

## Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının karşılaştırmalı morfometrik analizi

Mücahit Coşkun<sup>a</sup> , Ahmet Öztürk<sup>a,\*</sup> 

**Özet:** Araştırmada Ermenek Çayı havzası (EÇH) ve Gökçay havzasının (GH) morfometrik analiz parametreleri, doğal kaynak yönetimi bakımından havzaların önceliklendirilmesine katkı sağlamak amacıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada çizgisel, alansal ve rölyef morfometrilerini kapsayan toplam 23 parametre dikkate alınmıştır. Araştırmanın veri altyapısı, 12.5 m çözünürlüğe sahip ALOS PALSAR (Advanced Land Observing Satellite-1, Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar Mission) uydu görüntülerinden elde edilen sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılarak oluşturulmuştur. Analizlerde kullanılan akarsu dizinlerinin belirlenmesinde, Strahler yöntemi dikkate alınmış ve ölçümler ArcMap 10.4.1 programı aracılığıyla yapılmıştır. Parametre hesaplarına dayanan sonuçlara göre, EÇH'nin GH'ye oranla; geçirimsiz (R<sub>b</sub>, R<sub>L</sub>, F<sub>s</sub>, I<sub>f</sub>, R<sub>e</sub>, R<sub>n</sub>), dairesel (L<sub>um</sub>, l<sub>o</sub>, T, F<sub>f</sub>, R<sub>c</sub>, K<sub>g</sub>), eğim değeri yüksek (H, R<sub>h</sub>, R<sub>hp</sub>, R<sub>n</sub>), jeomorfolojik olarak yaşlılık evresine daha yakın (H<sub>c</sub>, H<sub>i</sub>) bunlarla birlikte, dolaylı olarak taşkın hassasiyeti ve erozyon duyarlılığı yüksek bir havza olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre, EÇH'nin toprak ve akarsu kaynaklarındaki bu muhtemel sorunları nedeniyle, doğal kaynak yönetimi bakımından GH'ye göre daha öncelikli olduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Morfometri, Havza önceliklendirmesi, CBS

## Comparative morphometric analysis of Ermenek river basin and Gökçay basin in terms of basin prioritization

**Abstract:** In the study, the morphometric parameters of Ermenek River Basin (ERB) and Gökçay Basin (GB) have been analyzed, as comparatively aim to contribute to the prioritization of the watersheds in terms of natural resource management. In the study, 23 parameters, including linear, areal, and relief morphometries were calculated. The data infrastructure of the research was created by using the Digital Elevation Model (DEM) obtained from ALOS PALSAR (Advanced Land Observing Satellite-1, Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar Mission) satellite images with a resolution of 12.5 m in determining the stream streams used in the analysis, the Strahler method was taken into account, and the measurements were made using the ArcMap 10.4.1 program. According to the results based on parameter calculations, the ratio of ERB to GB; impermeable (R<sub>b</sub>, R<sub>L</sub>, F<sub>s</sub>, I<sub>f</sub>, R<sub>e</sub>, R<sub>n</sub>), circular (L<sub>um</sub>, l<sub>o</sub>, T, F<sub>f</sub>, R<sub>c</sub>, K<sub>g</sub>), high slope value (H, R<sub>h</sub>, R<sub>hp</sub>, R<sub>n</sub>), geomorphologically closer to old age (H<sub>c</sub>, H<sub>i</sub>), and also indirectly determined to be a basin with high flood sensitivity and erosion susceptibility. According to the data obtained, it has been understood that ERB has a higher priority than GB in terms of natural resource management due to these potential problems in the soil and water resources.

**Keywords:** Morphometry, Basin prioritization, GIS

### 1. Giriş

Tüm doğal kaynaklar gibi hayatın temel kaynaklarından biri olan suların sürdürülebilir kullanımı da nüfus artışı, aşırı kullanım ve şehirleşme ile birlikte tehlike altına girmektedir (Wagan ve Khoso, 2013; Kummu vd., 2016; Rosa vd., 2020; Swain vd., 2020). Doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımını planlamak ve yönetmek için en uygun fiziki birimlerin başında, suların toplanma alanlarını ifade eden akarsu havzaları gelmektedir (Chandrashekar vd., 2015). Hatta bilindiği üzere akarsu havzaları, geçmişten günümüze gelişen havza yönetimi anlayışı ile birlikte doğal kaynakların bütüncül yönetiminin planlandığı bir birim olarak değerlendirilmektedir (Omernik ve Bailey, 1997; Barrow, 1998; Grigg, 1999; Sheng, 2001; Van Wijk vd.,

2003; Garipağaoğlu, 2012; Parupalli vd., 2019). Bu bağlamda havzaların jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik yapısı gibi birçok farklı unsurun bir arada değerlendirilmesine imkân veren morfometrik analizler, bütüncül havza yönetimi yaklaşımının bir parçası olarak ele alınmasının da etkisiyle (Biswas vd., 2014; Turoğlu ve Aykut, 2019), her geçen gün önemi artan bir konu haline gelmiştir.

Yıllardır akarsu havzalarının jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik unsurları arasındaki ilişkiyi tutarlı bir şekilde değerlendirebilmek adına Horton (1932; 1945), Strahler (1952; 1957; 1964), Schumm (1956), Melton (1957), Miller (1953), Shreve (1966; 1967) Faniran (1968), Keller ve Pinter (2002), Biswas vd., (1999), Özdemir (2011), Sassolas-Serrayet vd., 2018, Turoğlu ve Aykut (2019),

✉ <sup>a</sup> Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Karabük

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): ahmetozturk2371@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 16.11.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 17.03.2022



**Citation** (Atf): Coşkun, M., Öztürk, A., 2022. Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının karşılaştırmalı morfometrik analizi. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 1-10. DOI: [10.18182/tjf.1024569](https://doi.org/10.18182/tjf.1024569)

Rajasekhar vd., (2020), Al-Assadi (2020), Ogarekpe vd., (2020) gibi birçok araştırmacı, arazinin gözlemine dayalı betimleyici bir yaklaşımın ötesinde, farklı çalışma alanlarına uygulanabilen nicel yöntemler geliştirmeye çalışmış veya bu yöntemleri kullanmışlardır. Örneğin, bir havzanın jeomorfolojik özelliklerini gözlemleyerek gençlik, olgunluk ve yaşlılık evresinde olduğu veya drenaj ağını inceleyerek iyi gelişip gelişmediği üzerine betimleyici değerlendirmeler yapılabilir. Bununla birlikte, söz konusu değerlendirmelerin nedenlerinin açıklanması ve ne oranda olduklarının belirtilmesi mümkün olmayacaktır (Horton, 1945). Bu sebeple havzaların jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik vb. durumlarıyla ilgili yapılacak değerlendirmelerin morfolojik analiz parametreleri kullanılarak gerçekleştirilmesi, muhtemel havza temelli çalışmaların birbirleri ile uyumlu olması bakımından önemlidir.

Bir havzanın çizgisel, alansal ve rölyef morfolojilerine ait parametreler hesaplanarak havzanın; akış karakteristiği, toprak koşulları, yüzey suyu potansiyeli, jeolojik yapısı, taşkın hassasiyeti, sızma kapasitesi, bitki örtüsü, neotektonik aktivitesi, erozyon duyarlılığı vs. üzerine değerlendirmeler yapılabilir (Özdemir, 2011; Biswas vd., 2014; Chandrashekar vd., 2015; Atalay, 2018; Aldharab vd., 2019; Coşkun ve Coşkun, 2019; Turoğlu ve Aykut, 2019; Atalay vd., 2020). Bu bağlamda çalışmamızda, Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının yukarıda bahsedilen özellikleri ile ilgili, kantitatif sonuçlara dayanan tutarlı çıkarımlar yapılarak, çalışma alanı ölçeğinde havzaların önceliklendirilmesi amaçlanmıştır. Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının Türkiye'nin en az yağış alan bölgelerinden birinde bulunması ve endemik bitki potansiyeli en yüksek alanlar arasında yer alması (Atalay, 2010; Muminjanov ve Karagöz, 2018) araştırma kapsamında bu havzaların çalışma alanı olarak tercih edilmesinde etkili olmuştur. Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının morfolojik analizlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmada, çizgisel, alansal ve rölyef morfolojilerinin içeren toplam 23 parametre kullanılarak havzaların fiziki özellikleri arasındaki

