca araştırma sahasının rölyef ve drenaj yapısının daha iyi gözlemlenebilmesi için SYM verisi üzerinden eğim haritası, QGIS yazılımı kullanılarak kırmızı rölyef haritası da (RRM) üretilmiştir (Şekil 2A). Hidrografik koşullar ile özellikle yüzeysel drenajın şekillenmesi ve taşkını etkileyen parametrelerden birisi olmasından dolayı MTA'da alınan 1:500.000 ölçekli jeoloji paftası sayısallaştırılmış ve sadeleştirilerek

araştırma sahasının jeoloji haritası üretilmiştir (Şekil 2C).

Araştırma temel olarak iki basamaktan oluşmaktadır. Birinci basamakta çizgisel, alansal ve rölyef olarak belirlenen 15 farklı morfometrik indis verisi ile Dalaman Çayı Havzası'nın 8 farklı alt havza kapsamında jeomorfometrik ve hidromorfometrik analizleri yapılmıştır. İkinci basamakta ise alt havza tabanlı olarak elde edilen kantitatif veriler sıralı sınıflandırma (Utlı & Özdemir) ve Normalleştirilmiş Morfometrik Taşkın İndisi (NMFİ) yöntemi kullanılarak taşkın önceliklendirmesi kapsamında modellenmiştir (Özdemir & Akbaş, 2023; Utlı vd., 2025).

Dalaman Çayı Havzası hidrolojik analizler ile 8 farklı alt havzaya ayrılmıştır. Daha sonra araştırma sahasının 8 farklı alt havzasına çizgisel (5), alansal (5) ve rölyef (5) morfometrisi olmak üzere toplam 15 indis analizi uygulanmıştır (Tablo 1). Çalışmada kullanılan indislerin açıklamaları ve formülleri Tablo 1'de gösterilmiştir. İndis analizleri belirlenirken havza tabanlı olarak taşkın etkileyebilme çıktıları dikkate alınmıştır (Özdemir, 2011; Utlı & Özdemir, 2018; Utlı & Ghasemlounia, 2021; Esen, 2022; Kaya, 2022; Kuşçu & Özdemir, 2023; Kollias vd., 2025). Alt havza tabanlı morfometrik indis sonuçları daha sonra kategorize edilerek sınıflandırılmıştır.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan morfometrik indisler ve formülleri

	Morfometrik İndisler	Formül ve Simge	Kaynak
Çizgisel Morfometri	Çatallanma oranı (R_b)	$R_b = N_u / N_{u+1}$	Strahler (1964)
	Akarsu Uzunluk Oranı (R_L)	$R_L = L_u / L_{u+1}$	Strahler (1964)
	Rho Katsayısı (R_p)	$R_p = R_L / R_b$	Horton (1945)
	Yüzeyel Akış Uzunluğu (L_o)	$L_o = 1 / 2D_d$	Horton (1945)
	Tekstür oranı (T)	$R_t = N_{ui} \times (1/P)$	Horton (1945)
Alansal Morfometri	Drenaj (vadi) yoğunluğu (D_d)	$D_d = \Sigma L / A$	Horton (1945)
	Akarsu sıklığı (F_s)	$F_s = N / A$	Horton (1945)
	Biçim Katsayısı (R_{cf})	$R_{cf} = L^2 / A$	Verstappen (1983)
	Havza Uzunluk Oranı (R_e)	$R_e = \left[\left(\sqrt{\frac{P}{\pi}} \right) \times 2 \right] / L$	Schumm (1956)
	Dairesellik oranı (R_c)	$R_c = A / \left[\left(\frac{P}{\pi} \right)^2 \times \pi \right]$	Miller (1953)
Rölyef Morfometrisi	Havza Rölyefi (B_h)	$B_h = H_{\max} - H_{\min}$	Strahler (1952)
	Rölyef oranı (R_h)	$R_h = \frac{(H_{\max} - H_{\min})}{L}$	Schumm (1956)
	Engebelilik Oranı (R_n)	$R_n = D_d \times B_h$	Melton (1957)
	Hipsometrik İntegral (H_i)	$H_i = (H - H_{\min}) / (H_{\max} - H_{\min})$	Strahler (1952)
	Akım Toplama Zamanı (T_c)	$T_c = 0.0195 \cdot L^{0.77} / S^{0.385}$	Kirpich (1940)
Simgeler: A havza alanı, P havzanın çevre uzunluğu, N_u havzanın her bir dizindeki akarsu sayısı, L_u havzanın her bir dizindeki akarsu uzunluğu, ΣN_u havzadaki toplam dizinlerin akarsu uzunluğu, L ana akarsuya paralel havza uzunluğu, $H_{\min}$ en düşük yükselti değeri, $H_{\max}$ en yüksek yükselti değeri			

Araştırmada taşkın duyarlılık önceliklendirmesi için incelenen ve alt havza kapsamında kantitatif bulguları ortaya konan veriler Pearson Korelasyon Katsayısı matrisine tabi tutulmuştur. Pearson korelasyon katsayısı (PCC), iki veri kümesi ya da sınıfı arasındaki doğrusal eğilimi ölçen bir korelasyon katsayısı olarak nitelendirilmektedir. Bu katsayı matrisi iki değişkenin kovaryansı ile standart sapmalarının çarpımı arasındaki oranı ifade eder (Devlin vd., 1975). Elde edilen sayısal sonuçlar daima -1 ile 1 arasındaki değer almaktadır. Bu değerlerden -1 negatif yönlü yüksek ilişkiyi, +1 pozitif yönlü yüksek ilişkiyi ifade ederken, 0 ve yakın değerler

korelasyon seviyesinin düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada korelasyon matrisinin oluşturulmasında NumPy, Pandas, matplotlib.pyplot kütüphanesi kullanılarak kodlamalar üzerinden oluşturulmuştur (Ratnam vd., 2005; AlRifai vd., 2025). Dalaman Çayı Havzası'nın alt havzalarının sıralı önceliklendirme derecelendirmesi, hesaplanan ve korelasyona tabi tutulan morfometrik parametrelerin sıralanması yoluyla gerçekleştirilmiştir (Farhan vd., 2017; Utlı & Özdemir, 2018; Waiyasusri & Chotpanarat, 2020; Ghasemlounia & Utlı, 2021; Obeidat vd., 2021). Önceliklendirme işlemi için ilk olarak 8 alt havza ile 8

farklı kategoride sıralanmıştır. Daha sonra doğal kırılım (natural breaks) yöntemi ile önceliklendirme sınıfları 3 farklı kategori olarak yüksek duyarlılık, orta düzeyde duyarlılık ve düşük duyarlılık kapsamında sınıflandırılmıştır (Papaioannou vd., 2015; Costache vd., 2020).

Çalışmanın diğer basamağında alt havza tabanlı elde edilen verilerin Normalleştirilmiş Morfometrik Taşkın İndisi (NMFI) yöntemi ile önceliklendirme sıralaması yapılmıştır (Özdemir & Akbaş, 2023). NMFI yöntemi çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisi sonuç verilerinin karşılaştırılması için normalleştirme işlemi sunar ve bu değerler üzerinden taşkın potansiyelinin etkisini ortaya koymaktadır (Özdemir & Akbaş, 2023; Utlu vd., 2025). Morfometrik sonuçlar normalleştirme işlemi ile 0-1 arasında değer alır ve bu durum taşkın duyarlılığı için daha objektif veriler oluşturur. Morfometrik sonuçların hesaplanması için görece daha yüksek değerlerin yüksek taşkın olasılığını gösterdiği morfometrik indislerde NMFI₁, görece daha düşük değerlerin yüksek taşkın potansiyelini etkilediği parametreler için NMFI₂ kullanılır.

$$NMFI_1 = \frac{1}{n} \sum_i^n = 1 \left(\frac{mi - mi_{min}}{mi_{max} - mi_{min}} \right)$$

$$NMFI_2 = \frac{1}{n} \sum_i^n = 1 \left(\frac{mi - mi_{max}}{mi_{min} - mi_{max}} \right)$$

Formüllerde, mi_{min} morfometrik indis sonuçlarındaki minimum ve mi_{max} , maksimum değeri ifade eder. Formülde n kullanılan toplam morfometrik indis sayısını gösterir ve mi ilgili indis ile elde edilen değeri belirtir (Özdemir & Akbaş, 2023). NMFI sonuçları taşkın duyarlılığı için kategorize edilmektedir. Bu sıralamada 0-0,25 düşük, 0,26-0,50 orta, 0,51-0,75 yüksek ve 0,76-1 arası çok yüksek taşkın duyarlılığına sahiptir (Özdemir & Akbaş, 2023).

Çalışmanın son basamağında DSİ ve AFAD'dan temin edilen geçmiş dönemli taşkınların yerlerini gösteren envanter verileri ve Akbaş vd'nin (2025) çalışmasındaki veriler dikkate alınarak, bu çalışmadaki alt havza kapsamlı bulgularla karşılaştırılmış, taşkın duyarlılık sonuçlarının doğruluk ve güvenilirlik değerlendirmesi yapılmıştır. Bu bakımdan meydana gelmiş taşkınlar açısından frekansın en yüksek olduğu alt havza ile çalışmadaki sıralı morfometri ve NMFI tabanlı taşkın duyarlılık verileri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada yöntem performansının değerlendirilmesi için Hataların Karesinin Ortalamasının Karekökü (RMSE) formülü kullanılmıştır. RMSE aşağıdaki formül üzerinden analiz edilmektedir.

$$MSE = \left(\frac{1}{n} \right) * \sum (y - y_{pred})^2 \quad RMSE = \sqrt{MSE}$$

Formülde, n veri noktalarının sayısı, y gerçek değerler, y_{pred} : tahmin edilen değerlerdir (Chapi vd., 2017). Formülde ilk olarak hatalarının karesinin ortalaması (MSE) hesaplanır, daha sonra RMSE bu değeri karekökü olarak hesaplanmaktadır. Çalışma gerçek nokta verileri olarak taşkın envanter verileri kullanılmıştır.

