

To Cite This Article: Yurddaş, K., & Karabulut, M. (2025). Gediz Havzası Morfometrik Özelliklerinin Sel Üretme Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 55, 151-173. <https://doi.org/10.32003/igge.1609570>

Gediz Havzası Morfometrik Özelliklerinin Sel Üretme Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi*

The Evaluation of Morphometric Characteristics of the Gediz Basin in Terms of Flood Generation Potential

Kemal YURDDAŞ^{ID}, Murat KARABULUT^{ID}

Öz

Sel, diğer afetlere göre daha öngörülebilir ve kontrol edilebilir bir yapıya sahiptir. Bu nedenle sel olaylarının önceden tahmin edilmesine yönelik yapılan mekânsal ve hidrodinamik çalışmalar bu afetle mücadelede önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada, morfometrik yöntemler kullanılarak Gediz Havzası'nın sel üretme potansiyelinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Gediz Havzası ve alt havzaları için Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinden morfometrik indisler ayrı ayrı hesaplanmış, elde edilen sonuçlar arasında karşılaştırmalar yapılarak, havzanın sel üretme potansiyeli ortaya konmuştur. Bu kapsamda, alt havzalar özelinde elde edilen veriler Gediz Havzası'nın tamamına dair sel duyarlılığı değerlendirmesinin daha doğru ve detaylı bir biçimde yapılmasına imkân tanımıştır. Bu yöntemle, sel üretme potansiyeli yüksek alanların tespiti ve yönetimi açısından kritik öneme sahip yeni bilgiler elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, Gediz Havzası'nın sel üretme potansiyeline sahip olduğu, alt havzalar karşılaştırıldığında ise Yukarı Gediz Alt Havzası'nın diğer alt havzalara oranla daha yüksek sel üretme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sel; Morfometri; Havza; Gediz; CBS

Abstract

Floods, compared to other natural disasters, have a more predictable and controllable nature. Therefore, spatial and hydrodynamic studies aimed at forecasting flood events play a significant role in managing and mitigating the impacts of this hazard. This study aims to evaluate the flood generation potential of the Gediz Basin using morphometric methods. Morphometric parameters were calculated separately for the Gediz Basin and its sub-basins, and comparisons were made between the results to identify the flood generation potential of the basin. In this context, the data obtained for individual sub-basins allowed for a more accurate and detailed assessment of the flood risk across the entire Gediz Basin. Through this method, critical new insights were gained regarding the identification and management of areas with high flood generation potential. The study results indicate that the Gediz Basin has significant flood generation potential. Among the sub-basins, the Upper Gediz Sub-basin was found to have a higher flood generation potential compared to other sub-basins.

Keywords: Flood; Morphometry; Basin; Gediz; GIS

* Bu çalışma, birinci yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

Sorumlu Yazar: Öğr. Gör., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, ✉ kemal.yurddas@cbu.edu.tr

1. GİRİŞ

Meteorolojik kökenli afetler, gerçekleşme sıklığı ve miktarı bakımından tüm doğal afetler içerisinde çoğunluğu teşkil etmektedir (Ceylan & Kömüşçü, 2008; Kadioğlu, 2012). Özellikle kentsel alanlardaki seller, iklim değişikliği, hızlı kentleşme ve eskiyen altyapı gibi sebeplerle günümüzde dünyanın en ciddi sorunlarından biri haline gelmiştir. Bununla birlikte 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %68'inin şehirlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir (United Nations, 2018). Gerekli önlemler alınmadığı takdirde bu durumun hem insanlar hem de kritik altyapı sistemleri açısından sel riskinin daha da artmasına neden olacağı düşünülmektedir (Committee, 2017).

Sel ve taşkınlar, dünya genelinde can ve mal kaybı açısından tüm doğal afetler arasında ikinci sırada, meteorolojik kökenli afetler arasında ise birinci sırada yer almaktadır (Anılan vd., 2016; Bozdoğan & Canpolat, 2024; Demir & Keskin. Bununla birlikte seller, meteorolojik afetler arasında meydana gelme sıklığı en yüksek olan afet türüdür (Cred, 2020). Meteoroloji Genel Müdürlüğü Raporu'na göre 2000-2022 yılları arasında sel olaylarında belirgin bir artış görülmüş olup, son on yıl içinde her yıl yaklaşık 100 veya daha fazla sel olayı yaşandığı ifade edilmiştir. Öyle ki, Türkiye'de sadece 2022 yılı boyunca toplam 346 sel olayı gerçekleştiği kaydedilmiştir (MGM, 2023). 1950-2022 yılları arasında meydana gelen sel ve su baskınlarının coğrafi dağılımına bakıldığında, Erzurum'un 425 olayla ilk sırada yer aldığı görülür. Erzurum'u, 315 olayla Sivas, 265 olayla Van ve 247 olayla Bitlis takip etmektedir. Buna karşın, Uşak, Kilis ve Yalova gibi şehirlerde sel ve su baskınları oldukça nadir yaşandığı görülmektedir. Türkiye genelinde, batıdan doğuya ve güneyden kuzeye gidildikçe sel ve su baskını olaylarının arttığı gözlemlenmektedir (Yurddaş, 2022). İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kayıtlarına göre, Gediz Havzası sınırları içerisinde 1940-2023 yılları arasında toplam 78 sel ve su baskını olayı meydana gelmiştir. Bu olayların 38 tanesi Manisa, 10 tanesi İzmir, 3 tanesi Uşak ve 3 tanesi de Kütahya ili sınırları içerisinde gerçekleşmiştir (AFAD, 2025). Bu durum, çalışma alanının sel afetleri açısından önemli potansiyele sahip olduğunu göstermekte ve bu bölgeye yönelik detaylı analizler ile sel potansiyelini ortaya koyacak çalışmalara ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

Sel felaketleri tahmin ve kontrol edilebilir bir doğaya sahiptir. Bu özellik selleri depremler ve volkanik patlamalar gibi diğer doğal afetlerden ayıran önemli bir özelliktir. Dolayısıyla sel olaylarının etkisini azaltmak için sel tahmini, erken uyarı sistemleri ve sel kontrol sistemleri geliştirilebilmektedir (Kron, 2003; Terante vd., 2010). Sel felaketlerine karşı mücadele edebilmek, sel olaylarının ve sonuçlarının önceden tahmin edilmesiyle mümkün olabilir. Bu tür tahminler, olası sel olayları ve sonuçları hakkında fikir vererek nasıl başa çıkılacağına dair ipuçları ortaya koyar. Ayrıca, alınabilecek önlemleri doğru olarak değerlendirmek, karar vermeyi desteklemek ve öncelikli olarak korunması gereken alanları belirlemek için kullanılabilir (De Moel vd., 2015).

Sel afet yönetimi temel olarak iki aşamada gerçekleştirilir. Bunlardan birincisi sel tahminine dayanan analizler ve değerlendirmeler, diğeri ise sürecin uygulama boyutunu oluşturan risk azaltma faaliyetleridir. Genel anlamda, sel tahminine dayanan analizler ve değerlendirmelerin amacı, riskin yüksek olduğu ve risk azaltma önlemlerinin gerekli olduğu alanları belirlemektir. Risk azaltma faaliyetleri ise, belirlenen alanlardaki riskleri azaltmak için gerekli değerlendirmeleri ve alınacak önlemleri kapsamaktadır. Bu nedenle, sel afetinin kapsamlı bir şekilde analiz edilerek tahminlerde bulunulması ve değerlendirilmesi, genel risk yönetimi çalışmalarının önemli bir parçasıdır (Meyer vd., 2009).

Yağış sonrası ortaya çıkan suyun hareket kabiliyeti ve sonucunda sel oluşturması, sahanın jeolojik ve litolojik özellikleri ile zemindeki toprağın geçirimsizlik özellikleri tarafından tayin edilmektedir. Bu faktörlerin analiz edilmesinde en çok kullanılan yöntemlerden birisi havza morfometrisinin çeşitli indisler yardımıyla tespit edilmesidir (Özdemir, 2011). Morfometrik analizler ayrıca akarsu aşındırma süreçlerinin ve havzaların tektonik geçmişinin tespit edilmesi gibi farklı çalışmalarda kullanılan, matematiksel olarak geliştirilmiş farklı indislerden müteşekkildir (Cürebil & Erginal, 2007; Karabulut vd., 2013). Bu kapsamda yapılan analizler Gravelius (1914), Horton (1945), Schumm (1956), Smith (1950), Strahler (1964) tarafından yapılan çalışmalar referans alınarak geliştirilmektedir.

Morfometri çalışmalarının geçmişi oldukça geriye gitse de son 20 yılda yapılan çalışmaların sayısı dikkate değer biçimde artmıştır (Elbaşı & Özdemir, 2018). Bu durum şüphesiz Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerinin gelişimiyle doğrudan ilişkilidir (Topuz ve Karabulut, 2016). Günümüzde morfometrik indislerin hesaplanması ve haritalandırılmasının Sayısal Yükseklik Modelleri kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri aracılığıyla yapılması bu durumu kanıtlar niteliktedir (Turoğlu, 1997; Cürebal, 2004; Cürebal & Erginal, 2007; Erginal & Cürebal, 2007; Öztürk & Erginal, 2008; Sunkar & Tonbul, 2010; Günek vd., 2013). Morfometrik indislerin CBS teknolojileri ile Uzaktan Algılama verileri üzerinden otomatik olarak hesaplanabiliyor olması, klasik yöntemlere kıyasla hız, maliyet ve doğruluk bakımından büyük avantajlar sağlamaktadır (Topuz & Karabulut, 2016; Avcı vd., 2023; Avcı & Ünsal, 2023).

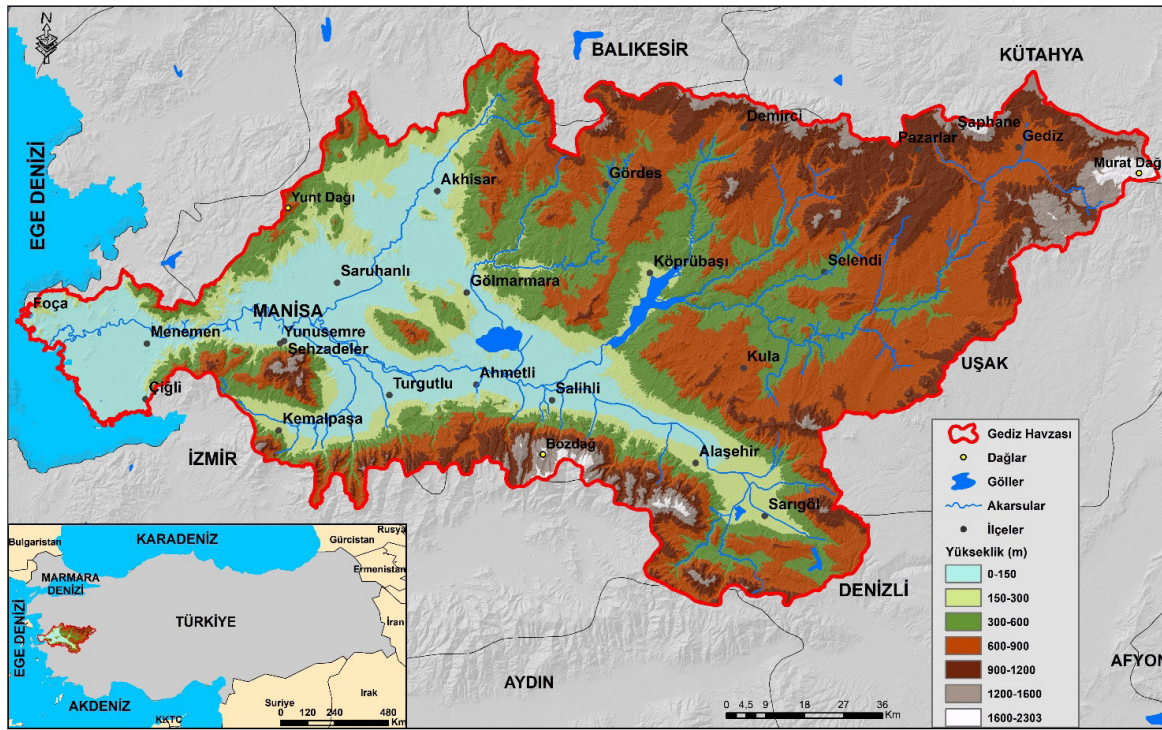
Bu çalışmanın amacı, Gediz Havzası'nda morfometrik indisler temel alınarak havzanın sel üretme potansiyelini belirlemek ve bu doğrultuda arazi kullanım planlamasına yönelik bilimsel bir çerçeve sunmaktır. Elde edilen sonuçların, yerleşim alanlarının ve kritik altyapıların sele duyarlı bölgelerden uzak tutulmasına yönelik karar alma süreçlerine rehberlik etmesi hedeflenmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Gediz Havzası, Türkiye'nin Batı Anadolu bölgesinde yer alan 17.500 km² yüzölçümüne sahip önemli bir akarsu havzasıdır. Havza, Murat Dağı'ndan doğan Manisa, Uşak ve Kütahya illerini geçerek İzmir Körfezi'ne ulaşan Gediz Nehri'nin oluşturduğu geniş bir alanı kapsar ve Ege Denizi'ne kadar uzanır. Havzanın sınırları içerisinde Manisa, Uşak, İzmir, Denizli, Kütahya, Aydın ve Balıkesir illerine bağlı alanlar yer almakta olup, en fazla alanı %67 ile Manisa kaplamaktadır (Şekil 1). İzmir'in havzadaki alanı %11, Uşak'ın %10, Kütahya'nın ise %9'dur. Aydın ve Balıkesir'in havzada kapladığı alan ise oldukça küçüktür (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2019).