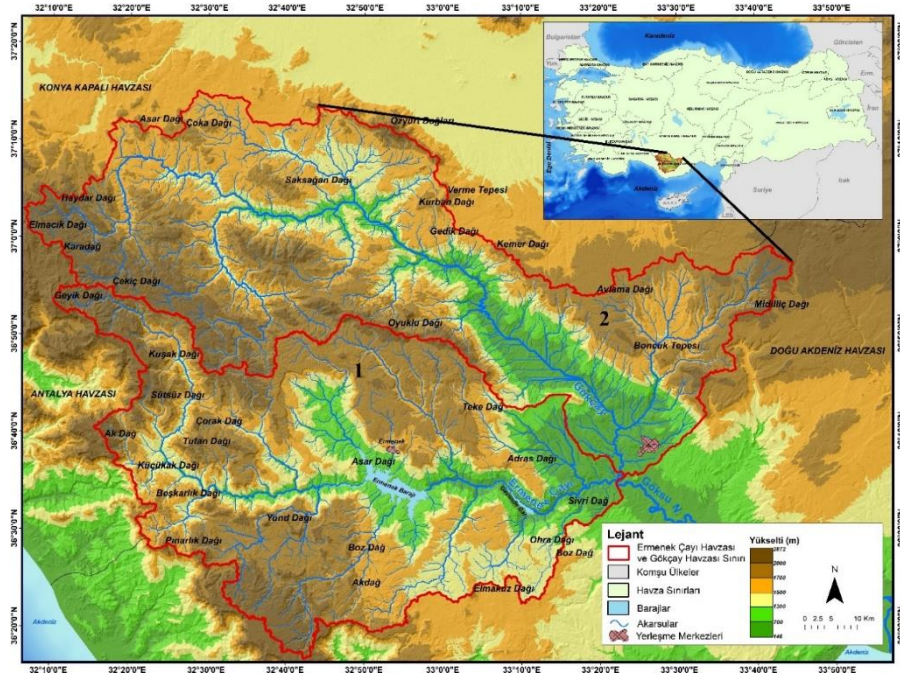
farklılıklar oransal olarak tespit edilmiştir. Böylelikle muhtemel yönetim planları oluşturulurken elde edilen parametreler sonucunda karakteristikleri belirlenen havzaların önceliklendirilmesine katkı sağlanacaktır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırmaya konu olan Ermenek Çayı havzası (EÇH) ve Gökçay havzası (GH), Türkiye'nin 25 ana havzasından biri olan Doğu Akdeniz havzası bünyesindeki Göksu Nehri alt havzasının komşu alt havzalarıdır. Orta ve Batı Toroslara dahil olan (Atalay vd., 2018) bu alanlardan EÇH 4073 km<sup>2</sup>, GH ise 4442 km<sup>2</sup> alana sahiptir. Havzalar 32°6'32"-33°44'42" doğu boylamları ve 37°15'17"-36°16'24" kuzey enlemleri arasında, Harita Genel Müdürlüğü'nün (HGM) 1/100.000'lik 10 topografik pafta sınırları içerisinde yer almaktadır. Akdeniz bölgesinin Adana ve Antalya bölümlerine dahil olan çalışma alanı Mersin, Karaman, Konya ve Antalya illerinin bir kısmını kapsamaktadır. Havzalar, Toroslar bünyesindeki Boz Dağ, Elmakuz Dağı, Ak Dağ, Geyik Dağı, Çekiç Dağı, Asar Dağı, Özyurt Dağları, Kemer Dağı ve Midilliç Dağı arasında bulunmaktadır. Havzaların en düşük noktası, akarsularının Göksu Nehri olarak birleştiği noktada 146 m, en yüksek noktaları ise Ermenek Çayı havzasında 2872 m ve Gökçay havzasında 2496 m olarak tespit edilmiştir (Şekil 1).

Bölgedeki yoğun karstlaşmanın da etkisiyle endemik bitki potansiyeli konusunda önemli bilinen çalışma alanı (Muminjanov ve Karagöz, 2018), Türkiye'nin en az yağış alan bölgeleri arasında bulunmaktadır (Atalay, 2010). Ayrıca her iki havzayı da kapsayacak şekilde heyelan duyarlılığı bakımından ciddi tehlikeler söz konusudur (Tekin ve Can, 2017; Tekin ve Çan, 2019). Bu gibi ekolojik hassasiyeti artırıcı faktörler, bahsi geçen havzaları, morfolojik analiz parametrelerinin değerlendirilerek önceliklendirilmesi konusunda ön plana çıkarmaktadır.



Şekil 1. Ermenek Çayı havzası (1) ve Gökçay havzasının (2) lokasyonu

## 2.2. Yöntem

Araştırma alanını oluşturan havzaların sınırları ve morfometrik analiz parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan veriler, ArcMap 10.4.1 programı ve Arc Hydro eklentisi aracılığıyla, ALOS PALSAR'dan (Advanced Land Observing Satellite-1, Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar Mission) elde edilen 12.5x12.5 m<sup>2</sup>'lik sayısal yükseklik modelleri (SYM) kullanılarak belirlenmiştir. Arc Hydro eklentisinin işleyiş sistemi (Şekil 2) takip edilerek belirlenen havza sınırları, ayrıca HGM'nin N28, N29, N30, O28, O29, O30, O31, P28, P29 ve P30 numaralı 1/100.000'lik paftalarıyla da kontrol edilerek doğrulukları teyit edilmiştir. Belirlenen akarsular, Strahler'in akarsu dizinlerinin birbirlerine hiyerarşik olarak bağlandığı yöntemine göre derecelendirilmiştir (Strahler, 1952). Farklı kaynak veya çözünürlükteki uydu görüntülerine göre değişebilen (Gökgöz vd., 2006; İshak vd., 2016; Reddy vd., 2017; Ozulu ve Gökgöz, 2018; Zhang vd., 2021) akarsu uzunluk eşik değeri ise ArcMap'in ilgili eklentisi ile (Con) 4000 piksel olarak belirlenmiştir. Ayrıca akarsular, topografik paftalardan ve uydu görüntülerinden kontrol edilerek aslına uygun şekilde sayısallaştırılmıştır.

Çalışma kapsamında Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının, toplamda 23 parametreden oluşan çizgisel, alansal ve rölyef morfometrileri analiz edilmiştir. Çizgisel morfometride Akarsu Dizinleri, Akarsu Dizin Sayısı ( $N_u$ ), Akarsu Uzunluğu ( $L_u$ ), Ortalama Akarsu Uzunluğu ( $L_{um}$ ), Çatallanma Oranı ( $R_b$ ), Uzunluk Oranı ( $R_L$ ), Yüzeysel Akış Uzunluğu ( $l_o$ ), Tekstür Oranı (T); Alansal morfometride Havza Alanı (A), Havza Çevresi (P), Havza Uzunluğu ( $L_b$ ), Drenaj Yoğunluğu ( $D_d$ ), Akarsu Sıklığı ( $F_s$ ), İnfiltrasyon Değeri ( $I_f$ ), Form Faktörü ( $F_r$ ) ve Dairesellik Oranı ( $R_c$ ), Havza Uzunluk Oranı ( $R_e$ ) ve Gravelius İndeksi ( $K_g$ ); Rölyef morfometrisinde ise Havza Rölyefi (H), Rölyef Oranı ( $R_h$ ), Bağlı Rölyef ( $R_{hp}$ ) ve Engebellek Değeri ( $R_n$ ), Hipsometrik Eğri ( $H_c$ ) ve Hipsometrik İntegral ( $H_i$ ) parametreleri kullanılmıştır (Çizelge 1).

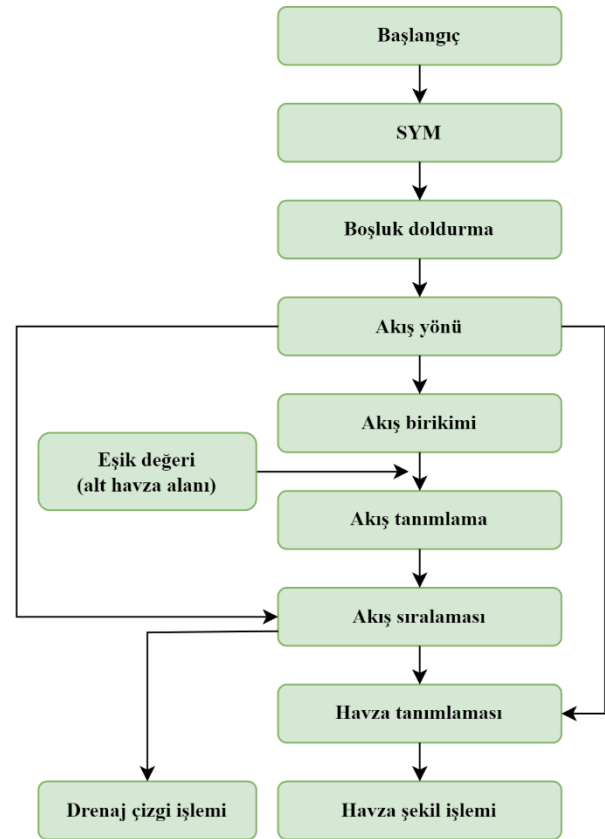
## 3. Bulgular ve tartışma

### 3.1. Çizgisel Morfometri

Çalışma alanının çizgisel morfometri parametreleri, Strahler (1952) yöntemi dikkate alınarak belirlenen akarsu dizinleri temelinde hesaplanmıştır (Çizelge 1). Bu sisteme göre bağlandığı akarsu kolu bulunmayan ilk dizin, birleşerek bir sonraki dizini meydana getirir. Bu sistem, son dizine kadar aynı değerdeki dizinlerin birleşerek bir sonraki dizini oluşturduğu hiyerarşik bir yapıyı ifade eder (Şekil 3). Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının Strahler sistemine göre 6 dizine ayrıldığı tespit edilmiştir (Çizelge 2 ve 3).