3. Bulgular

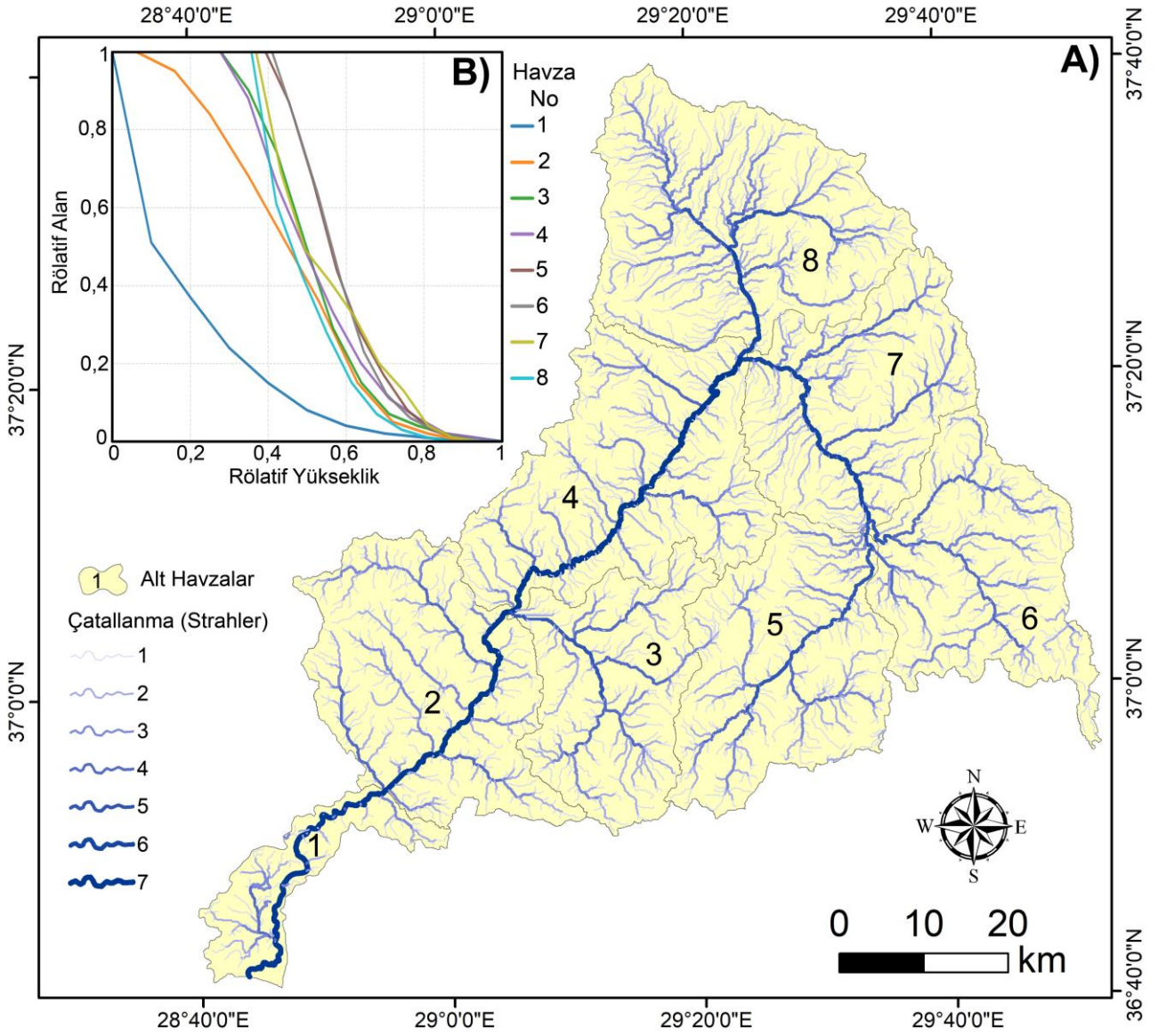
3.1. Morfometrik Analizler

Dalaman Çayı Havzası'nda çizgisel, alansal ve yüzeysel (rölyef) olmak üzere 3 ayrı parametre ele alınmıştır. Bu parametreler içerisinde morfometrik veriler 15 ayrı indis kullanılarak oluşturulmuştur. Bu indisler çizgisel parametre de çatallanma oranı (Rb), akarsu uzunluk oranı (Rl), Rho katsayısı (Rp), yüzeysel akış uzunluğu (Lo) ve tekstür oranı (T); alansal parametre de drenaj yoğunluğu (Dd), akarsu sıklığı (Fs), form faktör (Rcf) uzunluk oranı (Re) ve dairesellik oranı (Rc) iken yüzeysel parametre de ise havza rölyefi (Bh), rölyef oranı (Rh), engebelilik oranı (Rn), hipsometrik integral (Hi) ve akım toplama zamanı (Tc) indisleri oluşturmaktadır. İndislerin havza alt havza tabanlı kantitatif sonuçları Tablo 2'de kategorik sınıflandırılmış dağılışı Şekil 4'te gösterilmiştir (Tablo 2 ve Şekil 4).

3.1.1. Çizgisel Parametreler

Çatallanma oranı (Rb): Farklı yöntemler aracılığıyla elde edilen çatallanma oranı herhangi bir dizindeki akarsu sayısının (Nu) bir üst dizideki akarsu sayısına (Nu+1) bölünmesi ya da oranlanması ile elde edilmektedir (Strahler, 1964). Strahler yöntemi kullanılarak oluşturulan indis, havza bazında farklılık göstererek topografya üzerindeki jeolojik, jeomorfolojik, iklimatik unsurlar ile erozyonel süreçler arasında ilişkiyi tesis etmektedir (Strahler, 1952; Uzun, 2021). Rb değerinin düşük olduğu sahalarda sızma koşulunun düşük ve yüzeysel akışın fazla olması sebebiyle yarımaların artacağı ve derin vadilerin oluşabileceği öngörülür (Mahala, 2020). Çalışma sahasında Rb değerleri alt havzalar da değişiklik göstermektedir (Şekil 3 ve 4). Rb değerleri 1,59-4,27 arasında değişmektedir. Tüm alt havzalarda ortalama değer 2,89'dur. En yüksek değer 4,27 ile alt havza 7'de iken en düşük değer ise 1,59 ile alt havza 2'de görülmektedir. Buna bağlı olarak flüvyal etmen ve süreçlerin alt havza 2'de daha yoğun olduğu söylenebilmektedir.

Akarsu uzunluk oranı (Rl): Strahler yöntemi ile elde edilen akarsu uzunluk oranı, bir alandaki akarsuyun dizindeki uzunluğunun bir üst akarsu dizinin uzunluğuna oranlanması hesaplanır (Strahler, 1964; Özdemir, 2011). Rl değeri su kütesinin sahada ne kadar süre tutulduğu ve drene edildiği, ne kadar mesafe kat ettiği ve erozif süreçlerin topografyayı nasıl etkilediğini ortaya koymaktadır. Rl değerinin düşük olması su kütesinin yer altına sızmasına engel olduğundan havzanın uzunlamasına tekâmül gösterdiğine ifade etmektedir (Utlu & Özdemir, 2018; Mishra & Rai, 2020; Yurddaş & Karabulut, 2025). Çalışma sahasında bu indis kapsamında alt havzaların ortalama değeri 2,68'dir. İndis sonuçlarına göre en yüksek değer 4,42 ile alt havza 7 iken en düşük değer 1,6 ile alt havza 2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3: Dalaman Çayı Havzası ve alt havzalarının A) çatallanma durumu, B) hipsometrik eğrileri

Rho katsayısı (R_p): Akarsu uzunluk oranının (R_l) çatallanma oranına (R_b) bölünmesiyle elde edilmektedir (Horton, 1945). İndis kapsamında havza içerisindeki drenaj verimliliği, su depolama kapasitesi, drenaj yoğunluğu ve denüasyonel ve progresif bir ilişkiyi ortaya koymaktadır (Farhan, 2017; Rai vd., 2020; Esen, 2022). Çalışma sahasında R_p katsayısı indisine göre havza içerisindeki alt havzalarda ortalama değer 0,95 olarak elde edilmiştir. En yüksek değer 1,19 değeri ile alt havza 2'de görülmekle birlikte en düşük R_p değeri ise 0,55 ile alt havza 1'de gözlemlenmektedir. Buna göre R_p değerinin en düşük olduğu alt havza 1'de sızma hızı yüksek ve yeraltı suyuna karışım fazla olduğu için hidrolojik açıdan drenaj verimliliği olumlu yönde olup taşkın duyarlılığının düşük olduğu söylenebilir.

Yüzeysel akış uzunluğu (L_o): Herhangi bir akarsuyun barınabileceği bir yatağa kavuşmadan önce topografya yüzeyinde akış göstermekte olduğu uzunluk oranıdır (Horton, 1945). L_o havzadaki eğim ve rölyef ile doğrudan ilişkili olup L_o değerinin yüksek olması infiltrasyon eğiliminin artmasına olanak sağlarken düşük

olması akış potansiyelini artırarak taşkın riskinin yüksek olmasına sebep olur (Elbaşı & Özdemir, 2018; Mishra & Rai, 2020; Obeidat vd., 2021). Alt havzaların ortalama L_o değeri 0,45 olarak elde edilmiştir. L_o değerinin en yüksek olduğu alt havza 0,51 ile alt havza 1, en düşük olduğu ise 0,42 ile alt havza 8'dir. L_o değerinin diğer alt havzalara nazaran düşük olduğu alt havza 8'de taşkın duyarlılığının yüksek olacağı söylenebilir.