Havza, büyük oranda Neojen döneminde gerçekleşen tektonik çöküntülerle oluşmuştur. Bu çöküntüler sonucu ortaya çıkan Graben yapıları, havzanın doğu-batı doğrultusunda genişlemesine neden olmuştur (Bozkurt Çiftçi & Bozkurt, 2008). Gediz Graben Sistemi, kuzeyde Batı Anadolu Fay Zonu ile güneyde Büyük Menderes Grabeni arasında yer alır ve bu nedenle iki büyük fay hattının etkisi altındadır. Tektonik hareketler, havzanın genişlemesi ve derinleşmesine yol açmış, bu da bölgedeki nehir sistemlerinin yönünü ve akış hızını etkilemiştir. Özellikle Gediz Nehri ve kolları, havzanın şekillenmesinde önemli rol oynamıştır (Bozkurt & Sözbilir, 2004).

Gediz Havzası'nın coğrafi yapısı, farklı yükseltilere sahip dağlık ve ovalık alanlarla karakterize edilir. Havza boyunca uzanan dağlık alanlar hem fizyografik hem de iklimsel olarak bölgeyi önemli ölçüde etkilemektedir. Coğrafi koordinatları 38°04'-39°13' kuzey enlemleri ile 26°42'-29°45' doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Havzanın güneyinde Bozdağlar, kuzeyinde Yunt Dağı ve doğusunda Murat Dağı, önemli yükseltiler arasında yer almaktadır (Erinç, 1973). Havzanın dağ sıraları dışındaki topografyası, özellikle Gediz Nehri ve kollarının oluşturduğu vadiler ile şekillenmiştir. Bu vadiler boyunca düzlükler ve geniş tabanlı alüvyal ovalar oluşmuştur (Gündoğdu & Kocataş, 2006). Vadiler, bölgenin jeomorfolojik yapısının en önemli unsurlarından biri olarak hem nehir akışını hem de çevresel koşulları etkilemektedir (Güney & Turoğlu, 2020).



Şekil 1: Çalışma Alanı Lokasyon Haritası

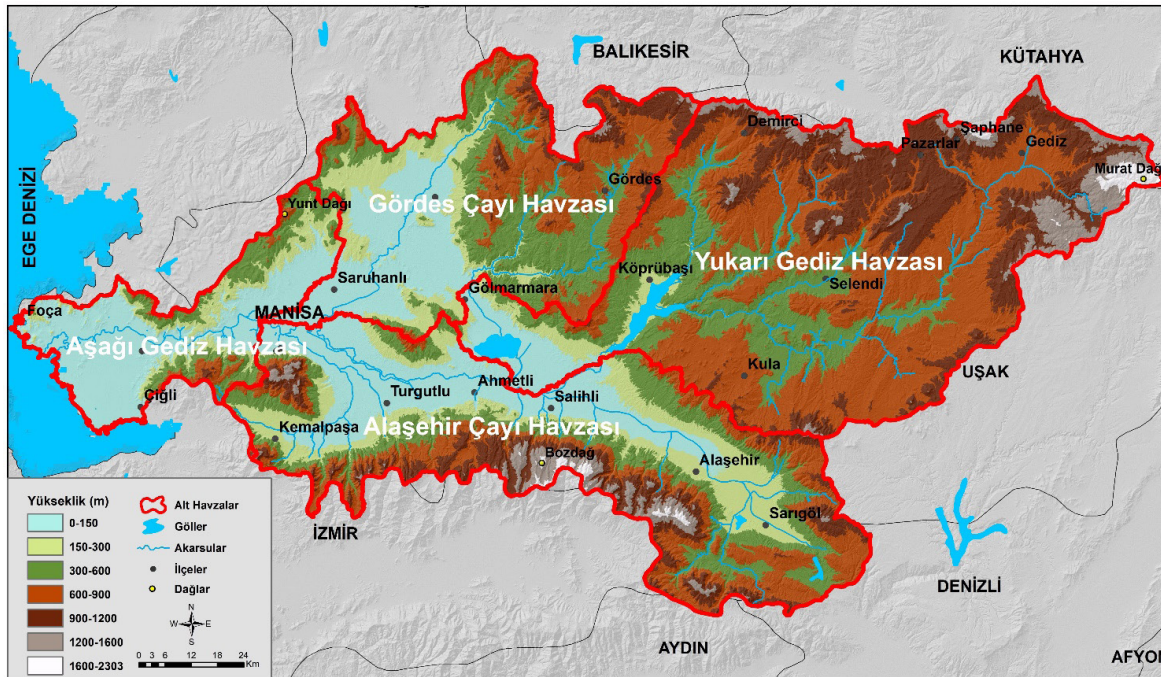
İklimsel çeşitliliği ile dikkat çeken havzanın iklimi, genel olarak Akdeniz iklimi karakterini taşır (Türkeş, 2011), ancak iç kesimlere doğru gidildikçe karasal iklim özellikleri belirginleşir (Güney & Turoğlu, 2020). *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü* (2019) verilerine göre Gediz Havzası arazi kullanımının %52'si tarım alanları, %2'si şehir yapısı ile endüstriyel alanlar olmak üzere %54'ünü doğal olmayan alanlar oluşturmaktadır. Doğal alanlar içerisinde havzanın %18'ini orman alanları, %25'ni makilikler ve %3'ünü ise bitki örtüsü az veya olmayan alanlar kaplamaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, havza morfometrisinin Gediz Havzası ve alt havzalarının sel üretme potansiyeli üzerindeki etkileri incelenmiştir. Havza morfometrisi, su toplama alanlarının fiziksel özelliklerini tanımlayan ve suyun akış dinamiklerini anlamamıza yardımcı olan önemli bir analiz aracıdır (Özdemir, 2011). Yapılan analizler, çeşitli morfometrik parametrelerin sel oluşumuna olan katkısını ortaya koymaktadır. Çalışmada kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri, havza morfometrik analizlerinin daha doğru ve kapsamlı bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımıştır. CBS teknolojileri sayesinde, morfometrik parametrelerin mekânsal dağılımı ve bu parametrelerin sel oluşumu üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Çalışmada, Gediz ana Havzası'nın sel afetine duyarlılığını daha detaylı incelemek amacıyla, havza birinci dereceden Yukarı Gediz, Gördes Çayı, Alaşehir Çayı ve Aşağı Gediz olmak üzere 4 alt havzaya ayrılmıştır (Şekil 2). Bu alt havza yapısının oluşturulması, sel oluşumuna etki eden morfolojik özelliklerin bölgesel farklılıklarını daha net ortaya koyabilmek için gerçekleştirilmiştir. Havza sınırlarının belirlenmesi amacıyla ArcGIS 10.8 yazılımı içerisinde bulunan hidroloji araç seti (Fill, Flow direction, Basin, Flow accumulation, Stream order, Stream to feature) kullanılarak bir dizi analiz gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinde tespit edilen çukurluklar, hidrolojik olarak tutarlı bir yüzey elde etmek amacıyla doldurulmuştur. Ardından, her bir hücre için olası su akış yönleri (flow direction) belirlenmiştir. Akabinde, akarsu ağı oluşturulmuş ve ana akarsuya bağlanan yan kolların kaynak noktaları tespit edilerek alt havzaların sınırları tanımlanmıştır.

Ana havza ve alt havzaların akarsu ağları, Strahler (1952) yöntemine göre dizinlere ayrılarak morfolometrik analizler için uygun hale getirilmiştir. Daha sonra her alt havza için morfolometrik indisler tek tek hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar arasında karşılaştırmalar yapılarak, havza genelinde sel oluşturma potansiyeli yüksek olan bölgeler belirlenmiştir (Utlı & Özdemir, 2018). Bu kapsamda, alt havzalar özelinde elde edilen veriler, Gediz Havzası'nın tamamına dair sel riski değerlendirmesini daha doğru ve detaylı bir biçimde yapmamıza imkân tanımıştır. Bu yöntemle, sel afetine duyarlı alanların tespiti ve yönetimi açısından kritik öneme sahip yeni bilgiler elde edilmiştir.



Şekil 2: Gediz Ana Havzası ve Alt Havzalar

Havzaların morfometrik özelliklerinin belirlenmesi, Alansal, Çizgisel ve Yüzeysel (Rölyef) morfometri olmak üzere üç ana kategori altında gerçekleştirilen çeşitli analizlere dayanmaktadır (Tablo 1). Bu kategoriler, havzaların jeomorfolojik ve hidrolojik yapısını farklı açılardan inceleyerek, havza yapısı, drenaj sistemleri ve sel üretme potansiyeli gibi önemli konuların daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına olanak tanımaktadır (Karataş, 2017).

Çizgisel morfometri, havza içindeki akarsu ağı ve suyun akış yollarına odaklanır. Bu analizler, havzadaki akarsuların sayısı, uzunluğu ve düzenini dikkate alarak, suyun hangi hızda ve hangi güzergâhlardan akacağını ortaya koyar (Horton, 1945; Strahler, 1964). Alansal morfometri ise havzanın büyüklüğü, şekli ve su toplama kapasitesi gibi yüzeysel özelliklerini analiz eder. Bu parametreler, suyun havza içinde ne kadar alana yayıldığını ve hangi hızda toplandığını göstermesi açısından önemlidir (Chorly vd., 1984). Rölyef morfometrisi ise havzanın topografik yükseklik farklılıkları ve eğim gibi özelliklerini inceleyerek, suyun akış hızını ve yönünü etkileyen topografik faktörleri değerlendirir (Schumm, 1956; Strahler, 1952).

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Çizgisel, Alansal ve Rölyef Morfometri İndisleri

Parametre	Formül	Kaynak
Çizgisel Morfometri		
Çatallanma Oranı (Rb)	$Rb = Nu / (Nu + 1)$	(Horton, 1945)
Akarsu Uzunluk Oranı (Rl)	$Rl = Lu / (Lu - 1)$	(Strahler, 1957)
Tekstür Oranı (T)	$T = Nu \cdot (1/P)$	(Horton, 1945)

Drenaj Tekstür Oranı (Rt)	$Rt=Nu/P$	(Smith, 1950)
Alansal Morfometri		
Drenaj Yoğunluğu (Dd)	$Dd=Lu/A$	(Horton, 1945)
Akarsu Sıklığı (Fs)	$Fs=Nu/A$	(Horton, 1945)
Havza Şekli (Rf)	$Rf=A/Lb^2$	(Horton, 1932)
Uzunluk Oranı (Re)	$Re=(2/Lb)*(A/\pi)^{0.5}$	(Schumm, 1956)
Gravelius İndeks (KG)	$KG= P/(2\sqrt{A*n})$	(Gravelius, 1914)
Rölyef Morfometrisi		
Engelibelik Değeri (Rn)	$Rn= Bh* Dd$	(Melton, 1957)
Form Faktör (Ff)	$Ff=A/Lb^2$	(Horton, 1945)
Havza Reliifi (Bh)	$Bh=Hmax-Hmin$	(Schumm, 1956)
Havza Relief Oranı (Rh)	$Rh=Bh/Lb$	(Schumm, 1956)
Hipsometrik Eğri (Hc)	$y=h/H \quad x=a/A$	(Strahler, 1952)
Hipsometrik İntegral (Hi)	$Hi=(Hort-Hmin)/(Hmax-Hmin)$	(Strahler, 1952)

Gediz Havzası ve alt havzaları için morfometrik indislerin hesaplanmasında, öncelikle havza alanı, havza çevresi, ana akarsu uzunluğu, toplam dizin sayısı gibi temel parametrelerin ölçülmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında, havza sınırları belirlenerek bu parametreler detaylı bir şekilde hesaplanmıştır. Alos Palsar 12,5 metre mekânsal çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak (ASF, 2023), havzanın topografik özellikleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiş, morfometrik analiz için gerekli veriler sağlanmıştır (Tablo 2). SYM, havzanın hidrolojik yapısını anlamak için temel bir araç olup, su akış yollarını, havzanın geometrik ölçümlerini ve su toplama potansiyellerini belirlemekte kullanılmıştır.

Tablo 2: Morfometrik Parametrelerin Hesaplanmasında Kullanılan Bazı Değerler

Havza Adı	Havza Alanı (A)	Havza Çevresi (P)	Ana Akarsu Uzunluğu (L)	Maksimum Havza Uzunluğu (Lb)	Toplam Dizin Sayısı (N)	Maksimum Yükseklik (Hmax)	Minimum Yükseklik (Hmin)	Ortalama Yükseklik (Hmean)
Gediz Ana Havzası	17.034 km ²	1.017 km.	265 km.	266 km.	192.754	2.303 m.	0 m.	570 m.
Alaşehir Çayı Alt Havzası	4.847 km ²	547 km.	161 km.	152 km.	56.332	2.090 m.	21 m.	511 m.
Aşağı Gediz Alt Havzası	1.651 km ²	337 km.	99,8 km.	80,3 km.	16.717	1.266 m.	0 m.	186 m.
Gördes Çayı Alt Havzası	3.483 km ²	459 km.	166 km.	113 km.	39.736	1.484 m.	21 m.	446 m.
Yukarı Gediz Alt Havzası	6.909 km ²	570 km.	210 km.	166 km.	79.969	2.303 m.	66 m.	761 m.