### 3.1.1. Çatallanma oranı ( $R_b$ )

Çatallanma oranı ( $R_b$ ) havzadaki bir akarsu dizin sayısının ( $N_u$ ) bir sonraki dizin sayısına ( $N_{u+1}$ ) oranını ifade eder (Çizelge 1). Tüm dizinler arası  $R_b$  değerlerinin ortalaması ise havzaların çatallanma oranı değerini verir (Horton, 1945; Schumm, 1956).  $R_b$  değeri, bir havzanın jeolojik açıdan homojenliği, infiltrasyon potansiyeli ve debisi gibi özellikleri hakkında yorum yapabilmeyi mümkün kılar.  $R_b$  değerinin 3-5 arasında bir değerde olması havza litolojisinin daha homojen olduğunu gösterirken, bu değer düşük olması havzada sızma kapasitesinin düşük olduğunu ve yüksek debi sebebiyle taşkın duyarlılığının da yüksek olduğunu işaretidir (Özdemir, 2011; Erdede ve Öztürk, 2016; Turoğlu ve Aykut, 2019). Çalışmada Ermenek Çayı Havzasının  $R_b$  değeri 4.46; Gökçay Havzasının  $R_b$  ise 4.50 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2 ve 3).

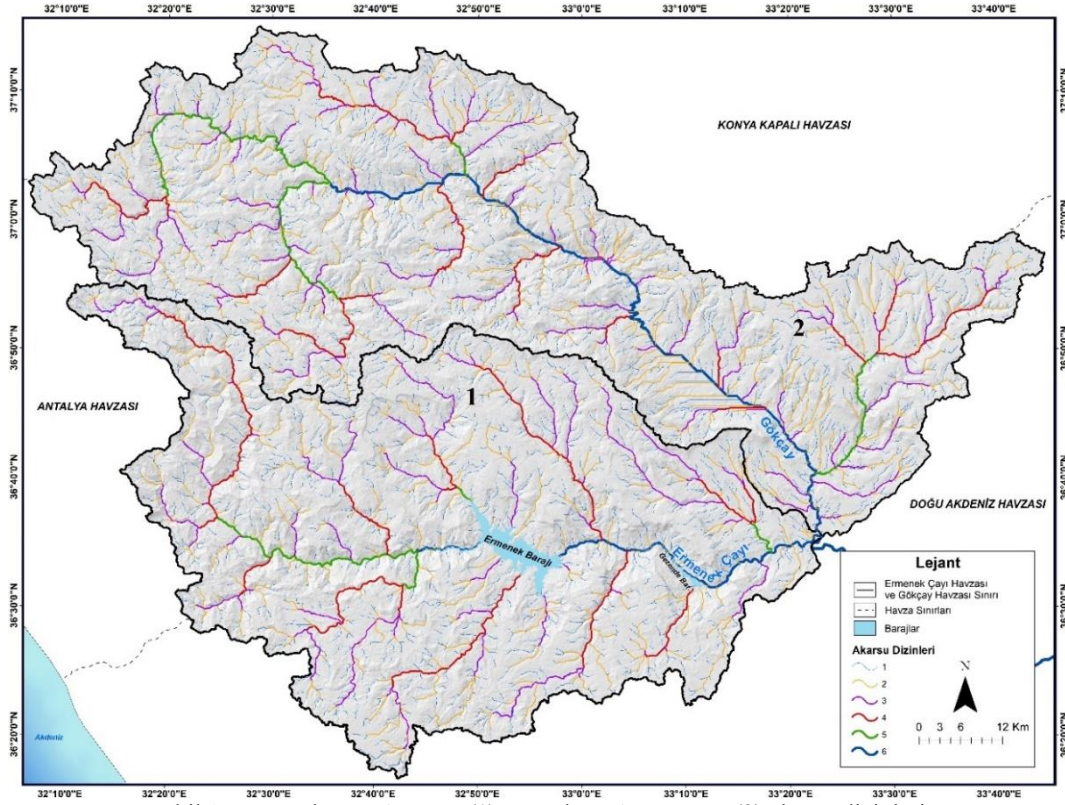


Şekil 2. Arc Hydro eklentisinin iş akış şeması



Çizelge 1. Çalışmada kullanılan morfometrik analiz parametreleri

Cizgisel morfometri	Sembol	Formül	Referans
Akarsu dizin sayısı ( <i>Number of streams</i> )	$N_u$	$N_u = N_1 + N_2 + \dots + N_n$	Horton (1945)
Çatallanma oranı ( <i>Bifurcation ratio</i> )	$R_b$	$R_b = N_u / N_{u+1}$	Horton (1945)
Akarsu uzunluğu (km) ( <i>Stream length</i> )	$L_u$	$L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_n$	Horton (1945)
Ortalama akarsu uzunluğu (km) ( <i>Mean stream length</i> )	$L_{um}$	$L_{um} = L_u / N_u$	Strahler (1964)
Akarsu uzunluk oranı ( <i>Stream length ratio</i> )	$R_L$	$R_L = L_u / L_{u+1}$	Horton (1945)
Yüzeysel Akış Uzunluğu ( <i>Length of overland flow</i> )	$\ell_o$	$\ell_o = 1/2D_d$	Horton (1945)
Tekstür Oranı ( <i>Texture ratio</i> )	T	$T = N_{u1} * (1/P)$	Horton (1945)
Alansal Morfometri	Sembol	Metot	Referans
Havza alanı (km <sup>2</sup> ) (Basin area)	A	Alan hesabı	Schumm (1956)
Havza çevresi (km) (Basin perimeter)	P	Çevre ölçümü	Schumm (1956)
Havza uzunluğu (km) (Length of the basin)	Lb	Uzunluk ölçümü	Schumm (1956)
Drenaj yoğunluğu (Drainage density)	Dd	$Dd = \sum L_u / A$	Horton (1945)
Akarsu sıklığı (Stream frequency)	Fs	$Fs = N_u / A$	Horton (1945)
Form faktörü (Form factor)	Ff	$Ff = A / L_b^2$	Horton (1932)
Dairesellik oranı (Circularity ratio)	Rc	$Rc = 12,57 * (A/P^2)$	Miller (1953)
Havza uzunluk oranı (Elongation ratio)	Re	$Re = 2/L_b * \sqrt{(A/\pi)}$	Schumm (1956)
İnfiltrasyon değeri (Infiltration number)	If	$If = Fs * Dd$	Faniran (1968)
Gravelius İndeksi (Gravelius index)	Kg	$Kg = P/2\sqrt{\pi} * A$	Gravelius (1914)
Rölyef Morfometrisi	Sembol	Metot	Referans
Havza rölyefi (Basin relief)	H	$H = H_{max} - H_{min}$	Schumm (1956)
Rölyef oranı (Relief ratio)	Rh	$Rh = H / L_b$	Schumm (1956)
Bağıl rölyef (Relative relief)	Rhp	$Rhp = H * 100 / P$	Melton (1957)
Engebelilik değeri (Ruggedness number)	Rn	$Rn = H * Dd$	Melton (1957)
Hipsometrik eğri (Hypsometric curve)	Hc	$X = a/A \quad Y = h/H$	Strahler (1952)
Hipsometrik integral (Hypsometric integral)	Hi	$Hi = Hort. - H_{min} / H_{max} - H_{min}$	Keller ve Pinter (2002)



Şekil 3. Ermenek Çayı havzası (1) ve Gökçay havzasının (2) akarsu dizinleri

### 3.1.2. Akarsu uzunluk oranı ( $R_L$ )

Akarsu uzunluk oranı ( $R_L$ ) değeri, bir dizindeki toplam akarsu uzunluğunun ( $L_u$ ), bir sonraki dizindeki toplam akarsu uzunluğuna ( $L_{u+1}$ ) bölünmesi ile elde edilir (Horton, 1945). Dizinler arası akarsu uzunluk oranlarının ( $R_L$ ) ortalaması ise akarsu ağının içerisinde bulunduğu havzanın  $R_L$  değerini ifade eder.  $R_L$  değeri yüzeysel akışı ve akarsuyun drene olmasına bağlı olarak taşkın hassasiyeti konusunda değerlendirme yapma imkanı sağlayabilir (Babu vd., 2016; Aldharab vd., 2019). Havza  $R_L$  değerinin nispeten düşük olması, akarsuyun kolayca drene olduğu uzunlamasına havzalara işaret etmektedir (Özdemir, 2011).  $R_L$  değerinin yüksekliği ise yüzeysel akışlardaki daha az kayıpla beraber ana koldaki birikime bağlı olarak taşkın hassasiyetinin arttığı nispeten dairesel havzaların bir göstergesidir. Çalışmada bir havzanın uzunlamasına veya dairesel olması hakkında bilgi verebilen (Turoğlu ve Aykut, 2019) ortalama akarsu uzunluğunun ( $L_{um}$ ) dizinler arası artışı da incelenmiş ve Gökçay havzasındaki  $L_{um}$  değerinin, üst dizinlere doğru daha fazla arttığı gözlenmiştir. Strahler (1952)'e göre derecelendirilen akarsu dizinlerinin uzunlukları dikkate alınarak uygulanan formül sonucunda Ermenek Çayı Havzasının  $R_L$  değeri 2; Gökçay Havzasının  $R_L$  değeri ise 1.9 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2 ve 3).