Tekstür oranı (T): Havzadaki akarsuyun 1. dizininde yer alan toplam akarsu sayısının havzanın çevre uzunluğuna bölünmesi ile elde edilen bir indistir (Horton, 1945). Tekstür oranı drenaj yoğunluğu, jeolojik ve jeomorfolojik yapı ile ilişki içerisinde. Havza da T değerinin yüksek olması infiltrasyon düzeyinin az ve yüzeysel akışın etkin olmasına buna bağlı olarak drenaj ağının gelişmiş olduğunu göstermektedir (Arabameri vd., 2020; Yurddaş & Karabulut, 2025). Alt havzalarda 40 ve üzeri değerler yoğunlukta olduğu dikkat çekmektedir. Analize göre en yüksek değer 58,17 tekstür oranı ile alt havza 8 iken en düşük değer 14,72 ile alt havza 1'de ortaya çıkmaktadır.

Tablo 2: Dalaman Çayı alt havzalarının morfometrik indis sonuçları

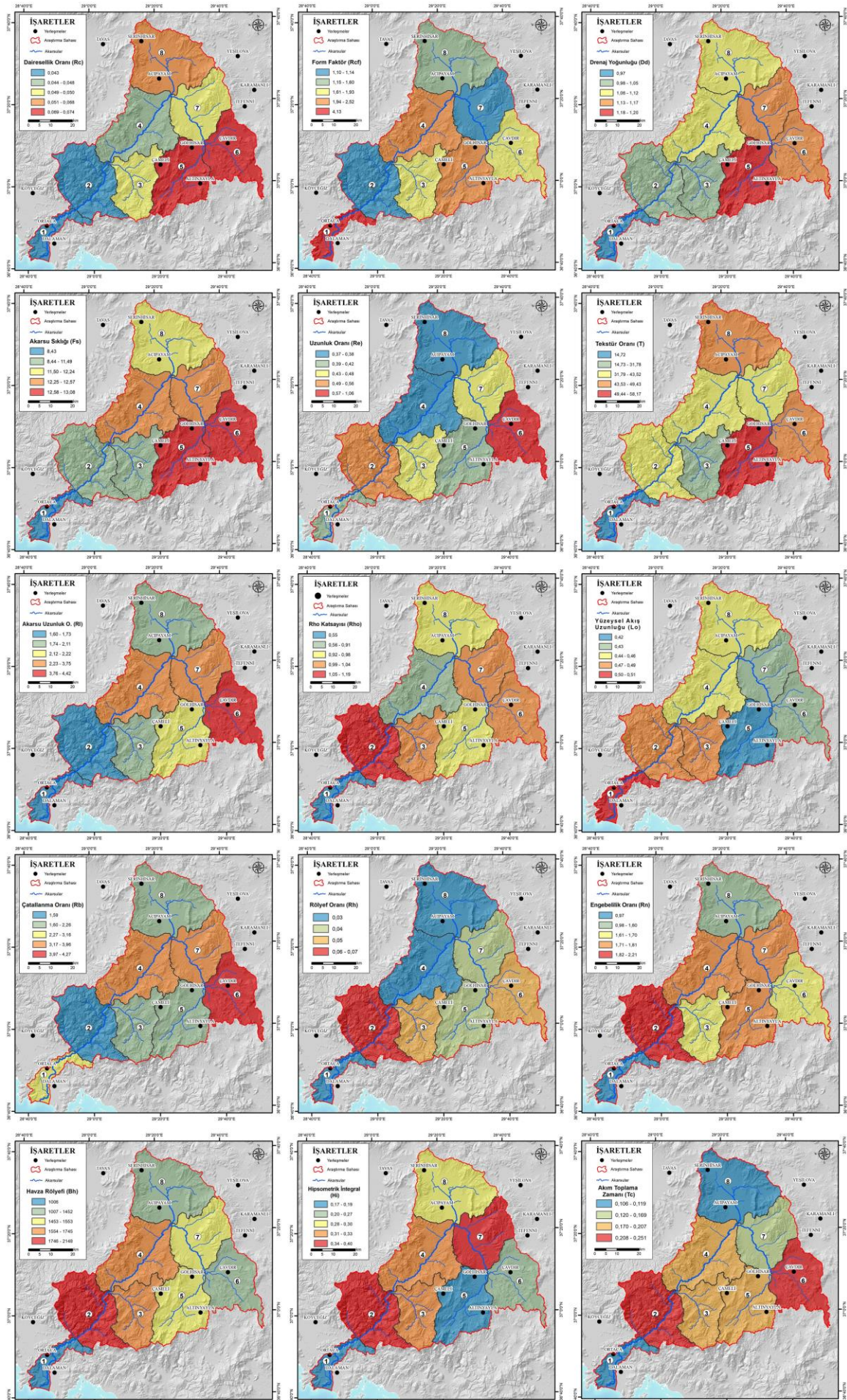
Temel Parametreler					
Havza No	A (km ²)	P (km ²)	ΣN_u (km)	L (km)	
1	219,7	125,9	214,2	30,13	
2	725,8	199,8	746,8	28,25	
3	501,4	177,4	527,9	31,13	
4	793,7	226,7	867,05	44,7	
5	650,1	172,6	725,6	39,75	
6	596,8	192,7	690,5	32,6	
7	603,2	159,6	707,2	26,2	
8	871,9	192,9	1047,2	37,3	
Çizgisel Parametreler					
Havza No	R _b	R _i	R _{ho}	L _o	T
1	3,16	1,73	0,55	0,51	14,72
2	1,59	1,6	1,19	0,49	41,74
3	2,1	2,11	1	0,48	31,78
4	3,96	3,59	0,91	0,46	43,52
5	2,1	2,03	0,97	0,45	46,1
6	3,73	3,75	1,01	0,43	38,94
7	4,27	4,42	1,04	0,43	49,43
8	2,26	2,22	0,98	0,42	58,17
Alansal Parametreler					
Havza No	D _d	F _s	R _f	R _e	R _c
1	0,97	8,43	0,24	0,42	0,043
2	1,03	11,49	0,91	0,564	0,043
3	1,05	11,24	0,52	0,482	0,05
4	1,09	12,43	0,4	0,38	0,048
5	1,12	12,24	0,41	0,37	0,068
6	1,16	12,57	0,56	0,48	0,05
7	1,17	13,08	0,88	1,06	0,074
8	1,2	12,87	0,63	0,42	0,073
Rölyef Parametreleri					
Havza No	B _h	R _h	R _n	H _i	T _c
1	1006	0,03	0,97	0,17	0,106
2	2148	0,07	2,21	0,40	0,251
3	1739	0,05	1,7	0,33	0,207
4	1745	0,03	1,8	0,32	0,201
5	1452	0,03	1,6	0,3	0,188
6	1553	0,04	1,8	0,39	0,245
7	1430	0,05	1,67	0,27	0,169
8	1510	0,04	1,81	0,19	0,119

3.1.2. Alansal Parametreler

Drenaj yoğunluğu (D_d): Bu indis havza içerisindeki toplam akarsu uzunluğunun havzanın alanına bölünmesi ile elde edilir (Horton, 1945). Drenaj yoğunluğu (D_d) havzadaki yüzeyel akışı kontrol edip suyun varlığını ve sedimentasyon birikimini belirleyerek topoğrafyanın ne ölçüde yarıldığını ifade etmektedir (Uzun, 2021). Bu değer bizlere havzadaki fiziki unsurlar hakkında detaylı bilgi sunmakta, aynı zamanda D_d sonuçları sel ve taşkın duyarlılığı açısından kritik alanları gösterebilmektedir (Verstappen, 1983; Özdemir, 2011). Alt havzalar arasında D_d değerleri 0,97-1,02 arasında değişmektedir. Tüm alt havzaların ortalama değeri 1,10'dur. En yüksek değer 1,2 ile alt havza 8'de iken en düşük değer ise 0,97 ile alt havza 1'de görülmektedir. Buna bağlı olarak

jeomorfik süreçlerin alt havza 8'de yüksek olduğu söylenebilmektedir.

Akarsu sıklığı (F_s): Havzadaki toplam akarsu sayısının (dizin), havzanın alanına bölünmesiyle elde edilir. F_s, akarsu drenaj ağına gelişmişliğini gösteren sayısal bir değerdir (Horton, 1945). Jeolojik, litolojik ve rölyef unsurlarından etkilenerek jeomorfik süreçlerin etkinliğini belirlemektedir. F_s değerinin düşük veya yüksek olması taşkın duyarlılığı hakkında bilgi sunmaktadır (Rajasekhar vd., 2020; Esen, 2022). Alt havzaların değer aralıkları 8,43-13,08 iken ortalama değeri 11,79'dur. İndis sonuçlarına göre en yüksek değer 13,08 değer ile alt havza 7 iken en düşük değer 8,43 değeri ile alt havza 1 olarak belirlenmiştir. F_s değerinin yüksek olduğu alt havza 7'de diğer alt havzalara kıyasla drenaj sisteminin gelişmiş olduğu ve potansiyel taşkın durumunun yüksek olduğu saptanmıştır.



Şekil 4: Dalaman Çayı alt havzalarının morfolojik indis sonuçları

Biçim Katsayısı (Rcf): Biçim katsayısı ya da havza şekil faktörü, havzanın toplam uzunluğunun karesinin havzanın alanına bölünmesi ile elde edilmektedir (Verstappen, 1983). İndis sonucu havzanın morfolojik özellikleri, yüzeysel akış durumu ve sediment taşınımı hakkında bilgiler sunmaktadır (Seth vd., 1998; Rai vd., 2020; Uzun, 2021). Bu indis kapsamında alt havzaların ortalama değeri 2,08 iken değer aralıkları 1,10-4,13 olarak farklılık göstermektedir. İndis sonuçlarına göre en yüksek değer 4,13 değer ile alt havza 1 iken en düşük değer 1,10 değeri ile alt havza 2 olarak belirlenmiştir. Biçim katsayısı değerinin düşük olduğu alt havza 2’de flüvyal süreçlerin etkili olduğu ve dairesel bir geometrik yapıda olduğu söylenebilir.