Havza morfometrik özelliklerinin çeşitli indisler yardımıyla hesaplanabilmesi için havzaya ait bazı temel değerlerin öncelikle belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinden gerekli ölçümler ve hesaplamalar yapılarak elde edilen sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur. Bu veriler, havzanın topografik yapısının sel oluşumuna yakınlığını anlamak açısından büyük önem arz etmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çizgisel Morfometri

Bu çalışmada çizgisel morfometri analizleri çerçevesinde Gediz Havzası ve alt havzalarının çatallanma oranı (Rb), uzunluk Oranı (Rl), tekstür Oranı (T) ve drenaj tekstür oranı (Rt) hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3: Gediz Havzası ve Alt Havzalarının Çizgisel Morfometri Değerleri

Çizgisel Morfometri	Gediz Ana Havzası	Alaşehir Çayı Alt Havzası	Aşağı Gediz Alt Havzası	Gördes Çayı Alt Havzası	Yukarı Gediz Alt Havzası
Çatallanma Oranı (Rb)	2,0	2,05	16,42	2,42	1,99
Akarsu Uzunluk Oranı (Rl)	2,11	1,99	13,65	2,29	1,96

Tekstür Oranı(T)	189	102	49	86	140
Drenaj Tekstür Oranı (Rt)	370	206	98	170	268

Çatallanma Oranı (Rb): Çatallanma oranı (Rb), belirli bir dizin numarasındaki dizin sayısının bir sonraki dizin sayısı ile oranlanması sonucunda elde edilen bir değerdir. Çatallanma oranı havza drenaj ağının düzenlenişi ve suyun taşınması açısından önemli bir parametredir. Yüksek çatallanma oranı, daha az dallanmış bir drenaj yapısını göstermekte ve bu durum genellikle geçirgen olmayan, düz yüzeylerde veya yüzey suyu akışının daha kontrollü olduğu ortamlarda görülmektedir. Düşük çatallanma oranı ise dallanmış bir drenaj ağının işaret eder, suyun akarsu ağı boyunca daha geniş bir alana yayıldığını gösterir ve hızlı yüzey akışı potansiyelini artırır (Strahler, 1957; Özdemir, 2011).

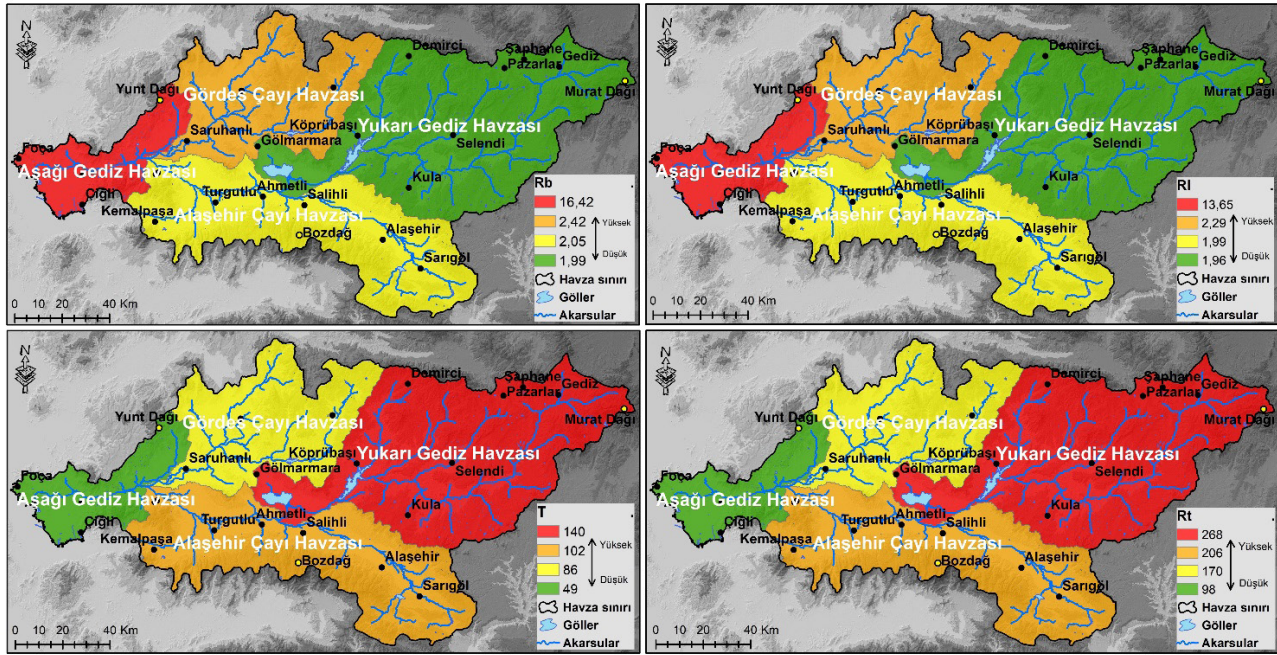
Gediz ana havzası ve dört alt Havzası'nın çatallanma oranları, havza yapısı ve sel üretme potansiyeli açısından değerlendirildiğinde; Gediz Ana Havzası ($R_b = 2$) ve Alaşehir Çayı Alt Havzası'nın ($R_b = 2,05$) birbirine oldukça yakın ve nispeten düşük çatallanma oranları (Tablo 3) bu havzalarda dallanmış bir drenaj ağının işaret eder, suyun akarsular boyunca daha geniş bir alana yayılmasına olanak tanır. Bu durum, yüzey akışının hızlı bir şekilde gerçekleşmesine ve sel oluşumuna neden olabilir. Gördes Çayı Alt Havzası da $R_b = 2,42$ ve Gediz Alt Havzası ise $R_b = 1,99$ değerleriyle ana havzaya benzer şekilde dallanmış bir drenaj ağına sahiptir. Bu durum, suyun akarsu ağı boyunca daha geniş bir alana yayıldığını gösterir ve suyun daha hızlı akışa geçmesine yol açarak sellere neden olabilir. "Aşağı Gediz Alt Havzası $R_b = 16,42$ değeri ile en yüksek çatallanma oranına sahiptir (Şekil 3). Bu havzada yüzey akışının belirgin ölçüde kontrol altında olduğunu ve akarsuların daha az dallandığını gösterir. Yüksek çatallanma oranı ayrıca bu havzada düz ve düze yakın sahaların geniş alanlar kaplamasından dolayı ortaya çıkmaktadır. Bu durum, suların hızlıca akışa geçemediğini ve diğer alt havzalara göre sel potansiyelinin daha düşük olduğunu gösterir.

Akarsu Uzunluk Oranı (Rl): Akarsu uzunluk oranı (Rl), bir havzanın akarsu ağı uzunluğunun ne kadar dallanmış olduğunu ve suyun akarsu sistemi boyunca ne kadar mesafe kat ettiğini gösteren önemli bir morfometrik parametredir (Strahler, 1964). Bir başka deyişle, akarsu üst kollarından gelen yoğun miktardaki suyun drene edilmesinde alt kolların yeterli olup olmadıkları hakkında bilgi verir (Özdemir, 2011). Yüksek akarsu uzunluk oranı, suyun daha uzun mesafeler boyunca akmasına işaret eder ve bu durum genellikle akarsu ağı üzerindeki akış hızının düşük olduğunu ve sel oluşma potansiyelinin nispeten azaldığını gösterir. Düşük oranlar ise akarsu sisteminde daha kısa mesafelerde hızlı bir akışı ifade eder ve sel potansiyelinin yüksek olduğuna önemli bir işaret olabilir (Strahler, 1957).

Havza yapısı, litolojik özellikler ve sel üretme potansiyeli açısından değerlendirildiğinde Gediz Ana Havzası $R_l = 2,11$ ve Alaşehir Çayı Alt Havzası $R_l = 1,99$ değerleriyle (Tablo 3) orta düzeyde akarsu uzunluk oranlarına sahiptir, bu da suyun havza boyunca daha kısa mesafeler kat ettiğini gösterir. Bu durum, yüzey akışının daha hızlı ve ani olmasına yol açarak sel üretme potansiyelini yükseltebilir. Aşağı Gediz Alt Havzası $R_l = 13,65$ değeri ile oldukça yüksek bir akarsu uzunluk oranına sahiptir. Bu, suyun daha uzun mesafeler boyunca aktığını ve akarsu ağında uzun bir yol kat ettiğini gösterir. Ayrıca, vadiler boyunca suyun akış hızının daha düşük olabileceğine, dolayısıyla sel üretme potansiyelinin nispeten daha düşük olduğuna işaret eder. Gördes Çayı Alt Havzası $R_l = 2,29$ değerine sahiptir. Bu değer Gördes Çayı Alt Havzası'nın akarsu uzunluk oranı, suyun nispeten kısa mesafeler boyunca aktığını ve akış hızının daha yüksek olabileceğini gösterir. Ayrıca akarsu ağının daha dik bir yapıya sahip olabileceğini ve ani yüzey akışlarının gerçekleşebileceğini düşündürür. Bu durum sel üretme potansiyelini artırabilir. Yukarı Gediz Alt Havzası $R_l = 1,96$ değeriyle en düşük akarsu uzunluk oranına sahip olup, suyun daha kısa mesafeler boyunca aktığını ve hızlı akışa eğilimli olduğunu göstermektedir (Şekil 3). Bu durum, sel üretme potansiyeli açısından önemli bir faktör olabilir, çünkü suyun hızla yüzeye çıkması ve daha kısa sürede havza boyunca hareket etmesi sel üretme potansiyelini artırabilir.

Tekstür Oranı (T): Tekstür oranı (T), bir havzanın yüzey akış potansiyelini ve suyun toprakla etkileşimini değerlendirmede kullanılan önemli bir morfometrik parametredir. (Smith, 1950), tekstür oranını, bir havzadaki akarsu sayısının havza çevresiyle olan oranı olarak tanımlamıştır. 1. dizindeki akarsu sayısının havza çevresine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır. Tekstür oranı, akarsu ağının yoğunluğu ve bölgedeki eğim özellikleriyle ilişkilidir. Yüksek tekstür oranı, genellikle daha sıkı bir akarsu ağına ve dolayısıyla daha yüksek yüzey akışına işaret eder; bu da havzanın sel üretme potansiyelini artırır (Chorly vd., 1984).

Gediz Ana Havzası $T = 189,3$ değeri ile yüksek tekstür oranına sahiptir (Tablo 3). Bu değer akarsu ağının oldukça yoğun olduğunu ve yüzey akışının önemli ölçüde hızlı olabileceğini gösterir. Özellikle geçirimsiz kayaçların mevcut olduğu bir alanda yüzey akışını artırarak sel üretme potansiyelini yükseltebilir. Yukarı Gediz Alt Havzası ($T = 140,2$) yüksek tekstür oranına sahip olup, yüzey akışının hızlı ve sık olduğunu gösterir. Bu sebeple suyun toprak tarafından emilmesi daha da zor hale gelir ve bu durum sel üretme potansiyelini artırabilir. Alaşehir Çayı Alt Havzası ($T = 102,8$) alt havzalar özelinde orta derecede bir tekstür oranına sahip olup, suyun daha az yoğun bir akarsu ağı üzerinden aktığını ve yüzey akışının daha sınırlı olduğunu gösterir. Gördes Çayı Alt Havzası ($T = 86,5$) daha düşük bir tekstür oranına sahiptir. Bu durum akarsu ağının diğer alt havzalara kıyasla yoğun olmadığını ve suyun daha az yüzey akışı gösterdiğini belirtir. Aşağı Gediz Alt Havzası ($T = 49,6$) en düşük tekstür oranına sahiptir (Şekil 3). Bu havzada akarsu ağı nispeten seyrek olup yüzey akışının düşük olabileceğini ve dolayısıyla sel oluşma potansiyelinin diğer havzalara göre daha düşük olduğunu gösterir.



Şekil 3: Alt Havzaların Çizgisel Morfometri Sonuçları

Drenaj Tekstür Oranı (Rt): Drenaj Tekstür oranı (Rt), bir havzanın infiltrasyon kapasitesi hakkında bilgi sunan önemli bir morfometrik parametredir (Horton, 1945; Utlu & Özdemir, 2018). Bir havzadaki akarsu ağının yoğunluğu ve buna bağlı olarak yüzey akış özelliklerinin ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır (Horton, 1945). Ayrıca yüksek Rt değerleri sızma miktarının düştüğü anlamına gelmektedir (Karataş, 2017). Dolayısıyla bu parametre havzaların yüzeyel akış durumlarının ve sel oluşturma potansiyellerinin anlaşılmasında önemli ipuçları sunmaktadır.

Gediz Ana Havzası için Rt değeri 370 olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Bu oldukça yüksek bir değerdir ve havzada eğim değerlerinin yüksek, geçirgenliğin düşük olduğunun bir göstergesidir. Ayrıca yüksek drenaj tekstür oranı, bu havzada yoğun bir akarsu ağı bulunduğunu ve yüzeyel akış hızının yüksek olabileceğini gösterir. Bölgedeki eğimin dik olması, suyun yüzeyde hızla hareket etmesine ve sel potansiyelinin artmasına yol açabilir. Alaşehir Çayı Alt Havzası $Rt=206$ değeri ile ana havzaya göre daha düşük bir drenaj tekstürüne sahiptir. Bu, akarsu ağının daha az yoğun olduğunu ve bu havzada yüzey akışının daha yavaş gerçekleştiğini gösterir. Aşağı Gediz Alt Havzası $Rt=98$ değeri ile en düşük drenaj tekstürüne sahiptir. Bu, daha az akarsu yoğunluğu anlamına gelir ve yüzeyel akış miktarı ve hızı sınırlı olduğu için, genel olarak sel potansiyelinin en düşük olduğu alt havza olarak öne çıkmaktadır. Gördes Çayı Alt Havzası $Rt=170$ değeri ile diğer havzalara nispeten orta düzeyde bir drenaj tekstürüne sahiptir. Eğimin dik olduğu sahalarda yüzeye düşen suyun hızla akmasına neden olabilir ve sel üretme potansiyelini

arttırılabilir. Yukarı Gediz Alt Havzası $R_t=268$ değeriyle daha yoğun bir akarsu ağına ve daha yüksek yüzey akış hızına sahiptir (Şekil 3). Yüzey akışının hızlı bir şekilde sağlanması sel potansiyelinin artmasına yol açabilir.