### 3.1.3. Yüzeysel akış uzunluğu ( $l_o$ )

Belirli bir akarsu yatağında yoğunlaşmayan suların yüzey akış uzunluğunu ifade eden  $l_o$  değeri,  $1/2D_d$  formülü ile hesaplanır. Drenaj yoğunluğunun ( $D_d$ ) yarısına eşit olan yüzeysel akış uzunluğu ( $l_o$ ), havzadaki hem hidrolojik hem jeomorfolojik gelişimini etkileyen en önemli bağımsız değişkenlerden biridir (Horton, 1945; Dubey vd., 2015; Withanage vd., 2015). Bir havzada  $l_o$  değerinin düşük olması, havzanın nispeten dairesel olduğuna işaret eder (Özdemir, 2011). Araştırmada Ermenek Çayı Havzasının  $l_o$  değeri 0.45 iken Gökçay Havzasının  $l_o$  değeri 0.46'dır (Çizelge 4).

### 3.1.4. Tekstür oranı ( $T$ )

Smith (1950) tarafından "akarsular tarafından parçalanmış alanlar" ve "en küçük dizindeki akarsular arasındaki aralıklar" olarak tanımlanan tekstür oranı ( $T$ ), günümüzde de birçok araştırmacı tarafından benzer şekilde, akarsu dizinleri arasındaki göreceli aralığın (km cinsinden) sayısal ifadesi olarak tanımlanmaktadır (Smith, 1950; Biswas vd., 2014; Withanage vd., 2015; Sidral ve Zende, 2016; Turoğlu ve Aykut, 2019).  $T$  değeri, Horton'un (1945) "parmak ucu" olarak ifade ettiği ilk dizindeki toplam akarsu sayısının ( $N_{u1}$ ), havza çevresine ( $P$ ) oranını ifade eder (Horton, 1945; Chandrashekar vd., 2015; Rana vd., 2016). Litoloji, infiltrasyon kapasitesi ve havzanın bakışı ile ilişkili olan  $T$  değerinin, ilk dizin akarsuların sayılarına bağlı olarak nispi yüksekliği, dairesel havza gelişiminin bir göstergesidir (Özdemir, 2011). Belirtilen formül doğrultusunda Ermenek Çayı Havzasının  $T$  değeri 3.52; Gökçay Havzasının  $T$  değeri ise 3.14 olarak hesaplanmıştır.

### 3.2. Alansal Morfometri

Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının alansal morfometrisi 10 parametre kapsamında değerlendirilmiştir (Çizelge 1). Çalışmada, Ermenek Çayı Havza alanının ( $A$ ) 4073 km<sup>2</sup>, Gökçay Havza alanının ise 4442 km<sup>2</sup> olduğu belirlenmiştir. Havzaların çevre ( $P$ ) değerleri hesaplandığında; Ermenek Çayı havzasının 485 km, Gökçay havzasının 575 km çevre uzunluğuna sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Ermenek Çayı havzasının bazı çizgisel morfometri parametrelerinin sonuçları

Akarsu dizinleri	Akarsu sayısı ( $N_u$ )	Km biriminde akarsu uzunluğu ( $L_u$ )	Km biriminde ortalama akarsu uzunluğu ( $L_{um}$ )	Çatallanma oranı ( $R_b$ )	Uzunluk oranı ( $R_L$ )
1	1706	1880.68	1.10	-	-
2	409	915.93	2.24	4.2	2.1
3	78	441.71	5.66	5.2	2.1
4	21	252.19	12.00	3.7	1.8
5	5	9191	18.38	4.2	2.7
6	1	63.24	63.24	5	1.5
$\Sigma = 2220$		$\Sigma = 3645.7$		Ort. = 4.5	Ort. = 2.0

Çizelge 3. Gökçay havzasının bazı çizgisel morfometri parametrelerinin sonuçları

Akarsu derecesi	Akarsu sayısı ( $N_u$ )	Km biriminde akarsu uzunluğu ( $L_u$ )	Km biriminde Ortalama akarsu uzunluğu ( $L_{um}$ )	Çatallanma oranı ( $R_b$ )	Uzunluk Oranı ( $R_L$ )
1	1803	2124.66	1.18	-	-
2	397	1063.32	2.68	4.5	2
3	96	481.95	5.02	4.1	2.2
4	17	194.11	11.47	5.6	2.5
5	4	110.75	27.68	4.3	1.8
6	1	117.85	117.85	4	0.9
$\Sigma = 2318$		$\Sigma = 4092.64$		Ort. = 4.5	Ort. = 1.9

Çizelge 4. Havzaların  $D_d$  ve  $l_o$  değerleri

Havza adı	Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ )	Yüzeysel akış uzunluğu ( $l_o$ )
Ermenek çayı havzası	0.90	0.45
Gökçay havzası	0.92	0.46

### 3.2.1. Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ )

Bir havzadaki tüm dizinlerin toplam uzunluğunun ( $\sum L_u$ ), havza alanına (A) bölünmesi ile hesaplanan drenaj yoğunluğu değeri ( $D_d$ ), birim alandaki ortalama akarsu uzunluğunu ifade eder (Horton, 1945). Havzaların iklim, litoloji, vejetasyon, topografya ve infiltrasyon özellikleriyle bağlantılı olan  $D_d$  değeri, ayrıca Smith (1950) tarafından tekstür ile ilişkilendirilerek beş sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflamaya göre her iki havza da “çok kaba” tekstür sınıfına dahil olmaktadır (Çizelge 5). Çalışmada, Ermenek Çayı Havzasının  $D_d$  değeri 0.90; Gökçay Havzasının  $D_d$  değeri ise 0.92 olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.2. Akarsu sıklığı ( $F_s$ )

Akarsu sıklığı ( $F_s$ ), bir havzadaki toplam akarsu dizin sayısının ( $N_u$ ), havza alanına (A) oranını ifade etmektedir (Horton, 1945). Akarsu Sıklığı ( $F_s$ ) havzaların litolojik yapısı, bitki örtüsü ve rölyef özellikleri ile ilişkilidir. Bir havzada  $F_s$  değerinin yüksek çıkması, görece geçirimsiz litolojik yapı, seyrek bitki örtüsü ve yüksek rölyefin göstergesi iken bu değerinin düşüklüğü için aksi yönde değerlendirmeler yapılabilir (Uzun, 2014; Rajasekhar vd., 2020; Öztekin ve Coşkun, 2021). Ayrıca  $F_s$  değerinin yüksekliği, geçirimsiz yapı ile birlikte doğal olarak taşkın potansiyelinin de nispi artışına işaret etmektedir. Araştırma kapsamında Ermenek Çayı Havzasının  $F_s$  değeri 0.55 iken Gökçay Havzasını  $F_s$  değeri 0.52 olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.3. İnfiltrasyon değeri ( $I_f$ )

Faniran (1968) tarafından tanımlanan infiltrasyon değeri ( $I_f$ ), akarsu sıklığı değeri ( $F_s$ ) ile drenaj yoğunluğu değerinin ( $D_d$ ) çarpılmasıyla elde edilir (Çizelge 1). İnfiltrasyon değeri ( $I_f$ ) havzaların sızma kapasitesi, yüzey akışı ve dolayısıyla taşkın potansiyeli hakkında bilgi verebilir.  $I_f$  değerinin görece yüksek olması; havzada akışa geçen suların sızmanın düşük olduğunu, yüzeysel akışın hızlı ve dolayısıyla taşkın potansiyelinin nispi yüksekliğini gösterir (Dubey vd., 2015; Sidral ve Zende, 2016; Gosavi vd., 2018; Rai vd., 2019). Çalışmada, Ermenek Çayı Havzası  $I_f$  değerinin 0.50; Gökçay Havzası  $I_f$  değerinin ise 0.48 olduğu tespit edilmiştir.