Uzunluk oranı (Re): İndis, havzanın alanı ile aynı alana sahip dairenin çapının havzadaki ana akarsuya paralel olan uzunluğa bölünmesi ile elde edilmektedir (Schumm, 1956). Re değeri, havzanın sızma kapasitesi, yüzeysel durumu ve geometrik yapısı hakkında bilgi sunmaktadır. Re değerinin farklılık göstermesi havzanın erozyonel süreçlerin etkinliğini belirlemektedir (Utlı & Özdemir, 2018). Uzunluk oranı (Re) indisine göre havza içerisinde yer alan alt havzalarda ortalama değer 0,52 iken değer aralıkları 0,37-1,06 olarak elde edilmiştir. Re değerlerinin en yüksek olduğu alt havza 1,06 ile alt havza 7, en düşük olduğu alt havza ise 0,37 ile alt havza 5’tir. Re değerinin yüksek olduğu alt havza 7’de havza şekilsel olarak dairesel bir görünüme sahiptir. Ayrıca flüvyal süreçlerin aktif bir şekilde rol alması sebebiyle erozyonel faaliyetlerin etkisi ile sediment taşınımının fazla olduğu söylenebilmektedir.

Dairesellik oranı (Rc): İndis, ortamdaki fiziki şartlardan etkilenirken geometrik ve boyutsal bilgiler sunmaktadır (Miller, 1953). Rc değerindeki farklılıklar yüzeysel akış, erüf faaliyetler ve buna bağlı olarak jeomorfik süreçlerin etkinliği hakkında bilgi vermektedir (Uzun, 2021; Esen, 2022; Nişancı vd., 2024). İndis sonucunda alt havzalarda ortalama değer 0,056 olarak görülmektedir. Dairesellik oranı (Rc) değerleri ise 0,043-0,074 arasında değişmektedir. İndis sonuçlarına göre en yüksek değer 0,074 dairesellik oranı ile alt havza 7 iken en düşük değer 0,043 ile alt havza 1 ve alt havza 2’de ortaya çıkmaktadır (Tablo 2). Dairesellik oranının en yüksek çıktığı alt havza 7’de şekilsel olarak dairemsi bir yapıda olduğu gözlemlenebilmektedir. Ayrıca yüzeysel akış miktarının fazla ve erozyonel süreçlerin etkin olduğu dolayısıyla taşkın duyarlılığının yüksek olduğunu söylemek mümkün olabilmektedir.

3.1.3. Rölyef Parametreleri

Havza rölyefi (Bh): Herhangi bir havzanın maksimum yükselti değeri ile minimum yükselti değeri çıkarılması ile aradaki dikey uzaklığı ifade eden bir yöntemdir (Strahler, 1952). Bu indis, arazinin engebeliliği, yüzeysel akış oranı, infiltrasyon kapasitesi ve akarsu drenaj gelişimi hakkında bilgi vererek taşkın duyarlılığının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Özdemir, 2011; Esen, 2022). Havza rölyefi (Bh) indisine göre havza içerisinde yer alan alt havzalarda ortalama değer 1572.8 iken değer aralıkları 1.006-2.148 olarak elde edilmiştir. Elde edilen indis sonucuna göre havza rölyefi değerleri farklılık arz etmektedir. Alt havzalarda

Bh değerlerinin en yüksek olduğu değer 2.148 ile alt havza 2 iken en düşük olduğu ise 1.006 ile alt havza 1’dir.

Rölyef oranı (Rh): Havza rölyefinin havza uzunluğuna oranlanması ile elde edilmektedir (Schumm, 1956). Flüvyal süreçlere bağlı olarak erozyon kapasitesi, engebelilik durumu ve taşkın duyarlılığı hakkında bilgi vermektedir (Özdemir, 2011; Mahala, 2020). Rölyef oranı indis (Rh) sonucu göre alt havzalarda değerler 0,1’in altında olarak görülmektedir. İndis sonucunda alt havzalarda ortalama değer 0,04 olarak görülmektedir. Rölyef oranı (Rh) değerleri ise 0,03-0,07 arasında değişmektedir. Tabloya göre en yüksek değer 0,07 rölyef oranı ile alt havza 2 iken en düşük değer ise 0,03 ile alt havza 1, 4 ve alt havza 5 olarak karşımıza çıkmaktadır.

Engebelilik Oranı (Rn): havzanın rölyef oranının havzanın drenaj yoğunluğu ile çarpılması ile elde edilmektedir (Melton, 1957). Engebelilik oranı ile morfolodinamik süreçler doğrudan ilişki içerisinde. İndis sonucu topoğrafyanın ne kadar erozyonel süreçlere maruz kaldığını göstererek arazinin pürüzlülüğü hakkında bilgi vermektedir (Yurddaş & Karabulut, 2025). Çalışma sahasında Rn değerleri alt havzalar da çeşitlilik arz etmektedir. Rn değerleri 0,97-2,21 arasında değişmektedir. Tüm alt havzalarda indis sonucunda ortalama değer 1,69’dur. En yüksek değer 2,21 ile alt havza 2’de iken en düşük değer ise 0,97 ile alt havza 1 olarak elde edilmiştir.

Hipsometrik integral (Hi): Strahler yöntemi aracılığıyla oluşturulan bu indis havzadaki ortalama yükselti miktarından minimum yükseltinin çıkarılması ve maksimum yükselti miktarının minimum yükselti miktarından çıkarılarak bölünmesi ile elde edilmektedir (Strahler, 1952). İndis, jeomorfolojik gelişim (genç-olgun-yaşlı) hakkında bilgi vermektedir (Strahler, 1957; Uzun, 2021). Tablo 2’ye bakıldığında indis (Hi) sonucuna göre alt havzalarda değerler 0,4 ve 0,4’ün altında seyretmektedir. İndis sonucunda alt havzalarda ortalama değer 0,29 olarak görülmektedir. Hipsometrik integral (Hi) değerleri ise 0,17-0,40 arasında değişmektedir. Sonuçlara göre en yüksek değer 0,40 ile alt havza 2’ iken en düşük değer ise 0,17 ile alt havza 1 olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 3). Buna göre alt havzalar içerisinde en genç havza 2, en yaşlı havza ise 1 olarak açıklamak mümkündür.

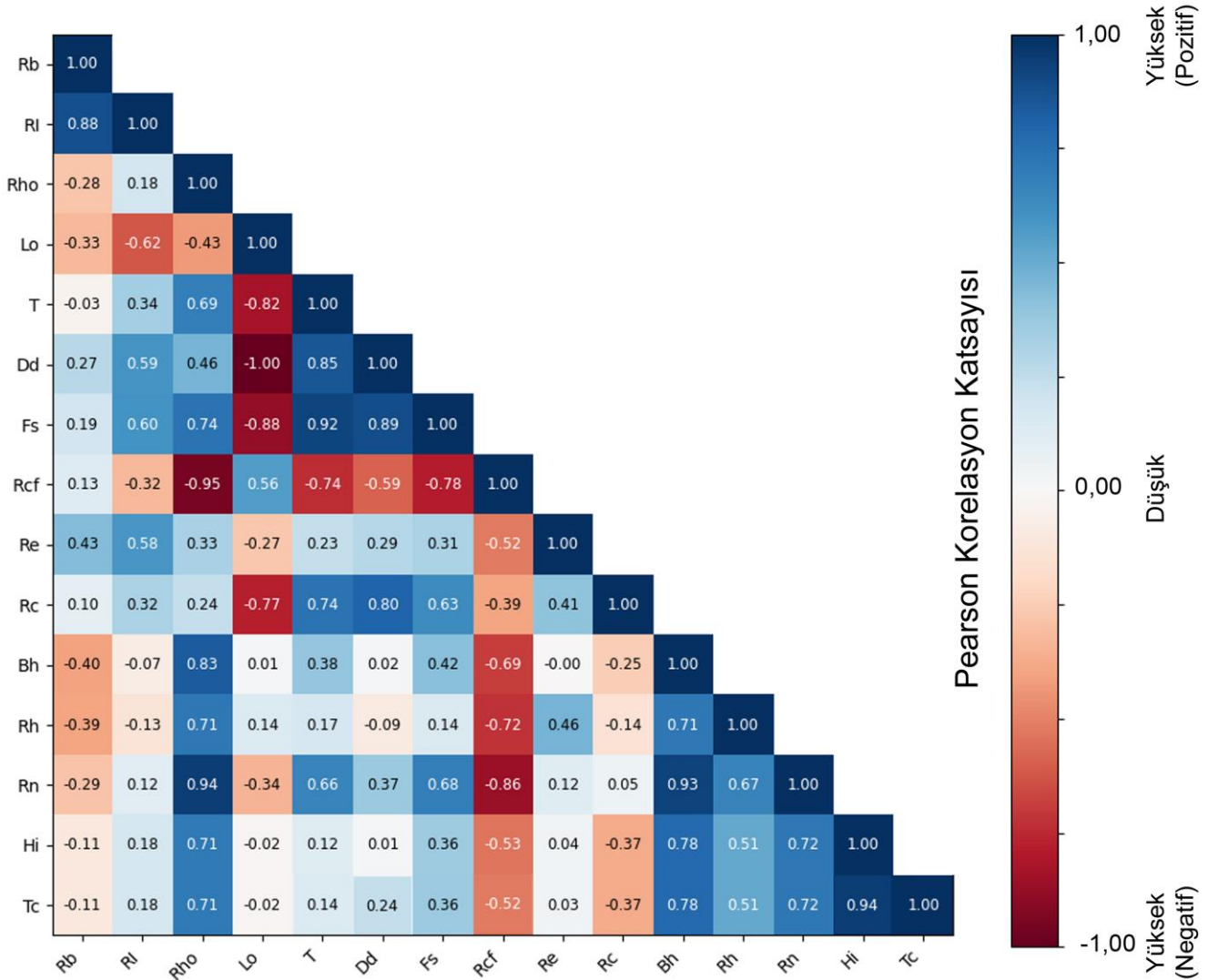
Akım Toplama Zamanı (T_c): Havzada akışa geçen yüzeysel suyun havzanın memba kısmından, mansap kısmına ya da ana akarsu yatağına ulaşınca kadar geçen süreyi ortaya koymaktadır (Kirpich, 1940; Özdemir, 2011). Alt havzaların T_c ortalaması 0,185’tir. En yüksek T_c değerine 0,251 ile 2 no’lu alt havza en düşük T_c değerine 0,106 ile 1 no’lu havza sahiptir. Veriler 1 no’lu havzada suyun daha hızlı şekilde akışa geçtiğini ortaya koymaktadır.