4.2. Alansal Morfometri

Bu çalışmada Alansal Morfometrisi analizleri çerçevesinde drenaj yoğunluğu (Dd), akarsu sıklığı (Fs), uzunluk oranı (Re), gravelius indeks (KG) ve havza şekli (Rf) parametreleri hesaplanarak (Tablo 4), Gediz Havzası ve alt havzalarının sel üretme potansiyelleri açısından değerlendirilmiştir.

Tablo 4: Gediz Havzası ve Alt Havzalarının Alan Morfometrisi Değerleri

Alan Morfometrisi	Gediz Ana Havzası	Alaşehir Çayı Alt Havzası	Aşağı Gediz Alt Havzası	Gördes Çayı Alt Havzası	Yukarı Gediz Alt Havzası
Drenaj Yoğunluğu (Dd)	1,07	1,13	1,06	1,08	1,05
Akarsu Sıklığı (Fs)	11,3	12	10	11,4	11,5
Uzunluk Oranı (Re)	0,55	0,51	0,55	0,56	0,56
Gravelius İndeks (KG)	2,20	2,21	2,34	2,19	1,93
Havza Şekli (Rf)	0,24	0,20	0,25	0,27	0,25

Drenaj Yoğunluğu (Dd): Drenaj yoğunluğu (Dd), bir havzada akarsu uzunluğunun havza alanına oranı olarak tanımlanır. İlk olarak (Horton, 1945) tarafından tanımlanan bu kavram, bir havzanın yüzey akışını, suyun akarsular tarafından nasıl taşındığını anlamada kritik rol oynamaktadır. Yağış sonrası ortaya çıkan suyun drene edilmesinde bütün dere ve çatlaklar aktif rol alacağından bu morfometrik parametre sadece akışın olduğu vadileri değil kuru vadileri de dikkate almaktadır. Dolayısıyla Drenaj Yoğunluğu (Dd) sel hidrometrisi açısından önemli sonuçlar ortaya koymaktadır (Karataş, 2017). Drenaj Yoğunluğu değeri ile seller arasındaki ilişki pozitif yönlüdür (Utlı & Özdemir, 2018). Yüksek değerler suyun yüzeyde daha hızlı aktığını, suyun toprak tarafından emilmeden hızla vadilere katıldığını ve dolayısıyla sel potansiyelinin daha yüksek olabileceğini ifade etmektedir (Strahler, 1964).

Kuru vadiler de dahil olmak üzere bütün vadiler dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda Gediz Ana Havzası'nın drenaj yoğunluğu 1,07 olarak belirlenmiştir. Diğer alt havzalarla karşılaştırıldığında, drenaj yoğunluğu değerlerinin 1,05 ile 1,13 arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 4). Özellikle Alaşehir Çayı Alt Havzası 1,13 değeriyle nispeten en yüksek drenaj yoğunluğuna sahip olup, suyun hızla akışa geçtiği ve toprağın hızla doymaya gelmesiyle sel oluşma olasılığının artabileceğini göstermektedir. Gördes Çayı Alt Havzası 1,08 değeriyle görece orta-yüksek bir drenaj yoğunluğuna sahip olup sel oluşturma potansiyeli açısından dikkat çekicidir (Şekil 4). Suyun akış hızının yüksek olması nedeniyle, yoğun yağış dönemlerinde hızlı bir şekilde yüzey akışı oluşabilir ve sel oluşma potansiyeli artar. Aşağı Gediz Alt Havzası 1,06 değeri ile drenaj yoğunluğu düşük olmakla birlikte, bu alt havza sel oluşumu açısından hala önemli bir potansiyel taşır. Yukarı Gediz Alt Havzası ise 1,05 değeri ile en düşük drenaj yoğunluğuna sahip olmakla birlikte suyun yüzey akışına geçişinin diğer havzalara göre daha yavaş olduğunu göstermektedir. Bu durum, sel oluşma potansiyelini nispeten azaltabilir.

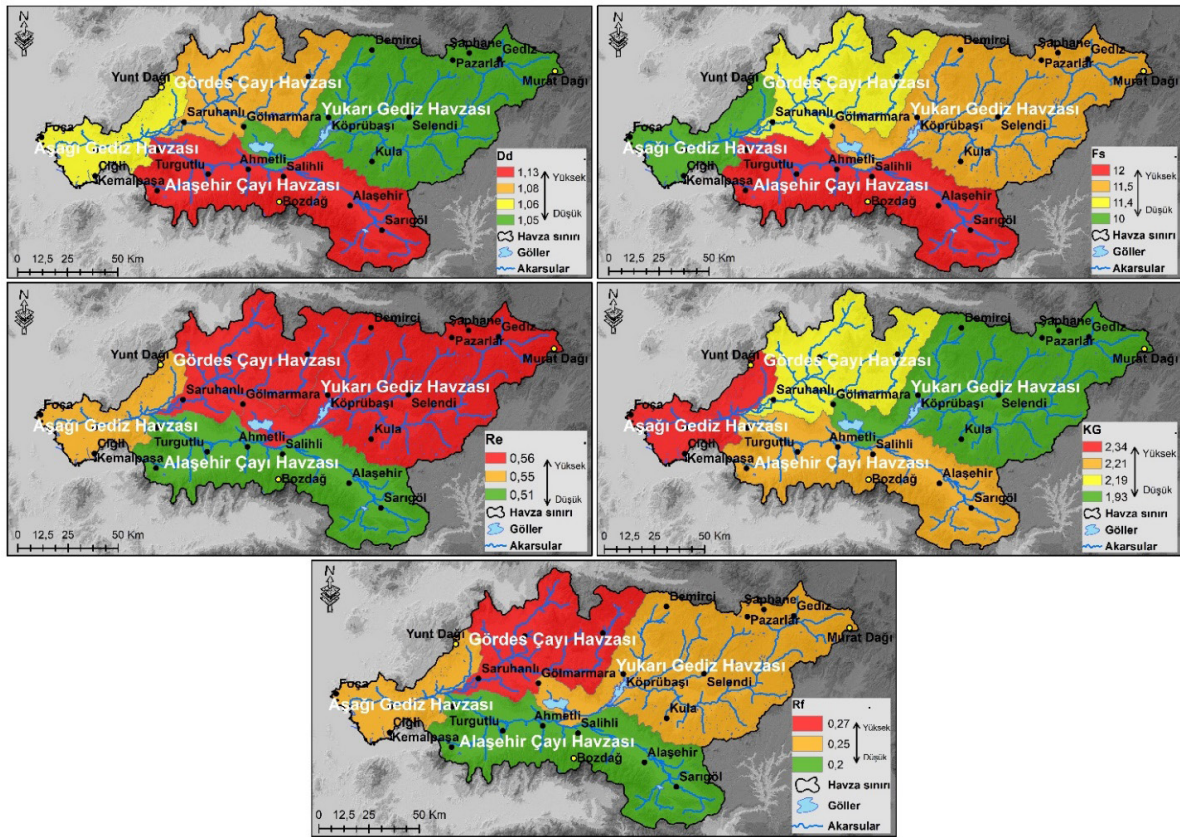
Akarsu Sıklığı (Fs): Akarsu sıklığı (Fs), bir havza içerisindeki toplam akarsu sayısının havza alanına oranını ifade eder ve yüzey akışının havza içerisinde ne kadar yaygın olduğunu belirlemeye yardımcı olur (Horton, 1945). Yüksek akarsu sıklığı değerleri, havzada bitki örtüsünün seyrek, geçirimsiz kayaç yapısı ve yükseltinin fazla olduğuna işaret etmektedir (Pawar-Patil & Mali, 2013). Dolayısıyla yüksek Fs değerleri sel oluşum potansiyelinin artmasına neden olmaktadır.

Gediz ana havzası ve dört alt havzasına ait akarsu sıklığı değerlerinin sel üretme potansiyeline etkisi incelendiğinde Gediz Ana Havzası'nın 11,3 akarsu sıklığı değeri (Tablo 4), alt havzaların çoğuna benzer seviyededir ve havzada km^2 'ye 11'den fazla vadi düştüğünü göstermektedir. Ayrıca suyun toprak yüzeyinde yayılma potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu yapı, yağış aldığında suyun hızlıca akışa geçerek sel oluşumuna neden olabileceği anlamına gelmektedir. Alaşehir Çayı Alt Havzası $F_s = 12$ değeriyle en yüksek akarsu sıklığına sahip olup, akarsuların havza içinde yaygın olduğunu ve suyun hızla yüzey akışına geçtiğini gösterir. Bu havzada sel oluşturma potansiyeli diğer havzalara göre daha yüksektir. Yukarı Gediz Alt Havzası $F_s = 11,5$

ve Gördes Çayı Alt Havzası $F_s = 11,4$ sonuçlarıyla, Gediz ana havzası ortalamasına yakın değerlere sahip olup, orta-yüksek akarsu sıklığı ile yüzey akışının etkin olduğu alanlardır. Bu havzalarda da yağışın ardından sel oluşma riski bulunmaktadır. Aşağı Gediz Alt Havzası $F_s = 10,1$ değeriyle akarsu sıklığı en düşük olan havzadır (Şekil 4). Bu değer suyun yüzeyde daha az yaygın olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, sel üretme potansiyelinin diğer havzalara kıyasla daha düşüktür.

Uzunluk Oranı (Re): Uzunluk Oranı (Re), bir havzanın yapısal formunu gösteren önemli bir parametre olup, genellikle 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Re değeri 1'e yaklaştıkça havza daha yuvarlak bir form alır ve suyun daha hızlı akmasını sağlar. Düşük Re değerleri ise uzun ve dar bir havza yapısını ifade eder (Schumm, 1956), bu da suyun akış süresini uzatır ve sel potansiyelini azaltır.

Gediz ana Havzası'nın Re değeri 0,55'tir. Orta seviyede bir uzunluk oranına sahip olan bu havza (Tablo 4) ne çok yuvarlak ne de çok uzun ve dar bir yapıya sahiptir. Bu özellik, suyun dengeli bir hızla akmasına ve akış sürecinin daha düzenli olmasına olanak tanır. Alaşehir Çayı Alt Havzası'nın Re değeri 0,51, Aşağı Gediz Alt Havzası 0,55, Gördes Çayı Alt Havzası 0,56 ve Yukarı Gediz Alt Havzası 0,56 olup birbirine yakın değerlere sahiptirler (Şekil 4). Alaşehir Çayı Alt Havzası en düşük değeri ile daha uzun ve dar bir havza yapısını gösterir ve suyun daha uzun süre akış göstermesine yol açarak sel potansiyelini azaltabilir. Bu nedenle, Alaşehir Çayı Havzasında düşük ila orta düzeyde bir sel potansiyeli beklenebilir. Gördes Çayı Alt Havzası ve Yukarı Gediz Alt Havzası diğer alt havzalara kıyasla daha yuvarlak yapıya sahip bir formdadır ve bu durum suyun daha hızlı akışına olanak tanır. Genel olarak, Gördes ve Yukarı Gediz alt havzalarının daha yüksek sel potansiyeli taşıdığı söylenebilir.



Şekil 4: Alt Havzaların Alansal Morfometri Sonuçları

Gravelius İndeksi (KG): Gravelius İndeksi (KG), bir havzanın ne kadar yuvarlak bir şekle sahip olduğunu gösteren bir parametredir ve genellikle yuvarlaklık derecesini belirlemek için kullanılır. Çalışılan havza ve aynı çevre uzunluğuna sahip bir

dairenin kıyaslanması ile elde edilen bir değer olup (Gravelius, 1914; Karataş, 2017), değer 1'e yaklaşması, havzanın yuvarlak olduğunu ve suyun daha hızlı bir şekilde akış noktasına ulaşma eğiliminde olduğunu gösterir. Yüksek KG değerleri ise daha düzensiz ve girintili bir havza yapısını ifade eder, bu da suyun akış süresini uzatabilir (Gravelius, 1914).

Gediz Ana Havzası'nın KG değeri 2,20'dir (Tablo 4). Bu değer havzanın aynı çevre uzunluğuna sahip bir dairenin iki katını aşan bir uzunluğa sahip olduğunu ve girintili bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Böyle bir yapıda suyun akış yolu uzayabilir ve yüzey akışı daha yavaş gerçekleşebilir. Dolayısıyla Gediz ana Havzası'nın Gravelius Index değeri açısından yüksek sel potansiyeline sahip olmadığı söylenebilir. Alaşehir Çayı Alt Havzası'nın KG değeri 2,21, Aşağı Gediz Alt Havzası'nın 2,34, Gördes Çayı Alt Havzası'nın 2,19 ve Yukarı Gediz Alt Havzası'nın ise 1,93 olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Görüldüğü üzere alt havzaların Kg değerleri de ana havzaya benzer şekilde ölçülmüştür (Şekil 4). Bu durum alt havzaların daire şeklinden uzak, oldukça girintili bir yapıya sahip olduğunu ve suyun akış yolunun uzayarak yüzey akış hızını yavaşlatabileceğini gösterir. Dolayısıyla alt havzaların da Gravelius Index değeri açısından yüksek sel potansiyeline sahip olmadığı söylenebilir. Havzalar kendi arasında kıyaslandığında ise Yukarı Gediz Alt Havzası'nın görece en yüksek sel üretme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir.