### 3.2.4. Form faktörü ( $F_f$ )

Horton (1932) tarafından “havza genişliğinin, uzunluğuna oranı” olarak tanımlanan form faktörünün ( $F_f$ ) formülü, havza alanının (A) havza uzunluğunun karesine ( $L_b^2$ ) bölünmesi şeklinde ifade edilmiştir (Horton, 1932). Havzaların şekilleri hakkında değerlendirme yapabilmek için yaygın olarak kullanılan  $F_f$  değeri daima, tam bir daireyi temsil eden 0,754 değerinden küçük olmalıdır (Sidral ve Zende, 2016).  $F_f$  değerindeki görece yükseklik daha dairesel havzaların bir göstergesi olmakla birlikte akışın aniden pik yaptığı ve dolayısıyla taşkın potansiyeli yüksek havzaları işaret eder. Uzunlamasına havzaların göstergesi olan düşük

$F_f$  değeri ise, pik akımlarının daha az gözlemlendiği ve dolayısıyla taşkın potansiyelinin görece düşük olduğu havzaların bir göstergesidir (Rai vd., 2018). Belirtilen formüle göre Ermenek Çayı Havzasının  $F_f$  değeri 0.32 iken Gökçay Havzasının  $F_f$  değeri 0.21'dir.

### 3.2.5. Dairesellik oranı ( $R_c$ )

Dairesellik oranı ( $R_c$ ), Miller (1953) tarafından; havza alanının, havza ile aynı çevreye sahip olan bir daire alanına oranı olarak tanımlanmıştır (Gray, 1961).  $R_c$  değeri 12.57 sabit sayısı ( $4*\pi$ ) ile alan (A) bölü havza çevresi karesinin ( $P^2$ ) çarpılması formülü ile hesaplanabilmektedir (Çizelge 1). Havza şekli betimlemek için önerilen  $R_c$  değerinin 1'e yaklaşması bir havzanın daireselliğinin göstergesidir. Ayrıca  $R_c$  değerinin düşüklüğü görece uzunlamasına havzaların ve havza gelişiminde yapı kontrolünün daha az etkili olduğunu işaret eder (Babu vd., 2016). Araştırma alanındaki havzaların  $R_c$  değerleri, Ermenek Çayı Havzasında 0.21; Gökçay Havzasında ise 0.16'dır.

### 3.2.6. Havza uzunluk oranı ( $R_e$ )

Havza uzunluk oranı ( $R_e$ ) Schumm (1956) tarafından, havza ile aynı alana (A) sahip bir dairenin çapı ile havza uzunluğu ( $L_b$ ) arasındaki oran olarak tanımlanmıştır. Formülde kullanılan havza uzunluğu değeri ( $L_b$ ), bir havzanın iki noktası arasındaki maksimum uzaklık olarak ifade edilmiştir (Schumm, 1956). Havza uzunluk oranı ( $R_e$ ) değerinin 1'e yaklaştığı oranda havzanın nispeten dairesel olduğu çıkarımı yapılabilir. Havza şekilleri Strahler (1964) tarafından  $R_e$  değerlerine göre 5 sınıfa ayrılmıştır (Gosavi vd., 2018; Rai vd., 2019). Bu sınıflandırmaya göre iki havza da “uzun” sınıfa dahil olmakla beraber Ermenek Çayı havzasının  $R_e$  değerinin dairesel şekle daha yakın olduğunu tespit edilmiştir (Çizelge 6).  $R_e$  değeri havzaların infiltrasyon kapasitesi, erozyon ve taşkın duyarlılığı hakkında değerlendirme yapılmasını sağlayabilir. Görece yüksek  $R_e$  değeri, havzadaki infiltrasyon kapasitesinin düşüklüğü ve yüzeysel akışın yüksekliğine bağlı olarak taşkın duyarlılığının artışına işaret eder. Ayrıca  $R_e$  değerinin yüksekliği havzadaki sediment yükünün artışı ve erozyon duyarlılığının nispi yüksekliğinin de göstergesidir (Erdede ve Öztürk, 2016; Banerjee vd., 2017; Aldharab vd., 2019; Turoğlu ve Aykut, 2019). Araştırma kapsamında Ermenek Çayı Havzasının  $R_e$  değeri 0.64; Gökçay Havzasının  $R_e$  değeri 0.53 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Smith (1950)'e göre  $D_d$  değeri sınıflaması

Drenaj yoğunluğu (km/km <sup>2</sup> )	Tekstür
< 2	Çok Kaba
2 – 4	Kaba
4 – 6	Orta
6 – 8	İyi
> 8	Çok İyi

Çizelge 6.  $R_e$  değerine göre havza şekli sınıflaması

Havza uzunluk oranı ( $R_e$ )	Havza şekli
> 0.9	Dairesel
0.9 – 0.8	Oval
0.8 – 0.7	Az Uzun
0.7 – 0.5	Uzun
< 0.5	Çok Uzun

### 3.2.7. Gravelius indeksi ( $K_g$ )

Gravelius (1914), havza şekillerini standart olarak karşılaştırmak için bir havza çevresinin, aynı alana sahip dairenin çevresine oranını ifade eden ve kompaktlık katsayısı (compactness coefficient) olarak da bilinen bir indeks önermiştir. Bilindiği üzere daire, herhangi bir çevre değeri (P) için, alanı (A) maksimum olan şekil iken herhangi bir alan değeri için çevresi minimum olan şekildir. Bu sebeple herhangi bir havzanın çevresinin, aynı alana sahip daire çevresinden daha büyük olması gerekir (Bendjoudi ve Hubert, 2002). Bu sebeple Gravelius indeksi ( $K_g$ ), tam bir daireyi ifade eden 1 değerinden büyüktür ve  $K_g$  değerleri 1'e yaklaştığı oranda havzalar, görece dairesel özellikte olacaktır.  $K_g$  değerinin artışı ile bu değerden uzaklaşma, havza sınırlarındaki düzensizliğin ve uzunlamasına havzaların bir göstergesidir (Sassolas-Serrayet vd., 2018). Hesaplama sonucunda, Ermenek Çayı Havzasının  $K_g$  değerleri 2.03; Gökçay Havzasının  $K_g$  değerleri ise 2.43 olarak bulunmuştur.

### 3.3. Rölyef Mofrometrisi

Havzaların üç boyutlu topografik özellikleri ile ilişkili olan rölyef morfometrisi, çalışmada; havza rölyefi (H), rölyef oranı ( $R_h$ ), bağlı rölyef ( $R_{hp}$ ), engebelilik değeri ( $R_n$ ), hipsometrik eğri ( $H_c$ ) ve hipsometrik integral ( $H_i$ ) parametreleri kapsamında değerlendirilmiştir (Çizelge 1).

#### 3.3.1. Havza rölyefi (H)

Havza rölyefi (H), bir havzanın en yüksek ( $H_{max.}$ ) ve en düşük ( $H_{min.}$ ) noktası arasındaki uzaklığı ifade etmektedir (Schumm, 1956). H değerinin artışı, bir havzadaki yamaçların dikliği, akarsu yatak eğiminin artışı, yüzeysel akışın daha hızlı toplanması ve bu gerekçelerle akarsu hacmindeki yükselişi takiben taşkın hassasiyetinin de görece artışının bir göstergesidir (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). Çalışmada, Ermenek Çayı Havzasının H değeri 2726 m; Gökçay Havzasının H değeri 2350 m olarak tespit edilmiştir.

#### 3.3.2. Rölyef oranı ( $R_h$ )

Schumm (1956) tarafından tanımlanan rölyef oranı ( $R_h$ ) havza rölyefinin (H), havza uzunluğuna oranını ifade etmektedir. Topografya hakkında ayrıntılı bilgi eksikliği bulunması durumunda kullanışlı olan bu parametre, farklı topografyalara sahip havzaların karşılaştırılmasına imkân vermesi bakımından önemlidir. Bununla birlikte Schumm (1956), formülde kullanılacak havza rölyefi (H) değeri hesaplanırken anormal oranda yüksek noktaların göz ardı edilmesi gerektiğini ifade etmiştir (Schumm, 1956; Strahler, 1957).  $R_h$  değerinin görece yükselmesi engebeli arazi yapısına, düşmesi ise geniş vadilere işaret etmekle birlikte genel olarak havza rölyefi (H) değeri ile benzer göstergelere sahiptir (Rajasekhar vd., 2020). Belirlenen H değerine göre Ermenek Çayı Havzasının  $R_h$  değeri 0.024; Gökçay Havzasının  $R_h$  değeri ise 0.016'dır.