3.2. Korelasyon Analizi

Çalışmada her bir morfometrik indis sonucunun ikili ilişkisel analizi Pearson Korelasyon Analizi ile incelenmiştir (Şekil 5). Elde edilen ilişki diyagramına göre Tc-Hi Rn-Rho, Rn-Bh, Fs-T, Fs-Dd, Rb-Rı arasında yüksek düzeyde pozitif yönlü korelasyon olduğu saptanmıştır. Verilere göre Dd-Lo, Rcf-Rho, Fs-Lo, Rn-Rcf arasında da yüksek düzeyde negatif yönlü ilişki

bulunmaktadır. Rb-T, Rı-Bh, Bh-Lo, Hi-Lo, Bh-Dd, Hi-Dd, Re-Bh ve Rn-Rc indisleri arasında ise taşkın morфомeterisi etkileşimi açısından düşük düzeyde korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen

korelasyon bulgularının örneklem sayısının ve güven aralıklarının düşük olması bu çalışmanın sınırlılık kapsamında ele alınmıştır. Dolayısıyla sonuçların hata payı içerdiği belirtilmektedir.



Şekil 5: Çalışmada kullanılan morфомetrik indislerin arasındaki korelasyon düzeyleri

3.3. Morфомetrik İndislerle Alt Havza Tabanlı Taşkın Önceliklendirmesi

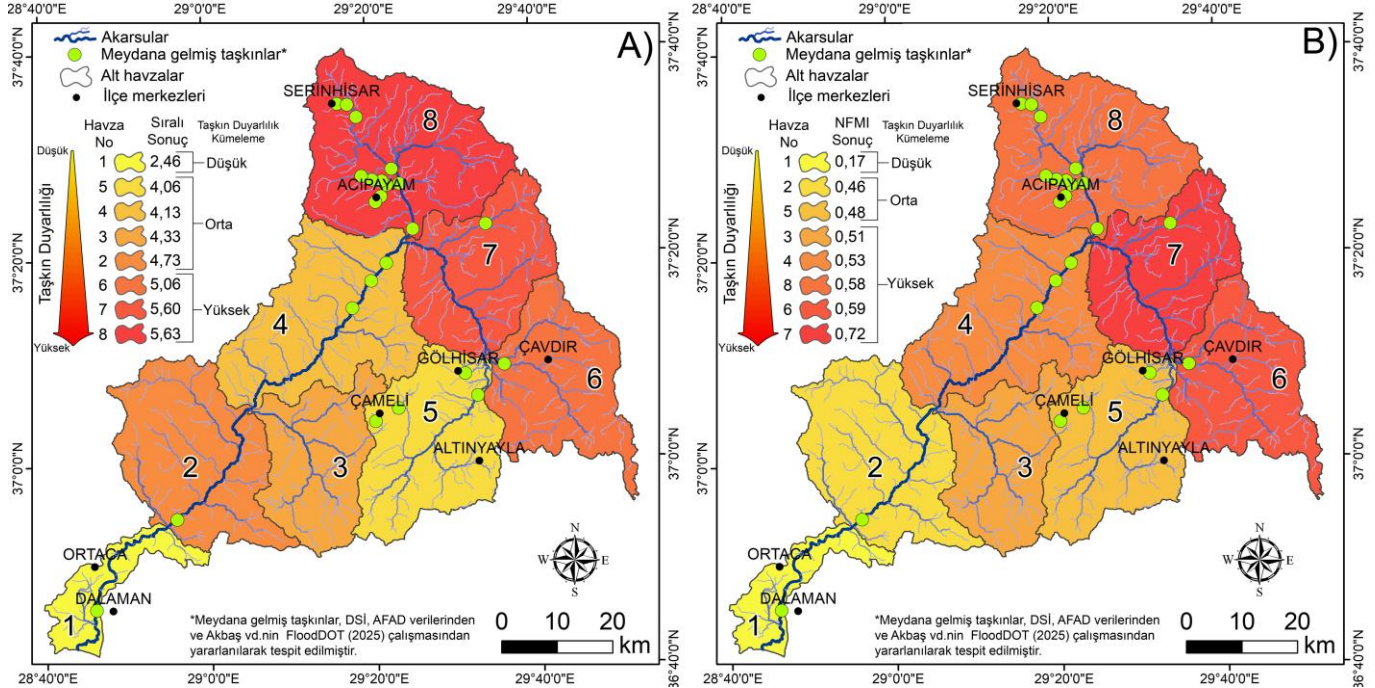
Dalaman Çayı alt havzalarına uygulanan morфомetrik indis sonuçları sıralama yöntemi ve NFMI yöntemi ile taşkın duyarlılığı açısından analiz edilmiştir. Sıralama yöntemine göre önceliklendirme işleminde morфомetrik analiz sonuçları 1-8 arasında sıralama değeri almaktadır (Şekil 6). En yüksek değer taşkın duyarlılığında ilk öncelik kapsamında değerlendirilmiştir. Her bir havzanın morфомetrik verilerinin taşkın duyarlılığı açısından ortalama değeri genel taşkın önceliği olarak ele alınmıştır. Daha sonra doğal kırılım yöntemi ile alt havza taşkın duyarlılığı açısından düşük, orta ve yüksek düzey kapsamında 3 kümeleme sınıfına ayrılmıştır. Sıralama yöntemi ile yapılan analiz sonuçlarına göre alt havzaların tamamının ortalama taşkın duyarlılık değeri 4,45 olarak hesaplanmıştır.

Sıralama yöntemi göre en yüksek sonuç değerine sahip ve öncelik açısından ilk sırada yer alan alt havza 8 no'lu (5,63) iken en düşük sonuç değerine sahip 1 no'lu (2,46) alt havza duyarlılık kapsamında son sırada yer almaktadır (Şekil 6). Morфомetrik analizlere dayalı sıralama yöntemi kullanılarak yapılan taşkın analizi önceliklendirmesi yüksek, orta ve düşük olarak 3 sınıf kapsamında da değerlendirilmiştir. Katsayı değerlerinin doğal kırılım yöntemi ile yapılan kategorik ayrımına göre taşkın duyarlılığı düşük olan bir alt havza (1 no'lu), orta düzeyde dört alt havza (5, 4, 3 ve 2 no'lu havzalar) ve yüksek düzeyde olan 3 alt havza (6, 7 ve 8 no'lu havzalar) tespit edilmiştir (Şekil 6).

NFMI yönteminde ise normalleştirilmiş sonuç değerleri sıralanmış ve ilk olarak 8 farklı sınıfta taşkın duyarlılık önceliklendirmesi yapılmıştır. Daha sonra Özdemir & Akbaş'ın belirlediği 4 farklı kategorideki kümeleme yapılmıştır. NFMI yöntemi ile yapılan analiz sonuçlarına göre alt havzaların tamamının ortalama taşkın duyarlılık değeri 0,51 olarak hesaplanmıştır.

NFMI yöntemine göre en yüksek değere sahip olan ve taşkın duyarlılığı en yüksek olan havza 7 no'lu (0,72)

havadır (Şekil 6). NFMI yöntemi kullanılarak yapılan taşkın analizi önceliklendirmesi 4 farklı kategoride kümelenme ayırımına tabi tutulmuştur. Ancak Dalaman Çayı alt havzaların çok yüksek (0-76-1) taşkın duyarlılık kategorisinde yer alan alt havza saptanamamıştır. NFMI



Şekil 6: Dalaman Çayı alt havza tabanlı taşkın duyarlılık önceliklendirmesi A) Sıralama yöntemi B) NFMI yöntemi

DSİ, AFAD'dan envanteri ile Akbaş vd.nin (2025) çalışmasından alınan daha önce yaşanmış taşkın alanları alt havza kapsamındaki sıralı ve NFMI yöntemlerine göre yapılmış önceliklendirme sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 6). Buna göre Dalaman Çayı Havzası'nda belirtilen kaynaklara göre toplam 23 taşkın yaşanmıştır. Bu taşkınların %52'si (12 tanesi) 8 no'lu havzada meydana gelmiştir. Morfometrik indis analizleri ile sıralama yönteminin kullanılması sonucu oluşturulan alt havza önceliklendirmesinde de en yüksek taşkın duyarlılığına sahip alt havza 8 no'ludur. NFMI analizine göre yüksek taşkın duyarlılığına sahip 5 alt havza meydana gelmiş 17 taşkın sahasını barındırmaktadır. Her iki yöntemde geçmiş dönemli verilere dayanarak taşkın duyarlılık etkisinde güvenilir sonuçlar ortaya koymaktadır.