Havza Şekli (Rf): Havza şekli (Rf) değeri, bir havzanın biçiminin yuvarlak veya daha uzun ve dar olup olmadığını gösterir (Özdemir, 2011). Havza şekli katsayısı 0 ile 1 arasında değişir ve 1'e yaklaştıkça havzanın daha yuvarlak olduğu, 0'a yaklaştıkça ise daha uzun ve dar bir yapıya sahip olduğu anlamına gelmektedir. Diğer şartlar eşit olduğunda, yuvarlak havzalar yüzey akışını hızlı bir şekilde aşağı rakımlara ulaştırır ve sel oluşma potansiyelini artırır. Uzun ve dar havzalarda ise suyun akış süresini uzatması dolayısıyla sel üretme potansiyeli nispeten azalmaktadır (Schumm, 1956).

Gediz Ana Havzası literatürdeki referans değerler dikkate alındığında $Rf = 0,24$ değeriyle 0'a yakın bir değer göstererek (Tablo 4) yuvarlaktan ziyade uzun ve dar bir yapıya daha yakın gözükmektedir. Dolayısıyla referans değerler baz alındığında Gediz Ana Havzası'nın sel oluşturma potansiyeli yüksek değildir. Gördes Çayı Alt Havzası $Rf = 0,27$ değeriyle alt havzalar arasında en yüksek havza şekli katsayısına sahip olup, nispeten yuvarlak bir yapıya sahiptir. Bu durum, yüzey akışının hızla havza boyunca yayılmasına ve düşük rakımlarda büyük kütleler oluşmasına neden olabilir. Gördes Çayı Havzası'nın, diğer alt havzalara göre sel üretme potansiyeli daha yüksektir. Aşağı Gediz Alt Havzası ve Yukarı Gediz Alt Havzası $Rf = 0,25$ değeriyle ortalama bir havza şekli katsayısına sahiptir ve hafif yuvarlak bir yapıyı ifade eder. Diğer alt havzalarla kıyaslandığında sel oluşma riskinin ortalama seviyede olduğu söylenebilir. Alaşehir Çayı Alt Havzası ise $Rf = 0,20$ değeri ile en düşük havza şekli katsayısına sahip olup, alt havzalar arasında en uzun ve dar yapıya sahiptir (Şekil 4). Bu durum, sel üretme potansiyelinin diğer havzalara kıyasla daha düşük olduğunu gösterir.

4.3. Rölyef Morfometrisi

Bu çalışmada Rölyef Morfometrisi analizleri çerçevesinde havza reliefi (Bh), relief oranı (Rh), engebелilik değeri (Rn), form faktör (Ff), hipsometrik eğri (Hc) ve hipsometrik integral (Hi) indisleri hesaplanarak (Tablo 5), Gediz Havzası ve alt havzaları sel üretme potansiyelleri açısından değerlendirilmiştir.

Tablo 5: Gediz Havzası ve Alt Havzalarının Rölyef Morfometrisi Değerleri

Rölyef Morfometrisi	Gediz Ana Havzası	Alaşehir Çayı Alt Havzası	Aşağı Gediz Alt Havzası	Gördes Çayı Alt Havzası	Yukarı Gediz Alt Havzası
Havza Reliifi (Bh)	2303 m.	2069 m.	1266 m.	1463 m.	2237 m.
Relief Oranı (Rh)	8,6	13,7	15,7	13,1	13,8
Engelibelilik Değeri (Rn)	2,46	2,33	1,34	1,58	2,34
Form Faktör (Ff)	0,24	0,21	0,26	0,27	0,25
Hipsometrik Eğri (Hc)	0,45	0,39	0,38	0,44	0,50
Hipsometrik İntegral (Hi)	0,24	0,23	0,14	0,29	0,31

Havza Reliifi (Bh): Havza reliefi (Bh), bir havzanın maksimum ve minimum yükseklik farkını temsil etmektedir. Ayrıca havza topografyasının dikliğini, tektonik ve litolojik yapısını gösteren, dolayısıyla akarsu akışını etkileyen temel bir parametredir.

Yüksek havza reliefi, daha dik yamaçlara ve daha hızlı yüzey akışına neden olur, bu da sel üretme potansiyelini artırır (Schumm, 1956; Melton, 1957).

Gediz Ana Havzası Bh = 2303 m. değeriyle (Tablo 5) yüksek havza relief değerine sahiptir, bu da dik yamaçlı bir topografyayı ve hızlı yüzey akışını ifade eder. Yüzeydeki suyun akışa geçiş süresini kısaltarak akarsu kanallarına hızlı bir şekilde ulaşmasını sağlar ve sel potansiyelini artırır. Yukarı Gediz Alt Havzası Bh = 2237 m. ve Alaşehir Çayı Alt Havzası Bh = 2069 m. değerleri ile Gediz Ana Havzası'na yakın bir havza relief değerine sahiptir ve benzer şekilde dik yamaçlara, hızlı yüzey akışı ile yüzeye düşen suyun hızla alçak sahalara taşınabileceğine işaret ederek sel potansiyelinin artmasına neden olabilir. Gördes Çayı Alt Havzası Bh = 1463 m. ve Aşağı Gediz Alt Havzası Bh = 1266 m. havza relief değeriyle diğer alt havzalara nispeten daha az dik yamaçlara sahiptir (Şekil 6). Bu durumda yüzey akışının daha yavaş olması beklenir, dolayısıyla bu havzaların sel üretme potansiyeli, yüksek relief değerine sahip havzalara göre daha düşüktür.

Relief Oranı (Rh): Relief oranı (Rh), havzanın maksimum yüksekliği ile en düşük nokta arasındaki yükseklik farkının yatay mesafeye oranıdır. Bu parametre, havzanın topografik eğimini ve engebeli yapısını gösterir (Schumm, 1956; Strahler, 1964). Yüksek relief oranı, dik eğimlerin ve hızlı yüzey akışının varlığını göstererek sel oluşum potansiyelinin artmasını sağlar (Utlı & Özdemir, 2018).

Gediz Ana Havzası'nın Rh = 8,6'lık relief oranı değeri (Tablo 5) alt havzalara göre daha düşüktür. Bu durum ana havzanın kapladığı alanın daha fazla olması dolayısı ile maksimum ve minimum yükseltiye sahip noktalar arasındaki yatay mesafenin alt havzalara göre daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Aşağı Gediz Alt Havzası Rh = 15,7 sonucu ile alt havzalar arasında en yüksek relief oranına sahiptir. Bu durum ana havzayla aynı şekilde maksimum ve minimum yükseltiler arasındaki yatay uzaklığın az olmasından kaynaklanmaktadır. Yoksa gerçekte durum ortaya çıkan sonucun tam tersi şekilde gözlenmektedir. Yani Aşağı Gediz Havzası alt havzalar içerisinde en az engebelenin olduğu havzadır. Yukarı Gediz Alt Havzası Rh = 13,8 ve Alaşehir Çayı Alt Havzası Rh = 13,7 relief oranları ile alt havzalar ölçeğinde ortalama değerlere sahiptir. Dolayısıyla sel üretme potansiyellerinin de orta derecede olduğu söylenebilir. Gördes Çayı Alt Havzası Rh = 13,1 değeriyle en düşük relief oranına sahip olup, bu havzanın nispeten daha düz bir topoğrafyaya sahip olduğuna işaret eder (Şekil 6). Halbuki Gördes Çayı Havzası alt havzalar içerisinde engebelenin durumu en düşük olan havza değildir. Bu durum, Gördes Çayı Alt Havzası'nda maksimum ve minimum yükseklikler arasındaki yatay uzaklığın fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Engelibelik Değeri (Rn): Engelibelik değeri (Rn), havzanın topografik yapısının ne kadar engebeli olduğunu gösteren bir parametredir. Yüksek engelibelik değerleri, havzanın daha dik ve keskin yamaçlara sahip olduğunu, dolayısıyla yağmur sularının hızla akışa geçerek sel potansiyelini artırdığını gösterir (Beven & Kirkby, 1979; Zevenbergen & Thorne, 1987).

Gediz Ana Havzası Rn = 2,46 değeri ile oldukça yüksek engelibelik değerine sahip olup (Tablo 5) oldukça engebeli bir topoğrafya göstermektedir. Bu durum, suyun hızla yüzey akışına geçmesiyle sonuçlanır ve yüksek sel potansiyeli taşır. Yukarı Gediz Alt Havzası Rn = 2,34 ve Alaşehir Çayı Alt Havzası Rn = 2,33 değerleriyle yüksek engelibelik değerlerine sahiptir ve oldukça engebeli bir yapı sergiler. Bu havzaların dik topoğrafyası, yağmur sularının hızla akışa geçmesine neden olur ve sel oluşma potansiyelini yükseltir. Gördes Çayı Alt Havzası Rn = 1,58 değeri ile diğer alt havzalara göre orta düzeyde bir engelibelik değerine sahiptir ve daha az eğimli bir topoğrafya sergiler. Bu havzada suyun yüzey akışına geçişi daha kontrollü olup, sel üretme potansiyeli, yüksek engebeli havzalara göre daha düşük olabilir. Aşağı Gediz Alt Havzası Rn = 1,34 değeri ile en düşük engelibelik değerine sahip olup daha düz ve yumuşak bir topografik yapıya sahiptir (Şekil 6). Bu durum, yağmur sularının daha yavaş yüzey akışına geçmesini sağlar ve sel üretme potansiyeli diğer havzalara kıyasla daha düşüktür.

Form Faktör (Ff): Form faktör (Ff), bir havzanın şekli ve sel üretme potansiyeli hakkında bilgi veren önemli bir parametredir. Ff değeri 0,5'e yaklaştıkça havzanın daha yuvarlak bir yapıda olduğu, bu değer düştüğü durumlarda ise havzanın daha uzun ve dar bir yapıya sahip olduğu anlaşılır. Daha yuvarlak yapıya sahip havzalar, yağış sularının daha kısa sürede akış noktasına ulaşmasına olanak tanıyarak yüksek sel potansiyeline işaret ederken, dar ve uzun yapılar sel potansiyelini azaltabilir (Strahler, 1957; Chorley, 1969).

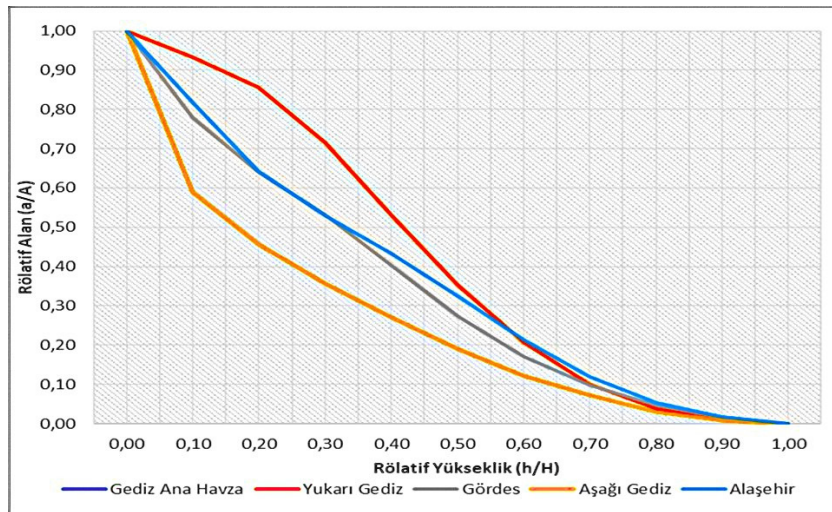
Gediz Ana Havzası Ff: 0,24 olarak ölçülmüştür. Bu değer, havzanın yuvarlaktan çok uzun ve dar bir yapıda olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, Gediz ana Havzası'nın orta düzeyde bir sel potansiyeli taşıdığı değerlendirilebilir. Alt havzaların

Ff değerleri 0,21 ile 0,27 arasında değerler almıştır (Tablo 5). Bu değerler alt havzaların da ana havzaya benzer şekilde dar ve uzun bir yapıya daha yakın olduğunu göstermektedir (Şekil 6). Dolayısıyla diğer şartlar eşit varsayıldığında Ff değerlerine göre bütün alt havzaların düşük-orta derecede sel potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Alt havzalar karşılaştırıldığında ise Gördes Çayı Alt Havzası'nın diğer alt havzalara göre daha yüksek sel üretme potansiyeline sahip olduğu, Alaşehir Çayı Alt Havzası'nın ise en düşük sel üretme potansiyeli taşıdığı görülmektedir.