#### 3.3.3. Bağlı rölyef ( $R_{hp}$ )

Bağlı rölyef ( $R_{hp}$ ), Melton (1957) tarafından zirveden akarsu ağzına kadar, havzanın genel dikliğinin bir ölçüsü

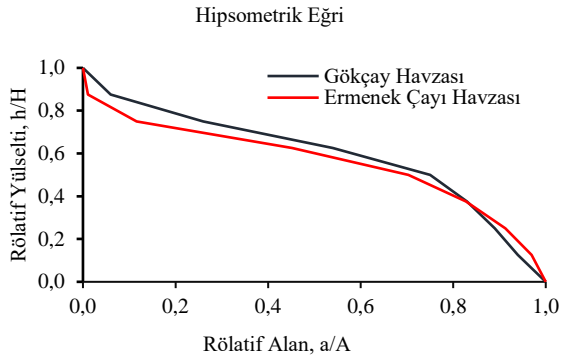
olarak tanımlanmıştır. Havza rölyefinin (H) çevreye (P) oranını ifade eden bu parametre; zirvenin akarsu ağzına göre konumunun, ölçümü etkilememesi amacıyla oluşturulmuştur (Melton, 1957). Bir yıl öncesinde Schumm (1956)'un "anormal yükseklikteki zirveler göz ardı edilmeli" ifadesi ile rölyef oranı ( $R_h$ ) formülünde de bu sorunu düzeltmeye çalıştığı düşünüldüğünde, bağlı rölyef ( $R_{hp}$ )'in önemi daha iyi anlaşılacaktır (Schumm, 1956). Bir havzadaki yamaç eğiminin artışı ile arasında pozitif doğrusal ilişki bulunan  $R_{hp}$  değeri, Ermenek Çayı Havzasında 0.56; Gökçay Havzasında ise 0.41'dir.

#### 3.3.4. Engebelilik Değeri ( $R_n$ )

Havza rölyefi (H) ile drenaj yoğunluğunun ( $D_d$ ) çarpılması sonucu elde edilen engebelilik değeri ( $R_n$ ), bir havzanın yarılma durumunu ifade etmektedir (Melton, 1957).  $R_n$  değeri bir havzanın eğimi, yapının geçirimsizliği, yüzeysel akışı gibi özellikleri ile ilgili değerlendirme yapma imkânı sağlar.  $R_n$  değerinin yüksekliği havzadaki eğimin artışına, yapının daha az geçirimli olduğuna ve yüzeysel akışa geçen suyun fazlalığı ile birlikte taşkın hassasiyetinin artışına işaret eder. Ayrıca görece yüksek  $R_n$  değerine sahip havzalarda erozyon duyarlılığının arttığı yorumu da yapılabilir (Aldharab vd., 2019; Turoğlu ve Aykut, 2019; Al-Assadi, 2020). Araştırma kapsamında Ermenek Çayı Havzasının  $R_n$  değerinin 2.45; Gökçay Havzasının  $R_n$  değerinin 2.16 olduğu tespit edilmiştir.

#### 3.3.5. Hipsometrik eğri ( $H_c$ ) ve hipsometrik integral ( $H_i$ )

Hipsometrik analizler Strahler (1952) tarafından, belirli bir yüzey alanının yüksekliğe göre dağılımının incelenmesi olarak tanımlanmıştır (Strahler, 1952). Hipsometrik eğri ( $H_c$ ) ve hipsometrik integral ( $H_i$ ) gibi çıktılarına sahip olan bu analizler, farklı ölçekteki havzaların tektonik aktivite, yüzey akışı, jeomorfolojik gelişmişlik gibi özellikleri bakımından karşılaştırılmalarını mümkün kılar (Luo ve Harlin, 2003; Ahmed ve Srinivasa Rao, 2016). Hipsometrik eğri ( $H_c$ ) kısaca, göreceli yüksekliğin (h/H), göreceli alana (a/A) dağılımını temsil eden eğridir (Şekil 4). Hipsometrik eğrinin dışbükey olması havzanın gençlik evresinde olduğunu gösterirken, S şeklinde olması olgunluk evresinin, içbükey olması ise yaşlılık evresinin bir göstergesidir (Sharma ve Mahajan, 2020). Ayrıca bilindiği üzere havzalar yaşlılık evresine yaklaştığı yani içbükey hipsometrik eğriye sahip oldukları oranda, havzadaki taşkın karakterli su baskınlarında artış gerçekleşecektir (Özdemir, 2011). Yükseltinin  $R_h$ 'ye oranı olarak da ifade edilen hipsometrik integral ( $H_i$ ) ise hipsometrik eğri altında kalan toplam alanın sayısal ifadesi olarak tanımlanmaktadır (Strahler, 1952). Havzalar  $H_i$  değerlerine göre; az aşınmış yüzeylerin bulunduğu gençlik evresi ( $H_i \geq 0.60$ ), yamaç erozyonunun şiddetlendiği olgunluk evresi ( $0.30 \leq H_i \leq 0.60$ ) ve erozyona yatkın olmakla birlikte topografyanın yarı denge aşamasında olduğu yaşlılık evresi ( $H_i \leq 0.30$ ) olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca havzaları,  $H_i$  değerinin yükseldiği oranda tektonik aktivitenin arttığı gençlik evresinde;  $H_i$  değerinin azaldığı oranda ise tektonik aktivitenin daha durağan hale geldiği yaşlılık evresinde kategorize eden sınıflandırmalar da mevcuttur (Ajaykumar ve Gopinath, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019). Araştırma kapsamında belirlenen  $H_i$  değerleri Ermenek Çayı Havzasında 0.49; Gökçay Havzasında ise 0.50'dir (Çizelge 7).



Şekil 4. Havzaların hipsometrik eğrileri ( $H_c$ )

Çizelge 7. Morfometrik analiz parametrelerinin sonuçları

Morfometrik parametre	Sembol	Ermenek çayı havzası	Gökçay havzası
Yüzeysel Akış Uzunluğu (Length of overland flow)	$L_o$	0.45	0.46
Tekstür Oranı (Texture ratio)	T	3.52	3.14
Havza alanı (km <sup>2</sup> ) (Basin area)	A	4073	4442
Havza çevresi (km) (Basin perimeter)	P	485.2	575
Havza uzunluğu (km) (Length of the basin)	$L_b$	113	146
Drenaj yoğunluğu (Drainage density)	$D_d$	0.90	0.92
Akarsu sıklığı (Stream frequency)	$F_s$	0.55	0.52
Form faktörü (Form factor)	$F_f$	0.32	0.21
Dairesellik oranı (Circulatory ratio)	$R_c$	0.21	0.16
Havza uzunluk oranı (Elongation ratio)	$R_e$	0.64	0.53
İnfiltrasyon değeri (Infiltration number)	$I_f$	0.50	0.48
Gravelius İndeks (Gravelius index)	$K_g$	2.03	2.43
Havza rölyefi (Basin relief)	H	2726	2350
Rölyef oranı (Relief ratio)	$R_h$	0.024	0.016
Bağıl rölyef (Relative relief)	$R_{hp}$	0.56	0.41
Engebellelik değeri (Ruggedness number)	$R_n$	2.45	2.16
Hipsometrik integral (Hypsometric integral)	$H_i$	0.49	0.50

#### 4. Sonuç

Gelişmekte olan havza temelli doğal kaynak yönetimi anlayışı ile birlikte doğal kaynakların, havza sınırları dikkate alınarak korunması ve sürdürülebilir kullanımına yönelik önceliklerin belirlenmesi giderek önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, havzaların jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik açıdan potansiyel sorunlarının tespitine yönelik çeşitli göstergeler içeren morfometrik analizler, sorunlara müdahale konusunda alt havzalar arasında önceliklendirme yapabilmeyi de mümkün kılan kullanışlı bir yöntem olarak görülmüştür (Poongodi ve Venkateswaran, 2018; Amiri vd., 2019; Malik vd., 2019; Rahmati vd., 2019; Sharma ve Mahajan, 2020). Araştırma kapsamında Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının çizgisel, alansal ve rölyef morfometrilerine ait toplam 23

parametre, morfometrik analizler ve bulgular kısmında belirtildiği şekilde tespit edilmiştir. Çatallanma oranı değerleri ( $R_b$ ) incelendiğinde, Ermenek Çayı Havzası  $R_b$  değerinin (4.46), Gökçay Havzası  $R_b$  değerinden (4.50) düşük olması sebebiyle, Ermenek Çayı Havzasının görece düşük sızma kapasitesine ve yüksek debiye sahip bir havza olduğu anlaşılmaktadır. Ermenek Çayı Havzası akarsu uzunluk oranı ( $R_L$ ) değerinin (2.0), Gökçay Havzasına (1.9) oranla yüksek çıkması da Ermenek Çayı Havzası için ifade edilen düşük sızma kapasitesi fikrini desteklemektedir. Ayrıca havzaların dizinler arası ortalama akarsu uzunlukları incelendiğinde, üst dizinlere doğru ortalama uzunluğunun ( $L_{um}$ ) Gökçay Havzasında daha fazla artması,  $R_L$ ,  $l_o$  ve T değerlerinin de desteklediği şekilde Gökçay Havzasının, Ermenek Çayı Havzasına oranla daha uzunlamasına bir havza olduğunu göstermektedir.

Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ ) değerlerine göre iki havza da "çok kaba" tekstür sınıfına dahil olmaktadır. Ermenek Çayı Havzasında akarsu sıklığı ( $F_s$ ) değerinin görece yüksek çıkması havzada seyrek bitki örtüsü, yüksek rölyef ve geçirimsiz litolojiye işaret etmektedir. Bununla birlikte  $R_b$ ,  $R_L$ ,  $I_f$ ,  $F_f$ ,  $R_c$  ve  $R_n$  parametrelerinin de desteklediği şekilde düşük sızma kapasitesine bağlı olarak Ermenek Çayı Havzasının Gökçay Havzasına oranla daha yüksek taşkın potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Gravelius indeksi ( $K_g$ ), dairesellik oranı ( $R_c$ ) ve havza uzunluk oranı ( $R_e$ ) değerlerinin 1'e yaklaştığı oranda havzaların dairesel olacağı bilindiğinden, Gökçay Havzasının bu değere nispeten uzak olmasıyla uzunlamasına havza özelliğinde; Ermenek Çayı Havzasının ise görece dairesel havza özelliğinde olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca Ermenek Çayı Havzasının nispi daireselliğini gösteren bu durum, form faktörü ( $F_f$ ) parametresi tarafından da doğrulanmıştır.  $R_e$  değerine göre yapılan sınıflandırmada iki havza da uzunlamasına havza sınıfına dahil olmakla birlikte bilindiği üzere bu sonuçlar havzaların göreceli uzunluk veya daireselliğini ifade etmektedir.

Havza rölyefi (H), rölyef oranı ( $R_h$ ), bağıl rölyef ( $R_{hp}$ ) ve engebellelik değeri ( $R_n$ ) parametreleri Ermenek Çayı Havzasında, Gökçay Havzasına oranla daha yüksek değerlerde çıkmıştır. Bu parametreler, ortak bir şekilde Ermenek Çayı Havzasının görece yüksek eğime sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu değerlere göre, Ermenek Çayı Havzasının nispi daireselliğine ( $L_{um}$ ,  $l_o$ , T,  $F_f$ ,  $R_c$ ,  $K_g$ ) ve geçirimsizliğine ( $R_b$ ,  $R_L$ ,  $F_s$ ,  $I_f$ ,  $R_e$ ,  $R_n$ ) işaret eden diğer parametrelerle uyumlu olarak, gerçekleşecek akışların daha çok taşkın karakterli olacağı yorumu yapılabilir. Hipsometrik eğri ( $H_c$ ) ve hipsometrik integral ( $H_i$ ) değerleri dikkate alındığında hem Ermenek Çayı Havzasının hem de Gökçay Havzasının S şekilli hipsometrik eğriye sahip olmalarıyla olgunluk evresinde oldukları değerlendirilerek birlikte Ermenek Çayı Havzasının yaşlılık evresine daha yakın olduğu söylenebilir (Şekil 4).  $H_i$  değerlerine bakıldığında ise Gökçay Havzasının gençlik evresine daha yakın olmakla birlikte iki havzanın da olgunluk evresinde olduğu anlaşılabacaktır. Sonuç olarak iki havza karşılaştırıldığında Ermenek Çayı Havzasının, görece düşük infiltrasyon potansiyeli, yüksek taşkın hassasiyeti ve yüksek daireselliğe sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca erozyon duyarlılığının nispi artışı gösteren parametreler ( $R_e$ ,  $R_n$ ) dikkate alındığında, su kaynaklarının yanı sıra Ermenek Çayı Havzasındaki toprakların da koruma ve yönetime duyulacak ihtiyaç bakımından dezavantajlı durumda olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple Gökçay



Havzasına oranla Ermenek Çayı Havzasının muhtemel havza temelli doğal kaynak yönetimi planlamalarında daha öncelikli olduğu anlaşılmaktadır. Araştırmaya konu olan iki havza özelinde görüldüğü üzere morfolojik analizlerin, Türkiye ölçeğinde yapılacak muhtemel havza çalışmaları için kullanışlı bir yöntem olabileceği ve havza önceliklendirmesi konusunda karar vericilere katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

#### Kaynaklar

- Ahmed, F., Srinivasa Rao, K., 2016. Hypsometric analysis of the Tuirini drainage basin: A Geographic Information System approach. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 6: 1685-1695.
- Ajaykumar, B.N., Gopinath, G., 2018. Geospatial techniques for the analysis of hypsometric parameters of a humid tropical river basin, south western Ghats, India. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13: 465-476.
- Al-Assadi, K.H.F., 2020. Analyzing the morphometric characteristics of Wadi Mezal basin using geographical information systems. *Groundwater for Sustainable Development*, 11: 1-7. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100436.
- Aldharab, H.S., Ali, S.A., Ghareb, J.I.S.A., 2019. Analysis of basin geometry in Ataq region, part of Shabwah Yemen: Using remote sensing and geographic information system techniques. *Bulletin of Pure and Applied Sciences*, 38: 1-15. DOI: 10.5958/2320-3234.2019.00001.5.
- Amiri, M., Pourghasemi, H.R., Arabameri, A., Vazirzadeh, A., Yousefi, H., Kafaei, S., 2019. Prioritization of Flood Inundation of Maharloo Watershed in Iran Using Morphometric Parameters Analysis and TOPSIS MCDM Model. In: *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences* (Ed: Pourghasemi, H.R., Gokceoglu, C.), Elsevier Inc., pp. 371-390. DOI: 10.1016/b978-0-12-815226-3.00016-8.
- Atalay, İ., 2010. Uygulamalı Klimatoloji. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir.
- Atalay, İ., Altunbaş, S., Khan, A.A., Coşkun, M., 2018. The Mountain Ecology of the Taurus Mountains and Its Effects on Nomadism. *International Geography Symposium on the 30th Anniversary of TUCAUM*, 3-6 October, Ankara, Turkey, pp. 623-640.
- Atalay, İ., 2018. Uygulamalı Hidrografiya. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir.
- Atalay, İ., Altunbaş, S., Coşkun M., Siler, M., 2020. Taşların Ekolojisi ile Topografyanın Toprak Oluşumu, Tarım ve Ormancılık Açısından Önemi. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir.
- Babu, K.J., Sreekumar, S., Aslam, A., 2016. Implication of drainage basin parameters of a tropical river basin of South India. *Applied Water Science*, 6: 67-75. Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/s13201-014-0212-8.
- Banerjee, A., Singh, P., Pratap, K., 2017. Morphometric evaluation of Swarnrekha watershed, Madhya Pradesh, India: An integrated GIS-based approach. *Applied Water Science*, 7: 1807-1815. DOI:10.1007/s13201-015-0354-3.
- Barrow, C., 1998. River basin development planning and management: A critical review. *World Development*, 26: 171-186.
- Bendjoudi, H., Hubert, P., 2002. Le coefficient de compacité de Gravelius: Analyse critique d'un indice de forme des bassins versants. *Hydrological Sciences Journal*, 47: 921-930. DOI: 10.1080/02626660209493000.
- Biswas, A., Das Majumdar, D., Banerjee, S., 2014. Morphometry governs the dynamics of a drainage basin: Analysis and implications. *Hindawi Publishing Corporation Geography Journal*, 27 (3): 1-14. DOI: 10.1155/2014/927176.
- Biswas, S., Sudhakar, S., Desai, V.R., 1999. Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 27: 155-166. DOI: 10.1007/BF02991569.
- Chandrashekar, H., Lokesh, K.V., Sameena, M., Roopa, J., Ranganna, G., 2015. GIS based morphometric analysis of two reservoir catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *Aquatic Procedia*, 4: 1345-1353. DOI: 10.1016/j.aqpro.2015.02.175.
- Coşkun, M., Coşkun, S., 2019. Yer Kabuğu'nu Oluşturan Maddeler: Mineraller, Kayaçlar ve Topraklar. *Yer Bilimi* (Ed., Doğanay, S., Alım, M.), Pegem Akademi Yayınları, Ankara, s: 194-243.
- Dubey, S.K., Sharma, D., Mundetia, N., 2015. Morphometric analysis of the Banas river basin using the geographical information system, Rajasthan, India. *Hydrology*, 3: 47-54. DOI: 10.11648/j.hyd.20150305.11.
- Erdede, B., Öztürk, D., 2016. Kızılırmak havzasının taşkın potansiyelinin çizgisel, alansal ve rölyef morfolojik indisler kullanılarak değerlendirilmesi. 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (Uzal-CBS 2016), 5-7 Ekim, Adana, s.392-399.
- Faniran, A., 1968. The index of drainage intensity- A provisional new drainage factor. *Australian Journal of Science*, 31: 328-330.
- Garipagaoglu, N., 2012. Havza planlamalarında coğrafyanın rolü ve Türkiye'de havza planlamacılığı. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16 (2): 303-336.
- Gosavi, V.E., Kumar Thakur, P., Kumar, K. 2018. Study of drainage system and its hydrological implications using geo-spatial techniques: A morphometric analysis in Mohal Khad watershed of Kullu district, Himachal Pradesh, India. *International Journal of Advanced Research*, 6: 456-463. DOI: 10.21474/ijar01/8158.
- Gökgöz, T., Ulugtekin, N., Basaraner, M., Gulgen, F., Dogru, A.O., Bilgi, S., Yucel, M.A., Cetinkaya, S., 2006. Watershed delineation from grid DEMs in GIS: Effects of drainage lines and resolution. *Proceedings of the 10th International Specialised Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management*, 18-22 September, İstanbul, Turkey, pp. 1-8.
- Gravelius, H., 1914. *Grundriß der gesamten Gewässerkunde Band 1: Flufikunde*. Goschen, Berlin, Germany.
- Gray, D.M., 1961. Interrelationships of watershed characteristics. *Journal of Geophysical Research*, 66: 1215-1223. DOI: 10.1029/jz066i004p01215.
- Grigg, N.S., 1999. Integrated water resources management: Who should lead? Who should pay? *Journal of The American Water Resources Association*, 35: 527-534.
- Horton, R.E., 1932. Drainage-basin characteristics. *American Geophysical Union of Transactions*, 13: 350-361. DOI: 10.1029/tr013i001p00350.
- Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56: 275-370.
- Ishak, N.A., Ahamad, M.S.S., Abujayyab, S.K.M., Ab Ghani, A., 2016. Effects of DEMs from different sources in deriving stream networks threshold values. *Engineering Challenges for Sustainable Future. 3rd International Conference on Civil, offshore and Environmental Engineering*, 15-17 August, Malaysia, pp. 361-364.
- Keller, E.A., Pinter, N., 2002. *Active Tectonics Earthquakes, Uplift and Landscape*. Prentice Hall, New Jersey.
- Kumm, M., Guillaume, J.H.A., de Moel, H., Eisner, S., Flörke, M., Porkka, M., Siebert, S., Veldkamp, T.I.E., Ward, P.J., 2016. The world's road to water scarcity: Shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Scientific Reports*, 6: 1-16. DOI: 10.1038/srep38495.
- Luo, W., Harlin, J.M., 2003. A theoretical travel time based on watershed hypsometry. *Journal of the American Water Resources Association*, 39: 785-792. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2003.tb04405.x.
- Malik, A., Kumar, A., Kandpal, H., 2019. Morphometric analysis and prioritization of sub-watersheds in a hilly watershed using weighted sum approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 12: 1-12. DOI: 10.1007/s12517-019-4310-7.
- Melton, M.A., 1957. *An analysis of the relations among elements of climate, Surface properties and geomorphology*. Columbia University, Technical Report, NR 389042.
- Miller, V.C., 1953. *Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Varginia and Tennessee*. Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography Branch, Technical Report, NR 389042, New York.
- Muminjanov, H., Karagöz, A., 2018. Biodiversity of Turkey: Contribution of Genetic Resources to Sustainable Agriculture and Food Systems. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