Çalışmada sıralama yöntemi ile ortaya konan alt havza kapsamlı taşkın duyarlılık önceliklendirmesi RMSE sonucu 0,347'dir. NFMI yöntemi ile modellenen taşkın duyarlılık önceliklendirmesinin RMSE sonucu 0,274 olarak hesaplanmıştır. RMSE değerlerinin 0'a yakın olması doğruluk düzeyinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. RMSE sonuçları, NFMI yönteminin sıralama yöntemine göre daha güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada özellikle yukarı çığırdaki alt havzalar ile veri noktası olarak kullanılan taşkın envanter verilerinin örtüşmesi her iki yönteminde belli oranlarda yüksek doğruluk değerine sahip olduğunu ortaya koyar.

4. Tartışma

Dalaman Çayı'nın 8 alt havzası kapsamında çizgisel, alansal ve rölyef olmak üzere 15 farklı morfometrik veri

ayırımına göre taşkın duyarlılığı düşük olan bir alt havza (1 no'lu), orta düzeyde iki alt havza (2 ve 5 no'lu havzalar) ve yüksek düzeyde olan beş alt havza (3, 4, 6, 7 ve 8 no'lu havzalar) tespit edilmiştir (Şekil 6).

üretilmiştir. Bu indis sonuçları aralarındaki ilişki düzeyi açısından Pearson Korelasyonuna tabi tutulmuştur. Pearson korelasyon analizinde R_n - R_{ho} , F_s - D_d ve R_b - R_i indisleri arasında saptanan yüksek düzeyde pozitif ilişkiler, havzanın drenaj karakteristiği ile topoğrafik koşullar arasındaki morfometrik uyumu göstermektedir. Benzer şekilde Mohammed vd. (2025) ile Shekar & Mathew (2024) tarafından yapılan çalışmalarda da alt havzalar arasında bu tür pozitif korelasyonların taşkın duyarlılığıyla doğrudan ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Shekar & Mathew 2024; Mohammed vd. 2025).

Bu çalışmada Dalaman Çayı'nın 8 alt havzası kapsamında yürütülen morfometrik analizler sıralama ve NFMI yöntemleri temelli taşkın duyarlılık modellemeleri, literatürdeki benzer araştırmalarla karşılaştırıldığında uyumlu sonuçlar ortaya koymuştur (Utlı & Özdemir, 2018; Duta, 2023; Ahmed vd., 2023; Nişancı vd., 2024). Özellikle havzanın yukarı çıkırında yer alan alt havzaların yüksek taşkın duyarlılığı göstermesi, eğim, yükselti ve drenaj yoğunluğu parametrelerinin taşkın oluşumundaki belirleyici etkisini doğrulamaktadır (Utlı & Özdemir, 2018; Obeidat vd., 2021; Özdemir & Akbaş, 2023; Utlı vd., 2025). Ayrıca DSİ, AFAD gibi kurumlardan alınan daha önce meydana gelmiş taşkın verilerinin dağılışının yoğun olduğu havzalar ile öncelik kapsamı ilk sırada olan 8 no'lu havzanın örtüşmesi de bu durumu doğrulamaktadır.

CBS ile hızlı ve karşılaştırılabilir veriler ortaya koyan önceliklendirme sonuçları taşkın duyarlılık çalışmalarında oldukça üretken veriler ortaya koymaktadır (Saikh & Mondal, 2023; Sen & Das, 2025). Bu durum, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre çalışan morfometrik veriler ve çok değişkenli algoritmalarının taşkın duyarlılık analizlerinde klasik

istatistiksel yöntemlere göre daha güvenilir çıktılar sağlayabileceğini göstermektedir (Chapi vd., 2017; Costache vd., 2020; Özdemir & Akbaş, 2023; Arora vd., 2025; Utlu vd., 2025). Önceliklendirme analizlerindeki kantitatif bulgular ile meydana gelmiş taşkınların aynı alt havzada yoğunlaşması bu durumu kanıtlamaktadır. Ancak Dalaman Çayı Havzası genelinde orta ve alt havza kapsamında önceliklendirmenin bazı dezavantajları olduğu da bilinmektedir. Bu bakımdan özellikle taşkını etkileyen doğal ve antropojenik faktörlerin aşağı havzalardaki duyarlılık düzeyinde rol oynayabildiği de belirtilmelidir. Bu bakımdan çalışma sahasının jeolojik ve jeomorfolojik çeşitliliği, rölyef oranı ve hipsometrik integral değerlerinin farklı alt havzalarda değişkenlik göstermesine neden olmuş, bu durum özellikle 6, 7 ve 8 numaralı alt havzalarda yüksek taşkın duyarlılığı olarak yansımıştır. Bu bulgu, Farhan vd. (2017) ve Mahala (2020) tarafından farklı morfoklimatik ortamlarda yapılan analizlerle örtüşmektedir (Farhan vd., 2017; Mahala, 2020). Ancak unutulmamalıdır ki havzanın litolojik özellikleri (özellikle karstik formasyonlar ve geçirgen birimlerin dağılımı), yüzeysel akışın mekânsal dağılımını etkileyerek taşkın duyarlılığı üzerinde dolaylı bir etki oluşturmaktadır (Aksit, 2025; AlRifai vd., 2025). Belirtilen durumu yapay zeka yöntemleri kullanılarak daha yüksek çözünürlüklü ve daha fazla parametreleri ele alan çalışmalarında yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Papaioannou vd., 2015; Dahri vd., 2022; Wu vd., 2024; Soomro vd., 2025).

Dalaman Çayı Havzası, DSİ'nin oluşturduğu 25 ana su havzası kapsamındaki Batı Akdeniz Havzası içerisinde yer almaktadır. Bu sahada ve yakın çevresinde yer alan bazı akarsu havzalarındaki taşkın analizleri ile bu çalışmadaki bulgulara karşılaştırılmıştır. Bu bakımdan Eşen Çayı Havzası kapsamında yapılan taşkın riski değerlendirmesi sonucuna göre havzanın orta ve aşağı çığırındaki Seydikemer-Eşen arası yüksek taşkın duyarlılığına sahiptir (Karakoca & Ünver, 2025). Bu durum Dalaman Çayı Havzası'nda ise 2 no'lu havzada gözlemlenmektedir. Dolayısıyla havzaların kendi içerisindeki jeomorfolojik, morfometrik farklılıkları taşkın duyarlılığı dağılımını etkilemektedir. Bu da ana su havzaları dışında alt havza tabanlı ya da mekânsal tabanlı taşkın analizlerin daha doğru çıkarımlar yapabileceğini ortaya koymaktadır. Akdeniz Bölgesi içerisinde yer alan Aksu Çayı Havzası taşkın analizinde ise havzanın aşağı çığırı dışında yukarı çığırındaki oluklarda da riskin olduğu belirtilmiştir (Tokgozlu & Özkan, 2018). Namnam Çayı Havzası'nda ise taşkın açısından yüksek riskli alanların Köyceğiz Gölü'ne yakın sahalar ve ana akarsu vadilerinde olduğunu yapılan çalışma ile ortaya konmuştur (Utlu & Ekinci, 2015). Belirtilen çalışmaların tamamı ana akarsu vadisi ile havzaların aşağı, orta ve yukarı çığırlarında geniş tabanlı düzlük alanlarında belli risklerin olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer durum da Dalaman Çayı Havzası yukarı çığırında bulunan alt havzalardaki geniş alüvyal düzlükler ve ovaların taşkın duyarlılığına açık olduğunu ortaya koyar. Bu durum morfometrik indislerle yapılan her iki yöntemdeki taşkın duyarlılık önceliklendirme sonuçlarında da ortaya çıkmıştır.

5. Sonuç

Bu çalışmada Dalaman Çayı'nın oluşturan 8 alt havza kapsamında morfometrik analizlere dayalı olarak sırlama ve NFMI yöntemleri ile taşkın duyarlılığı önceliklendirmesi yapılmıştır. Araştırma 8 alt havzaya 15 farklı morfometrik indis uygulanmış, daha sonra kantitatif sonuçlar Pearson Korelasyon katsayısına tabi tutulmuştur. Morfometrik analizler, havzanın jeomorfolojik gelişim sürecinin farklı aşamalarında olduğunu ve alt havzalar arasında belirgin rölyef, drenaj yoğunluğu ve hipsometrik integral farklılıkları bulunduğunu ortaya koymuştur. Belirtilen istatistiki bulgular hem kantitatif sırlama hem de NFMI yöntemleri ile taşkın duyarlılığı açısından analiz edilmiştir. Morfometrik indis sırlama yöntemine göre 1 no'lu havza en düşük duyarlılığa sahipken Dalaman Çayı'nın yukarı çığırındaki 3 alt havza (6, 7 ve 8 no'lu havzalar) yüksek düzeyde duyarlılığa ihtiva etmektedir. NFMI yöntemine göre de 1 no'lu havza en düşük 6, 7 ve 8 no'lu havzalar en yüksek taşkın duyarlılığı önceliklendirmesine sahiptir. Dalaman Çayı Havzası'nda meydana gelmiş taşkınların yoğunlaştığı alan 8 no'lu alt havzadır. Taşkın duyarlılığının havzanın yukarı çığırında yoğunlaşmış olmasında eğim değerlerinin yüksek, geçirimsiz litolojik birimlerin hâkim olması, bazı alanlarda geniş alüvyal düzlüklerin bulunması ve konsektant akarsulardan belli dönem yoğun akışların ana akarsuya deşarj olması etki etmektedir. Elde edilen sonuçlar, fiziksel coğrafya tabanlı morfometrik parametreler ile çok değişkenli istatistiksel analizlerin entegrasyonunun, havza bazlı taşkın yönetimi ve risk azaltılması çalışmalarında etkin bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, Dalaman Çayı Havzası özelinde yapılan analizlerle Türkiye'deki diğer havzalarda yürütülecek taşkın duyarlılık modellemeleri için metodolojik bir örneklem sunmaktadır. Daha fazla alt havza kapsamında farklı indisler üzerinden yapılacak analiz sonuçlarının özellikle farklı jeo-istatistiksel analizler ile entegre modellemelerde kullanılması daha detaylı bulguların ortaya konabileceğini de göstermektedir. Ayrıca morfometrik parametrelerin gelecekte yağış verileri, arazi kullanımı ve hidrolojik değişkenlerle birlikte değerlendirilmesi, taşkın risk analizlerinin mekânsal ve zamansal doğruluğunu da artıracaktır.