Hipsometrik Eğri (Hc): Hipsometrik eğri (Hc) değeri, havzaların jeomorfolojik evrelerini ve yüzey akış süreçlerini anlamak için kullanılan bir parametredir (Strahler, 1952; Karataş, 2017). Hc değeri, havzanın deniz seviyesine göre yüksekliği ile alanı arasındaki ilişkiyi belirler ve havzanın topografik yapısının yanı sıra erozyona olan direncini yansıtır (Strahler, 1952). Ayrıca Hipsometrik eğrinin dışbükey bir görüntü sergilemesi havzanın genç olduğunu ve havzadaki aşındırma faaliyetlerinin hızla devam ettiğini göstermektedir. Eğrinin içbükey olması durumunda ise havzanın yaşlı olduğunu ve aşındırma süreçlerinden ziyade biriktirme faaliyetlerinin ön planda olduğunu gösterir. Hc değerinin yüksek olması, havzanın genç bir jeomorfolojik evrede olduğunu ve topografik olarak daha fazla kabartıya sahip olduğunu, dolayısıyla yüzey akışına duyarlı ve daha yüksek sel üretme potansiyeline sahip olduğunu gösterir. Düşük Hc değeri ise havzanın daha yaşlı bir evrede olduğunu ve sel üretme potansiyelinin nispeten azaldığını gösterir (Pike & Wilson, 1971).

Gediz ana Havzası'nın Hc değeri 0,45 olup (Tablo 5), bu değer orta düzeye yakın olması havzanın topografik evre açısından dengede olduğunu gösterir. Şekil 5'deki Hipsometrik eğrilere bakıldığında da aynı durum göze çarpmaktadır. Gediz ana havzası diğer şartlar eşit varsayıldığında, dengeli bir Hc değeri ile orta düzeyde bir sel potansiyeli taşımaktadır. Alaşehir Çayı Alt Havzası'nın 0,39 olan Hc değeri ve içbükeye yakın bir uzanış gösteren Hipsometrik eğrisi (Şekil 5), havzanın ana havzaya nispeten daha yaşlı bir evrede olduğunu ve erozyon süreçlerinin daha etkin olduğunu göstermektedir. Alaşehir Çayı Havzası'nın nispeten düşük sel potansiyeli taşıdığı, ancak yerel topografik ve litolojik özelliklerin bu potansiyeli artırabileceği söylenebilir. Aşağı Gediz Havzası'nın Hc değeri de 0,38 olup, hipsometrik eğrisi içbükey görünümündedir (Şekil 5). Bu havza, Alaşehir Çayı Havzasına benzer sel üretme potansiyeline sahip görünmektedir.

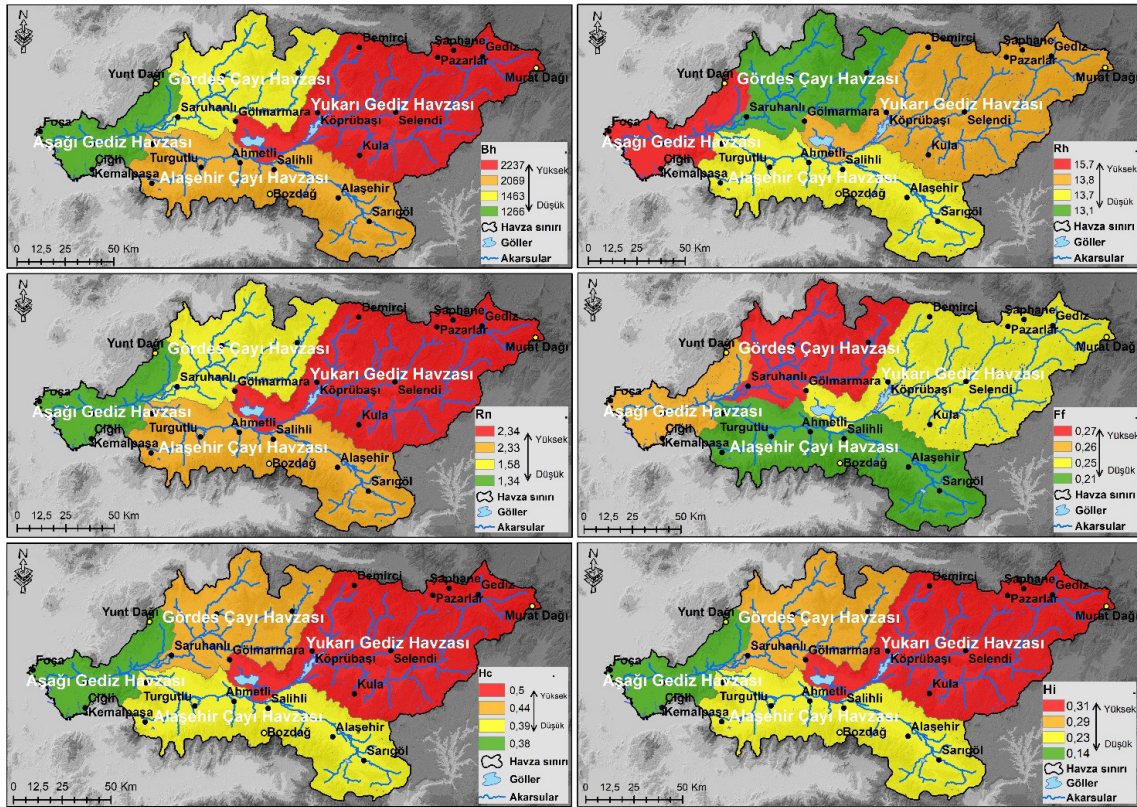
Gördes Çayı Havzası'nın Hc değeri 0,44 olup, Hipsometrik Eğrisi de dengeli bir görünümde olması (Şekil 5), Alaşehir ve Aşağı Gediz Alt Havzalarına kıyasla, erozyon sürecinde olduğunu ve topografik olarak kabartılı bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Gördes Çayı Alt Havzası, nispeten orta düzeyde sel potansiyeli taşımaktadır. Yukarı Gediz Havzası'nın 0,50 olan Hc değeri ve dışbükey uzanan Hipsometrik Eğrisi (Şekil 5), diğer alt havzalarla kıyaslandığında, havzanın düşük düzeyde erozyona uğradığını ve genç bir jeomorfolojik yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 6). Bu durum, topoğrafik kabartının belirgin olduğu ve yüzey akış potansiyelinin yüksek olabileceği anlamına gelir. Yukarı Gediz Havzası, alt havzalar ölçeğinde orta ila yüksek düzeyde sel potansiyeli taşıyabilecek bir havza olarak değerlendirilebilir.



Şekil 5: Gediz Ana Havzası ve Alt Havzaların Hipsometrik Eğrileri

Hipsometrik İntegral (Hi): Hipsometrik İntegral (Hi) değeri, bir havzanın topografik yaşını ve erozyona maruz kalma derecesini gösteren önemli bir parametredir. Bu değer, bir havzanın yüksekliği ile yüzey alanı arasındaki ilişkinin bir ölçüsüdür (Strahler, 1952; Karataş, 2017). Hipsometrik integral 0-1 arasındaki değerlerle ifade edilir. Bu değer 0,3'ten düşük olması havzanın yaşlı olduğunu, 0,35-0,6 arasında olması olgunluk safhasında olduğunu, 0,6'den yüksek olması ise gençlik evresinde olduğunu göstermektedir (Ramu & Mahalingam, 2012; Utlu & Özdemir, 2018). Genç havzalar, dik yamaçlar ve daha belirgin topografik kabartılarla karakterizedir, ayrıca erozyon süreçlerinin hâlâ aktif olduğunu göstermektedir (Strahler, 1952). Yüksek Hi değerleri, yüzey akış hızının ve dolayısıyla sel üretme potansiyelinin yüksek olabileceğini işaret etmektedir (Schumm, 1956).

Bu kapsamda değerlendirildiğinde; Gediz ana Havzası'nın Hi değeri 0,24 olup (Tablo 5), bu değer havzanın erozyon sürecinde olgunluktan yaşlılığa geçtiğini göstermektedir. Bütün şartlar eşit varsayıldığında sel üretme potansiyelinin düşük seviyede olduğu söylenebilir. Bu durumun ortaya çıkmasında havzanın orta ve batı bölümlerinde Gediz Nehri ve kollarının oluşturduğu geniş ovalar etkili olmuştur. Alaşehir Çayı Havzası'nın Hi değeri 0,23 olup, Gediz ana havzasına benzer topografik yapıya sahip olduğunu ve düşük seviyede sel üretme potansiyelini göstermektedir. Aşağı Gediz Havzası'nın 0,14 olan Hi değeri, havzanın olgunlaşmış ve erozyon sürecinin ilerlemiş olduğunu gösterir. Aşağı Gediz Havzası'nın engebenin az olduğu daha çok düz ovalardan müteşekkil topoğrafyası bu sonucu doğrular niteliktedir. Düşük Hi değeri, eğimlerin daha düşük ve yüzey akışının daha yavaş olabileceğini, bu nedenle sel potansiyelinin daha düşük olduğuna işaret eder. Gördes Çayı Havzası'nın 0,29 olan Hi değeri, havzanın Aşağı Gediz Havzasına nispeten daha genç bir evrede olduğunu ve erozyona karşı hassasiyetinin yüksek olduğunu gösterir. Bu durumda topografik kabartı oldukça belirgin olup, yüzey akışı hızlı olabilir. Yukarı Gediz Havzası, 0,31'lik Hi değeri ile diğer alt havzalara nazaran erozyon sürecinin daha erken evresinde olduğunu fakat literatürdeki değerler açısından olgunluk döneminde olduğunu gösterir (Şekil 6). Yüksek Hi değeri, diğer alt havzalara kıyasla eğimlerin daha dik ve yüzey akış hızının yüksek olduğunu düşündürür. Bu nedenle alt havzalar içerisinde sel üretme potansiyeli en yüksek olan havzadır.



Şekil 6: Alt Havzaların Rölyef (Yüzeysel) Morfometri Sonuçları

Genel olarak, Gediz Ana Havzası Çizgisel Morfometri açısından düşük çatallanma oranları ile daha dallanmış bir drenaj yapısı gösterir ve yüzey akışını artırma potansiyeli taşır. Orta düzeyde akarsu uzunluk oranı suyun havza boyunca daha kısa mesafeler kat ettiğini gösterir. Havzanın yüksek tekstür oranına ve yüksek drenaj tekstür oranına sahip olması, bu havzada yoğun bir akarsu ağı bulunduğunu ve yüzeysel akış hızının yüksek olabileceğini göstermektedir. Alan Morfometrisi parametrelerinden drenaj yoğunluğu değeri yüzey akışının nispeten hızlı gerçekleştiğini göstermektedir. Akarsu sıklığı değeri suyun toprak yüzeyinde yayılma potansiyelinin yüksek olduğunu ifade etmektedir. Orta seviyede bir uzunluk oranına sahip olan bu havza ne çok yuvarlak ne de çok uzun ve dar bir yapıya sahiptir. Bu özellik, suyun dengeli bir hızla akmasına ve akış sürecinin daha düzenli olmasına olanak tanır. Gravelius indeksi ve Havza şekli değerleri yuvarlaktan ziyade uzun ve dar bir yapıya daha yakın olduğunu ifade etmektedir. Böyle bir yapıda suyun akış yolu uzamakta ve yüzey akışı daha yavaş gerçekleşmektedir. Rölyef Morfometrisi açısından değerlendirildiğinde, Gediz Havzası yüksek havza relief değerine, yüksek engebelilik değerine ve orta düzeyde relief oranı değerine sahiptir. Bu da nispeten dik yamaçlı bir topografyayı ve hızlı yüzey akışını ifade eder. Form faktör değeri, havzanın yuvarlaktan çok uzun ve dar bir yapıda olduğunu göstermektedir. Hipsometrik Eğri ve İntegral değerleri havzanın erozyon ve topografik evre açısından dengede olduğunu ve olgunluktan yaşlılığa geçiş aşamasında olduğunu gösterir. Bu durumda havzanın topografik yapısı henüz tamamen aşınmamış, ancak erozyona karşı hassasiyeti de yüksek değildir. Ayrıca, litolojik özellikler ve eğim, yüzey akış hızını etkileyebilir.

4.4. Gediz Havzası'nın Sel Üretme Potansiyeline Alt Havzaların Etkisi

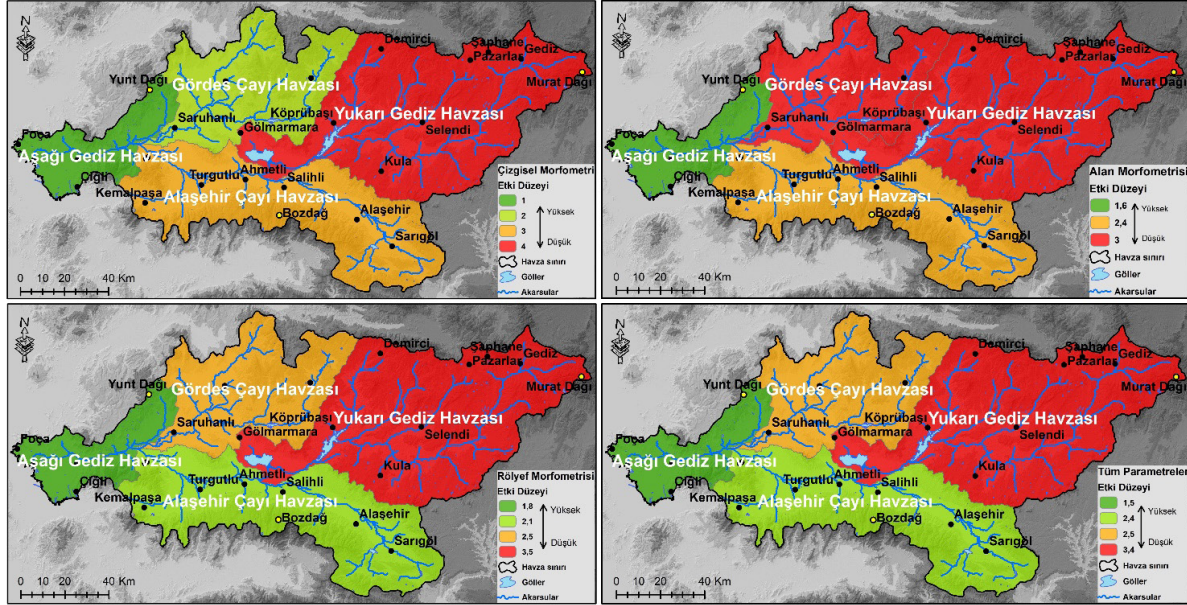
Gediz Havzası ve alt havzalarının sel üretme potansiyelleri çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisine ait çeşitli indislerle değerlendirilmiştir. Öncelikle ana havzanın sel üretme potansiyeli yapılan hesaplamalarla ortaya konmuş, sonrasında ise alt havzaların sel üretme potansiyelleri ayrı ayrı değerlendirilerek, ana havzanın potansiyeli üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu kapsamda alt havzaların çizgisel, alansal ve rölyef morfometri sonuçlarının sınıflandırması yapılarak toplam ve ortalama etki değerleri hesaplanmıştır (Utlı & Özdemir, 2018). Ayrıca tüm morfometri değerleri toplam ve ortalama değerler şeklinde birlikte ele alınmış ve çıkan sonuçlar Tablo 6 ve Şekil 7'de şeklinde sunulmuştur.

Tablo 6: Gediz Havzası Alt Havzalarının Sel Üretme Potansiyeli Değerleri

Parametreler	Alaşehir Çayı Alt Havzası	Aşağı Gediz Alt Havzası	Gördes Çayı Alt Havzası	Yukarı Gediz Alt Havzası
Çizgisel Morfometri				
Çatallanma Oranı (Rb)	3	1	2	4
Akarsu Uzunluk Oranı (RI)	3	1	2	4
Tekstür Oranı (T)	3	1	2	4
Drenaj Tekstür Oranı (Rt)	3	1	2	4
Toplam	12	4	8	16
Ortalama	3	1	2	4
Alan Morfometrisi				
Drenaj Yoğunluğu (Dd)	4	2	3	1
Akarsu Sıklığı (Fs)	4	1	2	3
Uzunluk Oranı (Re)	1	2	3	4
Gravelius İndeksi (KG)	2	1	3	4
Havza Şekli (Rf)	1	2	4	3
Toplam	12	8	15	15
Ortalama	2,4	1,6	3	3
Rölyef Morfometrisi				
Havza Reliefi (Bh)	3	1	2	4
Relief Oranı (Rh)	2	4	1	3
Engelibilik Değeri (Rn)	3	1	2	4
Form Faktör (Ff)	1	3	4	2

Hipsometrik Eğri (Hc)	2	1	3	4
Hipsometrik İntegral (Hi)	2	1	3	4
Toplam	13	11	15	21
Ortalama	2,1	1,8	2,5	3,5
Genel Toplam	37	23	38	52
Genel Ortalama	2,4	1,5	2,5	3,4

Sınıflandırma işlemi dört alt havzanın her bir parametre için 1'den 4'e kadar değerler alacağı biçimde gerçekleştirilmiştir. Buna göre sel üretme potansiyeline etki etme düzeyi açısından 1 en düşük değer, 4 en yüksek değer olarak belirlenmiştir.



Şekil 7: Alt Havzaların Morfometrik Özelliklerine Göre Sel Üretme Potansiyeline Etkileri

Yapılan analizler sonucunda, çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisi indislerinin tamamı dikkate alınmış, Gediz Ana Havzası'nın sel üretme potansiyeline etkisi en yüksek alt havzanın Yukarı Gediz Havzası olduğu görülmüştür. Gördes Çayı Havzası, alansal morfometri sonuçlarına göre Yukarı Gediz Havzası ile eşdeğer bir değer göstererek ana havzanın sel üretme potansiyeline yüksek düzeyde katkı sağlamıştır. Rölyef morfometrisi sonuçlarına göre ikinci sırada, çizgisel morfometri açısından ise üçüncü sırada yer almıştır. Tüm parametrelerin ortalamaları değerlendirildiğinde, Gördes Çayı Havzası ana havzanın sel üretme potansiyeline ikinci derecede etki eden alt havza olduğu görülmüştür. Alaşehir Çayı Havzası'nın, çizgisel morfometri açısından ikinci sırada, alansal ve rölyef morfometrisi değerlerine göre üçüncü sırada yer aldığı ve tüm parametrelerin ortalamasına göre de üçüncü sırada Gediz Ana Havzası'nın sel üretme potansiyeline anlamlı düzeyde katkı yaptığı tespit edilmiştir. Aşağı Gediz Havzası, yapılan tüm değerlendirmeler ve analizler çerçevesinde, ana havzanın sel üretme potansiyeline en az etki eden alt havza olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlar, alt havzaların hidrolojik karakteristiklerinin, Gediz Ana Havzası sel üretme potansiyeli üzerindeki farklı etkilerini ortaya koymuş ve bu etkilerin morfometrik özelliklere bağlı olarak değiştiğini göstermiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliği ve küresel ısınmayla birlikte seller daha sık meydana gelmekte ve ortaya çıkardığı zararlar büyük boyutlara ulaşmaktadır. Sel felaketlerinin önceden tahmin edilmesi ve önlem alınabilmesi açısından havza esaslı değerlendirilmelerin yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, sel üretme potansiyelleri açısından Gediz Havzası ve alt havzalarının morfometrik

özellikleri, morfometrik indisler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Havza morfometrik özellikleri, su toplama alanlarının fiziksel özelliklerini tanımlayan ve suyun akış dinamiklerini anlamamıza yardımcı olan önemli göstergelerdir. Yapılan analizler, çeşitli morfometrik parametrelerin sel oluşumuna olan katkısını ortaya koymaktadır. Çalışmada elde edilen morfometrik analiz sonuçları, havzaların sel üretme potansiyelini ortaya koyarak afet yönetimi ve önleyici tedbirlerin alınması hususunda önemli ipuçları sunmaktadır.

Uygulanan morfometrik indislerin sonuçları incelendiğinde, Havzanın mevcut çatallanma oranı, tekstür oranı ve drenaj ağı, yüzey akışının hızlı gerçekleşmesine ve sel potansiyelinin artmasına neden olabileceği görülmektedir. Havzanın uzun ve dar yapısı, suyun akış süresini uzatarak sel potansiyelini bir ölçüde azaltabilirken, relief ve engebellik değerleri, dik yamaçlar nedeniyle yüzey akışını hızlandırarak sel üretme potansiyelini artırmaktadır. Hipsometrik eğri ve integral değerleri, havzanın olgunluktan yaşlılığa geçiş aşamasında olduğunu göstermektedir. Alt havzalar kıyaslandığında Yukarı Gediz Alt Havzası'nın diğer alt havzalara göre daha yüksek sel üretme potansiyeline sahip olduğu, Aşağı Gediz Alt Havzası'nın ise en düşük sel üretme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Gördes Çayı Alt Havzası'nın sel üretme potansiyeli açısından alt havzalar arasında ikinci, Alaşehir Çayı Alt Havzası'nın ise üçüncü sırada geldiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Gediz Havzası'nın sel üretme potansiyeli, havzanın morfometrik özellikleri, topografik yapısı ve litolojik özelliklerin etkileşimiyle şekillenmekte olup, özellikle yoğun yağış dönemlerinde sel riskinin artabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle, havza yönetimi ve sel önleme stratejileri geliştirilirken bu morfometrik parametrelerin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bu çalışma kapsamında, havza morfometrik özelliklerinin sel afetinin mekânsal ölçekte öngörülebilmesinde önemli ipuçları taşıdığı ve bu tip çalışmaların her akarsu havzası için yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

| EXTENDED ABSTRACT |

The Evaluation of Morphometric Characteristics of the Gediz Basin in Terms of Flood Generation PotentialKemal YURDDAŞ^{ID}, Murat KARABULUT^{ID}**INTRODUCTION**

Floods rank second among all natural disasters and first among meteorological disasters in terms of loss of life and property worldwide (Anılan et al., 2016; Bozdoğan & Canpolat, 2024; Demir & Keskin. According to the records of the Ministry of Interior Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), a total of 78 floods and inundations occurred within the Gediz Basin between 1940 and 2023. 38 of these incidents took place in Manisa, 10 in Izmir, 3 in Uşak and 3 in Kütahya (AFAD, 2025). This shows that the study area has a significant potential for flood disasters and there is a need for detailed analysis and studies to reveal the flood potential of this region.

The fight against floods can only be possible if flood events and their consequences can be predicted in advance. Such forecasts provide insight into possible flood events and their consequences, with clues on how to cope. It can also be used to accurately assess the measures that can be taken, support decision-making and identify areas that should be prioritized for protection (De Moel et al., 2015). Therefore, a comprehensive analysis, prediction and assessment of a flood disaster is an important part of overall risk management efforts (Meyer et al., 2009).

The mobility of the water after precipitation and the resulting flooding is determined by the geological and lithological features of the site and the permeability properties of the soil on the ground. One of the most commonly used methods to analyze these factors is to determine the basin morphometry with the help of various indices (Özdemir, 2011). Morphometric analyses also consist of different mathematically developed indices that are used in different studies, such as the determination of river erosion processes and the tectonic history of basins (Cürebal & Erginal, 2007; Karabulut et al., 2013). Analyses in this context are developed with reference to studies by Gravelius (1914), Horton (1945), Schumm (1956), Smith (1950) and Strahler (1964).

The aim of this study is to determine the flood generating potential of the Gediz Basin based on morphometric parameters and to provide a scientific framework for land use planning in this direction. The results are intended to guide decision-making processes to keep settlements and critical infrastructure away from flood-prone areas.

STUDY AREA

The Gediz Basin is an important river basin with a surface area of 17,500 km² located in the Western Anatolia region of Türkiye. The basin covers a large area formed by the Gediz River, which originates from Murat Mountain and flows through

the provinces of Manisa, Uşak and Kütahya before reaching the Gulf of Izmir and extends to the Aegean Sea. Manisa, Uşak, İzmir, Denizli, Kütahya, Aydın and Balıkesir provinces are located within the borders of the basin, and Manisa covers the largest area with 67%. İzmir's area in the basin is 11%, Uşak's is 10%, and Kütahya's is 9%. The area of Aydın and Balıkesir in the basin is quite small (Ministry of Agriculture and Forestry General Directorate of Water Management, 2019).

Its geographical coordinates are located between 38°04'-39°13' north latitude and 26°42'-29°45' east longitude. Boz Mountains in the south of the basin, Yunt Mountain in the north and Murat Mountain in the east are among the important elevations (Erinç, 1973). The topography of the basin, other than the mountain ranges, is shaped by the valleys formed by the Gediz River and its tributaries. Broad-based alluvial plains were formed along these valleys (Gündoğdu & Kocataş, 2006). As one of the most important elements of the geomorphological structure of the region, valleys affect both river flow and environmental conditions. The climate of the basin, which attracts attention with its climatic diversity, generally has a Mediterranean climate character (Türkeş, 2011), however, as you move inland, continental climate characteristics become more pronounced (Güney & Turoglu, 2020).

MATERIAL AND METHOD

In this study, the effects of basin morphometry on the flood generating potential of the Gediz Basin and its sub-basins were investigated. Catchment morphometry is an important analysis tool that describes the physical characteristics of catchment areas and helps us understand water flow dynamics (Özdemir, 2011). The analysis reveals the contribution of various morphometric parameters to flood formation. The Geographic Information Systems (GIS) techniques used in the study allowed for more accurate and comprehensive basin morphometric analysis.

In the study, in order to examine the susceptibility of the main Gediz Basin to flood disasters in more detail, the basin was divided into 4 sub-basins, namely the first Yukarı Gediz, Gördes Çayı, Alaşehir Çayı and Aşağı Gediz. The creation of this sub-basin structure was carried out in order to reveal more clearly the regional differences in morphometric characteristics affecting flood formation. In this context, the data obtained for sub-basins allowed us to make a more accurate and detailed flood risk assessment for the entire Gediz Basin. This method has provided new information that is critical for the identification and management of areas susceptible to flood risk.

The determination of the morphometric characteristics of the basins is based on various analyses performed under three main categories: Areal, Linear and Relief morphometrics. These categories examine the geomorphological and hydrological structure of watersheds from different perspectives, allowing for a more comprehensive understanding of important issues such as watershed structure, drainage systems and flood generating potential (Karataş, 2017).

In order to calculate the morphometric parameters of the Gediz Basin and its sub-basins, firstly, basic parameters such as basin area, basin perimeter, main river length, total number of indexes should be measured. Within the scope of this study, basin boundaries were determined and parameters were calculated in detail. Using the Alos Palsar Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 12.5 meters (ASF, 2023), the topographic features of the basin were examined in detail and the necessary data for morphometric analysis were provided. DEM is a fundamental tool for understanding the hydrological structure of the basin and has been used to identify water flow paths, geometric measurements of the basin and catchment potentials.