Yazarların Katkısı

S. Murat UZUN: Kavramsallaştırma, metodoloji, veri analizi, metin yazma, görselleştirme, inceleme ve düzenleme. **Kadir TATLIDİL:** Literatür tarama, veri toplama, veri analizi, taslak hazırlama ve yazma

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynakça

- Abdelgawad, A.G., Helal, E., Sobeih, M.F. Elsayed, H. (2024). Flood hazard mapping using a GIS-based morphometric analysis approach in arid regions, a case study in the Red Sea Region, Egypt. *Appl Water Sci* 14, 81 (2024). <https://doi.org/10.1007/s13201-024-02130-5>
- Ahmed, A., Al Maliki, A., Hashim, B. vd., (2023). Flood susceptibility mapping utilizing the integration of geospatial and multivariate statistical analysis, Erbil area in Northern Iraq as a case study. *Sci Rep* 13, 11919 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39290-4>
- Akbaş, A., Görüm, T., & Özdemir, H. (2025). Türkiye’de Taşkınların FloodDOT Tabanlı İncelenmesi ve Farklı Veri Kaynaklarının Mekânsal Karşılaştırılması. *Turkish Journal of Civil Engineering*, 36(6). <https://doi.org/10.18400/tjce.1618212>
- Akşit, S. (2025). Doğal Ortam Koşullarının Akarsuların Su Kalitesi Üzerine Etkileri: Yukarı Dalaman Çayı Havzası Örneği. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (70), 345-360. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1611955>
- AlRifai, M. H., Kafy, A. A., & Altuwaijri, H. A. (2025). Quantitative Assessment of Flood Risk Through Multi Parameter Morphometric Analysis and GeoAI: A GIS-Based Study of Wadi Ranuna Basin in Saudi Arabia. *Water*, 17(14), 2108. <https://doi.org/10.3390/w17142108>
- Al-Ruzouq, R., Shanableh, A., Jena, R., Gibril, M., Hammouri, N., & Lamghari, F. (2024). Flood susceptibility mapping using a novel integration of multi-temporal sentinel-1 data and eXtreme deep learning model. *Geoscience Frontiers*, 15(3). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101780>
- Arora, A., Durga G, P., Pandey, M. Arabameri, A. (2025) Machine learning model optimization for flood susceptibility zonation over the Kosi megafan, Himalayan foreland basin, India. *Sci Rep* 15, 32757 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-07403-w>
- Arabameri, A. Saha, S. Mukherjee, K. Blaschke, T. Chen, W. Ngo, P.T.T. Band, S.S. (2020). Modeling Spatial Flood using Novel Ensemble Artificial Intelligence Approaches in Northern Iran. *Remote Sens.* 2020, 12, 3423. <https://doi.org/10.3390/rs12203423>
- Avcı, V. & Sunkar, M. (2015). Giresun’da sel ve taşkın oluşumuna neden olan aksu çayı ve batlama deresi havzalarının morfometrik analizleri. *İstanbul Üniv. Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 30, 91-119.
- Bhattarai, Y., Duwal, S., Sharma, S., & Talchabhadelc, R. (2024). Leveraging machine learning and open-source spatial datasets to enhance flood susceptibility mapping in transboundary river basin. *International Journal of Digital Earth*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2313857>
- Bogale, A. (2021). Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System in Gilgel Abay Watershed, Lake Tana Basin, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 11(122). <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01447-9>
- Chapi, K., Singh, V. P., Shirzadi, A., Shahabi, H., Bui, D. T., Pham, B. T., & Khosravi, K. (2017). A novel hybrid artificial intelligence approach for flood susceptibility assessment. *Environmental Modelling & Software*, 95, 229-245. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.012>
- CRED. (2025). (Université catholique de Louvain (UCLouvain).) Eylül 19, 2025 tarihinde EM-DAT: The international disaster database: <https://www.emdat.be/> adresinden alındı
- Costache, R., Pham, Q.B., Sharifi, E., Linh, N.T.T., Abba, S.I., Vojtek, M., Vojtekov’a, J., Nhi, P.T.T., Khoi, D.N., (2020). Flash-flood susceptibility assessment using multicriteria decision making and machine learning supported by remote sensing and GIS techniques. *Remote Sens.* 12, 106. <https://doi.org/10.3390/rs12010106>
- Dahri, N., Yousfi, R., Bouamrane, A., Abida, H., Pham, Q.B. and Derdous, O. (2022). Comparison of analytic network process and artificial neural network models for flash flood susceptibility assessment, *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 193, 104576, doi: 10.1016/j.jafrearsci.2022.104576.
- Danacıoğlu, Ş., & Öz N., M. (2025). Tahtalı Barajı Havzasında bulanık mantık yöntemi ile taşkın risk analizi. *Journal of Anatolian Geography*, 2(1), s. 82-89.
- Derakhshani, R., Zaresefat, M., Nikpeyman, V., GhasemiNejad, A., Shafieibafti, S., Rashidi, A., Nemati, M., & Raoof, A. (2023). Machine Learning-Based Assessment of Watershed Morphometry in Makran. *Land*, 12(4), 776. <https://doi.org/10.3390/land12040776>
- Devlin, S. Susan J. Gnanadesikan, R. Kettenring J.R. (1975). Robust estimation and outlier detection with correlation coefficients. *Biometrika*. 62 (3): 531-545. <https://doi.org/10.1093/biomet/62.3.531>
- Dutal, H. (2023). Using morphometric analysis for assessment of flash flood susceptibility in the Mediterranean region of Turkey. *Environ Monit Assess* 195, 582 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11201-0>
- Elbaşı, E., & Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi. *Journal of Geography*(36), 63-84. <http://dx.doi.org/10.26650/JGEOG418790>
- Erten, A & Gürbüz A., (2018). Dalaman Çayı Drenaj Havzasının Morfometrik İndisler Kullanarak Hidrolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2018), 18-21 Eylül 2018, Eskişehir
- Esen, F. (2022). Ayancık Çayı Havzası’nda (Sinop) meydana gelen taşkın olaylarının havza morfometrisi açısından değerlendirilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 47, 233-257. <http://dx.doi.org/10.32003/igge.1126933>

- Evans, I. S. (1972). General Geomorphometry, Derivatives of Altitude, and Descriptive Statistics. *Spatial Analysis in Geomorphology*, 9, 17–90.
- Farhan, Y., Anbar, A., Al-Shaikh, N., Mousa, R., (2017). Prioritization of Semi-Arid Agricultural Watershed Using Morphometric and Principal Component Analysis, Remote Sensing, and GIS Techniques, the Zerqa River Watershed, Northern Jordan. *Agric. Sci.* 08, 113–148. <https://doi.org/10.4236/as.2017.81009>.
- Ghasemlouni, R., & Utlu, M., (2021). Flood prioritization of basins based on geomorphometric properties using principal component analysis, morphometric analysis and Redvan's priority methods: A case study of Harsit River basin, *Journal of Hydrology* 603 (2021) 127061, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127061>
- Gregory, K., & Walling, D. (2010). The Variation Of Drainage Density Within A Catchment. *International Association of Scientific Hydrology*, 13(2), s. 61-68. <https://doi.org/10.1080/02626666809493583>
- Horton, R. E. (1945). Erosional Development Of Streams And Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach To Quantitative Morphology. *Bull Geologocal Soc Am* 56, 275- 370.
- Joy, M., Upaul, S., Fatema, K., & Amin, F. (2023). Application of GIS and remote sensing in morphometric analysis of river basin at the south-western part of great Ganges delta, Bangladesh Open Access. *Hydrology Research*, 54(6), s. 739-755. <https://doi.org/10.2166/nh.2023.087>
- Karakoca, E., & Ünver, A. (2025). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak Eşen Çayı Havzası'nda taşkın riski değerlendirmesi ve haritalandırılması. *Geomatik*, 10(1), 127-143. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1542251>
- Kaya M., Ç. (2022). Taşkın Duyarlılık Haritalarının Oluşturulmasında Kullanılan Yöntemler. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*. <https://doi.org/10.48123/rsgis.1129606>
- Keskin, M.E., Taylan, E.D., Aydın, T., (2015). Dalaman Çayı Akımlarının Yıllık Zaman Serileri İle Modellenmesi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi, 573-581, Şanlıurfa.
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*, 10(6), 362.
- Kollias, D. I., Bathrellos, G. D., Skilodimou, H. D., & Ahmad, M. N. (2025). Morphometric and morphotectonic parameters in flood studies and flood hazard assessment: A literature review. *Zeitschrift für Geomorphologie*. <https://doi.org/10.1127/zfg/0834>
- Kuşçu, İ., & Özdemir, H. (2023). Taşkın duyarlılık analizinde kullanılan parametreler üzerine bir değerlendirme. *Türk Coğrafya Dergisi* (84), 67-83. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/82331/1345962>
- Liu, J., Feng, S., Gu, X., Zhang, Y., Beck, H. E., Zhang, J., & Yan, S. (2022). Global changes in floods and their drivers. *Journal of Hydrology*, 614, 128553. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128553>
- Liu Q, Du M, Wang Y, Deng J, Yan W, Qin C, Liu M, Liu J (2024). Global, regional and national trends and impacts of natural floods, 1990-2022. *Bull World Health Organ.* 1;102(6):410-420. <https://doi.org/10.2471/BLT.23.290243>.
- Luppichini, M., Capolongo, D., Scardino, G., Scicchitano, G., & Bini, M. (2025). Artificial Intelligence in Geomorphology: A Bibliometric Analysis of Trends, Techniques, and Global Research Patterns. *Geosciences*, 15(9), 331. <https://doi.org/10.3390/geosciences15090331>
- Mahala, A., (2020). The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. *Appl. Water Sci.* 10, 33. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1118-2>.
- Mani, A., Kumari, M., & Badola, R. (2022). Morphometric analysis of Suswa River Basin using geospatial techniques. *Engineering Proceedings*, 27(1). <https://doi.org/10.3390/ecsa-9-13225>
- Melton, M.A. (1957). An analysis of the relations among elements of climate, Surface properties and geomorphology, Project NR 389042, Tech. Rep. 11, Columbia University
- Merz, B., Blöschl, G., Vorogushyn, S., Dottori, F., Aets, J., Bates, P., Bertola, M., vd., (2021) Causes, impacts and patterns of disastrous river floods. *Nat Rev Earth Environ* 2, 592–609 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00195-3>
- Miller, V. C. (1953). A Quantitative Geomorphic Study Of Drainage Basin Characteristics In The Clinch Mountain Area, Virginia And Tennessee, Technical Report no: 3, Department of Geology, Columbia University, New York, USA.
- Mishra, A.K., & Rai, S.C., (2020). Geo-hydrological inferences through morphometric aspects of the Himalayan glacial-fed river: a case study of the Madhyamaheshwar River basin. *Arab. J. Geosci.* 13, 533. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05571-9>.
- Mohammed, J. A., Yimam, Z. A., Addissu, S., Endris, A., Haile, B., Ali, A., Tsegaye, S., Shitu, K. & Mohammed Y., (2025) Identification and prioritization of flood-prone sub-watersheds using morphometric analysis and remote sensing in the Beshilo Sub-basin, Ethiopia, *Geocarto International*, 40:1, 2526503, <https://doi.org/10.1080/10106049.2025.2526503>
- Nişancı, G. Ş., Cihangir, M. E., & Küçükönder, M. (2024). Türkiye'de Ana Akarsu Havzaları Ölçeğinde Morfometrik İndislerle Sel/Taşkın Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 29(51), 13-40. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.1461010>
- Obeidat, M., Awawdeh, M., & Al-Hantouli, F. (2021). Morphometric analysis and prioritisation of watersheds for flood risk management in Wadi Easal Basin (WEB), Jordan, using geospatial technologies. *Journal of Flood Risk*, 14(2). doi:<https://doi.org/10.1111/jfr3.12711>
- Ocak, F., Bahadır, M., & Aylar, F. (2021). Bakacak Deresi Havzası'nın (Samsun) Coğrafi Analizi ve Taşkın Duyarlılığı. *Mavi Atlas*, 9(2), 61-81. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.981217>
- Özdemir, H. (2011). Havza Morfometrisi ve Taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve*

- Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları (5), s. 507-526.
- Özdemir, H., & Akbaş, A. (2023). Is there a consistency in basin morphometry and hydrodynamic modelling results in terms of the flood generation potential of basins? A case study from the Ulus River Basin (Türkiye). *Journal of Hydrology*, 625:129926. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129926>
- Papaioannou, G., Vasiliades, L., Loukas, A., (2015). Multi-Criteria Analysis Framework for Potential Flood Prone Areas Mapping. *Water Resour. Manag.* 29, 399–418. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0817-6>.
- Paul, A., (2025). Artificial neural networks for flood susceptibility analysis in Gangarampur sub-division of Dakshin Dinajpur, West Bengal, India. *Frontiers in Engineering and Built Environment*, 5 (1): 1–21. <https://doi.org/10.1108/FEBE-09-2024-0061>
- Pike, R., Evans, I., Hengl, T. (2009). *Geomorphometry: A Brief Guide*. *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications* (pp. 3-30), Amsterdam: Elsevier.
- Rai, P.K., Singh, P., Mishra, V.N., Singh, A., Sajan, B., Shahi, A.P., (2020). Geospatial approach for quantitative drainage morphometric analysis of varuna river basin. *India. J. Landsc. Ecol. Republic* 12, 1–25. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2019-0007>.
- Rajasekhar, M., Raju, G. S., & Raju, R. S. (2020). Morphometric analysis of the Jilledubanderu river basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India, using geospatial technologies. *Groundwater for Sustainable Development*, 11, 100434.
- Ratnam, N., Srivastava, Y., Venkateswara Rao, V., Amminedu, E., & Murthy, K. (2005). Check dam positioning by prioritization of micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis — Remote sensing and GIS perspective. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33, s. 25-38. <https://doi.org/10.1007/BF02989988>
- Saikh, N., & Mondal, P. (2023). GIS-based machine learning algorithm for flood susceptibility analysis in the Pagla river basin, Eastern India. *Natural Hazards Research*, 3(3), s. 420-436. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.05.004>
- Schumm, S. A. (1956). *Evolution Of Drainage Systems And Slopes In Badlands At Perth Amboy, New Jersey*. *Geological. Soc. Am. Bul.* 67, 597-646.
- Sen, D., & Das, S. (2025). Flood Susceptibility Assessment in the Teesta River Basin, India: An Advanced Geospatial Artificial Intelligence Approach Leveraging Spatial Data Augmentation. *SN COMPUT. SCI.* 6, 368 (2025). <https://doi.org/10.1007/s42979-025-03836-2>
- Seth, S. M., Ramasastri K. S., Rao, V. N. (1998). Representative Basin Studies: Morphometric Analysis of Suddagedda Basin, Andhra Pradesh, National Institute of Hydrology Jal Vigyan, 1-28.
- Shekar, P. R. Mathew, A. Arun P. S., Gopi V. P. (2023). Sub-watershed prioritization using morphometric analysis, principal component analysis, hypsometric analysis, land use/land cover analysis, and machine learning approaches in the Peddavagu River Basin, India. *Journal of Water and Climate Change* 14 (7): 2055–2084. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.221>
- Shekar, P., & Mathew, A. (2024). Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques. *Watershed Ecology and the Environment*, 6, s. 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>
- Soomro, S., Wei, H., Boota, M. W., Soomro, N.-E., Faisal, M., Nazli, S., sarwari, S., Shi, X., Hu, C., Guo, J., & Li, Y. (2025). River basin urban flood resilience: A multi-dimensional framework for risk mitigation to adaptive management and ecosystem protection under changing climate. *Ecological Informatics*, 91, 103412. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2025.103412>
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) Analysis of Erosional Topography, *Geological Society of America Bulletin* 63, 1117-1142.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans American Geophysical Union* 38, 913-920.
- Strahler, A. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. In: Chow, V., Ed., *Handbook of Applied Hydrology*. New York.
- Şenel, M. (2007). Likya naplarının özellikleri ve evrimi. *Menderes Masifi Kolokyumu, Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı*, İzmir, 51-55.
- 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>
- Tokgözlü, A., & Özkan, E. (2018). Taşkın Risk Haritalarında AHP Yönteminin Uygulanması: Aksu Çayı Havzası Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*(44), 151-176.
- Utlü, M., & Ekinci, D. (2015). Namnam Çayı Havzasının (Muğla) Uygulamalı Hidrografyası. *Journal of Geography*(30), 38-60.
- Utlü, M., & Özdemir, H. (2018). Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği. *Journal of Geography*(36), 49-62. <https://doi.org/10.26650/JGEOG408101>
- Utlü M., Toprak A., Özdemir H. (2012). Köyceğiz Gölü Kuzey Havzalarının Jeomorfometrik Analizlere Bağlı Değerlendirilmesi, III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Hatay.
- Utlü, M. & Ghasemlounia, R. (2021) Flood Prioritization Watersheds of the Aras River, Based on Geomorphometric Properties: Case Study Iğdır Province, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches*, 2021 (6): 21-40 doi: 10.46453/jader.781152
- Utlü, M., Ghasemlounia, R., & Demirebilek, S. (2025). Flood Susceptibility Mapping in the İskenderun Gulf Basins (Türkiye) Using Morphometric and Multivariate Techniques. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*(15), 170-188. <https://doi.org/10.46453/jader.1790383>
- Uzun, M., (2019). Evaluation of fluvial processes and formation of drainage network with morphometric indices in Dilderesi Basin (Kocaeli). *International Journal of Geography and Geography Education*

- (IGGE), 40, 454-477.
<https://doi.org/10.32003/iggei.573354>
- Uzun, M. (2021). İnegöl Havzasında Drenaj Ağı Gelişimi ve Flüvyal Süreçlerin Morfometrik Analizlerle İncelenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30(1), 85-106.
<https://doi.org/10.51800/ecd.906685>
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied Geomorphology Geomorphological Surveys for Environmental Development*, Elsevier Science Publishing Company Inc., New York.
- Waiyasusri, K., & Chotpantarat, S., (2020). Watershed prioritization of kaeng lawa subwatershed, khon kaen province using the morphometric and land-use analysis: A case study of heavy flooding caused by tropical storm podul. *Water (Switzerland)* 12. <https://doi.org/10.3390/W12061570>
- Wu, Y. Zhang, Z. Qi, X. Hu, W., Si, S. (2024) Prediction of flood sensitivity based on Logistic Regression, eXtreme Gradient Boosting, and Random Forest modeling methods. *Water Sci Technol*, 89 (10): 2605–2624. <https://doi.org/10.2166/wst.2024.146>
- Yurddaş, K., & Karabulut, M. (2025). Gediz Havzası morfometrik özelliklerinin sel üretme potansiyeli açısından değerlendirilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education*(55), 151-173. <https://doi.org/10.32003/igge.1609570>



© Author(s) 2025.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>