FINDINGS AND DISCUSSION

The flood generating potentials of the Gediz Basin and its sub-basins were evaluated with various indices of linear, areal and relief morphometry. Firstly, the flood generating potential of the main basin was revealed through calculations, and then the flood generating potentials of the sub-basins were evaluated separately and their effects on the potential of the main basin were analyzed. Accordingly; Gediz Main Basin shows a more branched drainage structure with low bifurcation rates in terms of Linear Morphometry and has the potential to increase surface runoff. A medium stream length ratio indicates that water travels shorter distances across the basin. The fact that the basin has a high texture ratio and a high drainage texture

ratio indicates that there is a dense river network in this basin and the surface runoff rate may be high. Among the Areal Morphometry parameters, the drainage density value indicates that surface runoff occurs relatively fast. The stream frequency value indicates that the potential for water to spread on the soil surface is high. This basin has a medium length ratio and is neither very round nor very long and narrow. This feature allows the water to flow at an even rate and the flow process to be more regular. Gravelius index and basin shape values indicate that it is closer to a long and narrow structure rather than round. In such a structure, the flow path of water becomes longer and the surface runoff is slower. In terms of relief morphometry, the Gediz Basin has a high basin relief value, high ruggedness value and moderate relief ratio value. This implies a relatively steep sloping topography and rapid surface runoff. The form factor value shows that the basin is long and narrow rather than round. Hypsometric Curve and Integral values indicate that the basin is in equilibrium in terms of erosion and topographic stage and is in the transition phase from maturity to old age. In this case, the topography of the basin is not yet completely eroded, but its susceptibility to erosion is not high. Lithological features and slope can affect runoff velocity.

In the second stage of the study, total and average impact values were calculated by classifying the linear, areal and relief morphometry results of the sub-basins. The classification process was carried out in such a way that the four sub-basins received values from 1 to 4 for each parameter. Accordingly, 1 is the lowest value and 4 is the highest value in terms of the level of impact on flood generation potential.

As a result of the analyses, all linear, areal and relief morphometry indices were taken into account and it was seen that the sub-basin with the highest impact on the flood generating potential of the Gediz Main Basin is the Yukarı Gediz Basin. According to the results of areal morphometry, Gördes Basin showed an equivalent value with Yukarı Gediz Basin and contributed highly to the flood generating potential of the main basin. It ranked second in terms of relief morphometry results and third in terms of linear morphometry. When the averages of all parameters are evaluated, it is seen that Gördes Basin is the second most effective sub-basin for the flood generating potential of the main basin. Alaşehir Basin ranked second in terms of linear morphometry, third in terms of areal and relief morphometry values, and third according to the average of all parameters, and it was determined that it contributed significantly to the flood generating potential of the Gediz Main Basin. The Aşağı Gediz Basin has been found to be the sub-basin with the lowest impact on the flood generating potential of the main basin within the framework of all evaluations and analyzes.

RESULTS

With climate change and global warming, floods are occurring more frequently and the damages they cause are reaching great dimensions. Basin-based assessments are needed to predict flood disasters and take precautions. In this study, the morphometric characteristics of the Gediz Basin and its sub-basins in terms of flood generating potentials were evaluated through morphometric indices. Catchment morphometric features are important indicators that describe the physical characteristics of catchment areas and help us understand the dynamics of water flow. The analysis reveals the contribution of various morphometric parameters to flood formation.

When the results of the applied morphometric indices are analyzed, it is seen that the existing bifurcation rate, texture ratio and drainage network of the Basin may cause rapid surface runoff and increase the flood potential. While the long and narrow nature of the basin can reduce the flood potential to some extent by extending the flow time of water, relief and ruggedness values increase the potential to produce floods by accelerating surface runoff due to steep slopes. When the sub-basins are compared, it is seen that the Yukarı Gediz Sub-basin has a higher flood generating potential than the other sub-basins, while the Aşağı Gediz Sub-basin has the lowest flood generating potential. Gördes Sub-Basin ranks second among sub-basins in terms of flood generating potential and Alaşehir Sub-Basin ranks third.

In conclusion, the flood generating potential of the Gediz Basin is shaped by the interaction of the morphometric features, topographic structure and lithological features of the basin, and it is predicted that flood risk may increase especially during periods of heavy rainfall. Therefore, it is of great importance to consider these morphometric parameters when developing

watershed management and flood prevention strategies. In addition, within the scope of this study, it is thought that basin morphometric characteristics have important clues in predicting flood disasters at the spatial scale and that such studies should be carried out for every river basin.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- AFAD. (2025). *T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Afet İstatistikleri*. <https://www.afad.gov.tr/afet-istatistikleri>
- Anılan, T., Yüksek, Ö., & Kankal, M. (2016). Regional Flood Frequency Analysis of Eastern Black Sea Basin Based on L-Moments. *Teknik Dergi*, 27(2). <https://avesis.uludag.edu.tr/yayin/da876ff6-c66c>
- ASF. (2023). *Alaska Satellite Facility. (2023). ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected (RTC) 12.5m Digital Elevation Model (DEM) [Data set]. ASF DAAC*. <https://asf.alaska.edu>.
- Avcı, V., Dölek, İ., & Uzelli, T. (2023). Araklı ve çevresinde (Trabzon) Sel ve Taşkına Neden Olan Derelerin Morfometrik Analizlerle Taşkın Duyarlılıklarının Belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1286455>
- Avcı, V., & Ünsal, Ö. (2023). A Morphometric Approach to Bozkurt (Kastamonu-Türkiye) Flood. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(2), 216–239. <https://doi.org/10.21324/dacd.1210797>
- Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A Physically Based, Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology / Un Modèle À Base Physique De Zone D'appel Variable De L'hydrologie Du Bassin Versant. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24(1), 43–69. <https://doi.org/10.1080/026.266.67909491834>
- Bozdoğan, M., & Canpolat, E. (2024). Delibekirli Havzası'nın Taşkın Tekerrürünün Hesaplanması ve HEC-RAS ile Modellenmesi (Kırıkhan/Hatay). *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 10(2), 478–503.
- Bozkurt Çiftçi, N., & Bozkurt, E. (2008). Folding of the Gediz Graben Fill, SW Türkiye: Extensional and/or Contractual Origin? *Geodinamica Acta*, 21(3), 145–167. <https://doi.org/10.3166/ga.21.145-167>
- Bozkurt, E., & Sözbilir, H. (2004). Tectonic Evolution of the Gediz Graben: Field Evidence for An Episodic, Two-Stage Extension in Western Türkiye. *Geological Magazine*, 141(1), 63–79. <https://doi.org/10.3166/ga.21.145-167>
- Ceylan, A., & Kömüşçü, A. Ü. (2008). Meteorolojik karakterli doğal afetlerin uzun yıllar ve mevsimsel dağılımları. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 1–10.
- Chorley, R. J. (1969). The Elevation of the Lower Greensand Ridge, South-East England. *Geological Magazine*, 106(3), 231–248. <https://doi.org/10.1017/S001.675.6800057940>
- Chorly, R. J., Schumm, S. A., & Sugden, D. E. (1984). *Geomorphology* Methuen Co. Ltd. New York and London.
- Committee, C. C. (2017). *UK Climate Change Risk Assessment 2017 Synthesis Report: Priorities for the Next Five Years*. London: Committee on Climate Change. www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/...
- Cred, U. (2020). Human Cost of Disasters. An Overview of the last 20 years: 2000–2019. *CRED, UNDRR, Geneva*, 609.
- Cürebal, İ. (2004). Madra Çayı Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(11), 11–24.
- Cürebal, İ., & Erginal, A. E. (2007). Mıhlı Çayı Havzası'nın Jeomorfolojik Özelliklerinin Jeomorfik İndislerle Analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(19), 126–135.
- De Moel, H., Jongman, B., Kreibich, H., Merz, B., Penning-Rowsell, E., & Ward, P. J. (2015). Flood risk assessments at different spatial scales. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(6), 865–890. <https://doi.org/10.1007/s11027.015.9654-z>
- Demir, V., & Keskin, A. Ü. (2022). Taşkınların Ekonomik Zararlarının Değerlendirilmesi (Samsun-Mert Irmağı havzası). *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(2), 663–678. <https://doi.org/10.29137/umagd.1090447>
- Elbaşı, E., & Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi. *Coğrafya Dergisi*, 36, 63–84. <https://doi.org/10.26650/JGEOG418790>
- Erginal, A. E., & Cürebal, İ. (2007). Soldere Havzasının Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım: Jeomorfik İndisler ile Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 203–210.
- Erinç, S. (1973). *Türkiye'nin Jeomorfolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları.
- Gravelius, H. (1914). *Grundriß der Gesamten Gewässerkunde: In vier Bänden*. Göschen.
- Gündoğdu, V., & Kocataş, A. (2006). Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı Oluşturulmasına Yönelik Bir Yaklaşım. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3), 371–378.
- Güneş, H., Sunkar, M., & Toprak, A. (2013). Muş Şehrini Etkileyen Çar ve Muş Derelerinin Bazı Jeomorfometrik İndislere Göre Analizleri. *Proceeding of TMMOB Congress on Geographic Information Systems*, 11–13. <https://www.academia.edu/download/32584059/>
- Güney, Y., & Turoglu, H. (2020). Selendi Çayı Havzası'nda İklim Özelliklerindeki Eğilimler ve Erozyona Etkileri. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 4, 15–31

- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Transactions, American Geophysical Union*, 13(1), 350–361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275–370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- Kadıoğlu, M. (2012). Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. *Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını*, 172.
- Karabulut, M., Küçükönder, M., & Topuz, M. (2013). Alata (Erdemli) Deresi’nin Jeomorfometrik Analizi. *Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı*, 450–459.
- Karataş, A. (2017). *Karasu Çayı havzasının hidrografik planlaması*. Çantay Kitapevi. İstanbul. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/175163>
- Kron, W. (2003). Flood Risk= Hazard X Exposure X Vulnerability. *Journal of Lake Sciences*, 15, 185–204. <https://doi.org/10.18307/2003.sup23>
- Mahalingam, B. (2012). Hypsometric Properties of Drainage Basins in Karnataka Using Geographical Information System. *New York Science Journal*, 5(12), 156–158.
- Melton, M. A. (1957). *An Analysis of the Relations Among Elements of Climate, Surface Properties, and Geomorphology* (Vol. 11). Department of Geology, Columbia University New York. <https://academiccommons.columbia.edu/doi/10.7916/d8-d84w-8c49/download>
- Meyer, V., Scheuer, S., & Haase, D. (2009). A Multicriteria Approach for Flood Risk Mapping Exemplified at the Mulde River, Germany. *Natural Hazards*, 48(1), 17–39. <https://doi.org/10.1007/s11069.008.9244-4>
- Özdemir, H. (2011). Havza Morfometrisi ve Taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları*, 507–526.
- Öztürk, B., & Erginal, A. (2008). Bayramdere Havzasında (Biga Yarımadası, Çanakkale) Havza Gelişiminin Morfometrik Analizler ve Jeomorfik İndislerle İncelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 50, 61–68.
- Pawar-Patil, V. S., & Mali, S. P. (2013). Watershed Characterization and Prioritization of Tulasi Subwatershed: A Geospatial Approach. *Int J Innov Res Sci Eng Technol*, 2(6), 2182–2189.
- Pike, R. J., & Wilson, S. E. (1971). Elevation-Relief Ratio, Hypsometric İntegral, and Geomorphic Area-Altitude Analysis. *Geological Society of America Bulletin*, 82(4), 1079–1084. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1971\)82\[1079:ERHIAG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1971)82[1079:ERHIAG]2.0.CO;2)
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597–646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- Smith, K. G. (1950). Standards for Grading Texture of Erosional Topography. *American Journal of Science*, 248(9), 655–668. <https://doi.org/10.2475/ajs.248.9.655>
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913–920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63(11), 1117–1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Networks. *Handbook of Applied Hydrology*. <https://cir.nii.ac.jp/crid/157.282.4500442828288>
- Sunkar, M., & Tonbul, S. (2010). İluh Deresi Havzası’na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri. *Nature Sciences*, 5(4), 255–273.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2023). 2022 Yılı Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi. <https://www.mgm.gov.tr/genel/raporlar.aspx>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. (2019). *Gediz Havzası Kuraklık Yönetim Planı Cilt*. Retrieved December 28, 2024. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/KURAKLIK>
- Terante, D. C., Lamberte, A. E., & Sevilla, M. E. P. (2010). Risk-Based Analysis of a Flood Plain: A Case in the City of Malabon, Philippines. *Australian Structural Engineering Conference (2010: Sydney, NSW)*, 859–867. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.847.819.806367717>
- Topuz, M., & Karabulut, M. (2016). *Limonlu ve Alata Havzalarının (Mersin-Erdemli) Jeomorfometrik Analizi*. Retrieved December 28, 2024. <https://www.academia.edu/download/45046763/>
- Türkeş, M. (2011). Akhisar ve Manisa Yörelerinin Yağış ve Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimlerin Hidroklimatolojik ve Zaman Dizisi Çözümlemesi ve Sonuçların Çölleşme Açısından Coğrafi Bireşimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(1), 79–99. https://doi.org/10.1501/Cogbil_000.000.0119
- Turoğlu, H. (1997). İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, 32, 355–364.
- United Nations. (2018). *World Urbanisation Prospects: The 2018*. (n.d.). Retrieved December 28, 2024, from <https://www.un.org/en/desa/2018-revision-world-urbanization-prospects>
- Utlü, M., & Özdemir, H. (2018). Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği. *Coğrafya Dergisi*, 36, 49–62. <https://doi.org/10.26650/JGEOG408101>

Yurddaş, K. (2022). *Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) İle Kurşunlu Çayı Havzası'nda Taşkın Risk Analizi* (pp. 9–31).

Zevenbergen, L. W., & Thorne, C. R. (1987). Quantitative Analysis of Land Surface Topography. *Earth Surface Processes and Landforms*, 12(1), 47–56. <https://doi.org/10.1002/esp.329.012.0107>