- Ogarekpe, N., Obio, E., Tenebe, I., Emenike, P., Nnaji, C., 2020. A dataset for the flood vulnerability assessment of the upper Cross River basin using morphometric analysis. *Data in Brief*, 30: 1-9. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105344.
- Omernik, J.M., Bailey, R.G., 1997. Distinguishing between watersheds and ecoregions. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 33: 935-949. DOI: 10.1111/j.1752-1688.1973.tb01754.x.
- Ozulu, I.M., Gökğöz, T., 2018. Examining the stream threshold approaches used in hydrologic analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7: 1-12. DOI: 10.3390/ijgi7060201.
- Özdemir, H., 2011. Havza Morfometrisi ve Taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel* (Ed., Ekinci, D.), Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, İstanbul, s: 457-474.
- Öztekin, S.Y., Coşkun, M., 2021. Devrek Çayı Havzasının Vejetasyonu ve Hidrografyası. İKSAD Yayınevi, Ankara.
- Parupalli, S., Padma Kumari, K., Ganapuram, S., 2019. Assessment and planning for integrated river basin management using remote sensing, SWAT model and morphometric analysis (case study: Kaddam river basin, India). *Geocarto International*, 34: 1332-1362. DOI: 10.1080/10106049.2018.1489420.
- Poongodi, R., Venkateswaran, S., 2018. Prioritization of the micro-watersheds through morphometric analysis in the Vasishta Sub Basin of the Vellar River, Tamil Nadu using ASTER Digital Elevation Model (DEM) data. *Data in Brief*, 20: 1353-1359. DOI: 10.1016/j.dib.2018.08.197.
- Rahmati, O., Samadi, M., Shahabi, H., Azareh, A., Rafiei-Sardooi, E., Alilou, H., Melesse, A.M., Pradhan, B., Chapi, K., Shirzadi, A., 2019. SWPT: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. *Geoscience Frontiers*, 10: 2167-2175. DOI: 10.1016/j.gsf.2019.03.009.
- Rai, P.K., Chandel, R.S., Mishra, V.N., Singh, P., 2018. Hydrological inferences through morphometric analysis of lower Kosi river basin of India for water resource management based on remote sensing data. *Applied Water Science*, 8: 1-16. DOI: 10.1007/s13201-018-0660-7.
- Rai, P.K., Singh, P., Mishra, V.N., Singh, A., Sajan, B., Shahi, A.P., 2019. Geospatial approach for quantitative drainage morphometric analysis of varuna river basin, India. *Journal of Landscape Ecology (Czech Republic)*, 12: 1-25. DOI: 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: 1-30. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100434.
- Rana, N., Singh, S., Sundriyal, Y.P., Rawat, G.S., Juyal, N. 2016. Interpreting the geomorphometric indices for neotectonic implications: An example of Alaknanda valley, Garhwal Himalaya, India. *Journal of Earth System Science*, 125: 841-854. DOI: 10.1007/s12040-016-0696-8.
- Rosa, L., Chiarelli, D.D., Rulli, M.C., Dell'Angelo, J., D'Odorico, P., 2020. Global agricultural economic water scarcity. *Science Advances*, 6: 1-10. DOI: 10.1126/sciadv.aaz6031.
- Reddy, G.P.O., Kumar, N., Sahu, N., Singh, S.K., 2017. Evaluation of automatic drainage extraction thresholds using ASTER GDEM and Cartosat-1 DEM: A case study from basaltic terrain of Central India. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21: 95-104. DOI: 10.1016/j.ejrs.2017.04.001.
- Sassolas-Serrayet, T., Cattin, R., Ferry, M., 2018. The shape of watersheds. *Nature Communications*, 9: 1-8. Springer US. DOI: 10.1038/s41467-018-06210-4.
- Schumm, S.A., 1956. Evolution of drainage system and slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67: 597-646. DOI: 10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2.
- Sharma, S., Mahajan, A.K., 2020. GIS-based sub-watershed prioritization through morphometric analysis in the outer Himalayan region of India. *Applied Water Science*, 10: 1-11. DOI: 10.1007/s13201-020-01243-x.
- Sheng, T.C., 2001. Important and Controversial Watershed Management Issues in Developing Countries. In: *Sustaining the Global Farm* (Ed: Stott, D.E., Mohtar, R.H., Steinhardt, G.C.), International Soil Conservation Organization (ISCO), West Lafayette, pp. 49-52.
- Shreve, R.L., 1967. Infinite topologically random channel networks. *The Journal of Geology*, 75: 178-186.
- Shreve, R.L., 1966. Statistical law of stream numbers. *The Journal of Geology*, 74: 17-37.
- Sidral, A., Zende, A.M., 2016. Quantitative evaluation of morphometric parameters of Sakli River using geospatial techniques. *National Conference on Water Resources and Flood Management with special reference to Flood Modelling*, October 14-15, SVNIT Surat, pp. 1-14.
- Smith, K.G., 1950. Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248: 655-668.
- Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude curve) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63: 1117-1141.
- Strahler, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38: 913-920.
- Strahler, A.N., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: *Handbook of Applied Hydrology* (Ed: Chow, V.), McGraw Hill, New York, pp. 9-76.
- Swain, S.S., Mishra, A., Sahoo, B., Chatterjee, C. 2020. Water scarcity-risk assessment in data-scarce river basins under decadal climate change using a hydrological modelling approach. *Journal of Hydrology*, 590: 1-53. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125260.
- Tekin, S., Can, T., 2017. Gökçay Havzasının Karar Ağaç Yöntemi ile Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi. *Ulusal Mühendislik Jeolojisi-Jeoteknik Sempozyumu*, 12-17 Ekim, Adana, s. 12-14.
- Tekin, S., Can, T., 2019. Yapay sinir ağları yöntemi ile Ermenek Havzası'nın (Karaman) kayma türü heyelan duyarlılık değerlendirilmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3: 21-28. DOI: 10.30516/bilgesci.525438.
- Turoğlu, H., Aykut, T., 2019. Ergene nehri havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirilmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2: 1-15.
- Uzun, M., 2014. Lale Dere (Yalova) Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfolojik analizlerle incelenmesi. *Route Educational and Social Science Journal*, 1: 72-88.
- Van Wijk, F.J., De la Haye, M.A.A., Hehenkamp, M.J., Velde, I.A., De Bruin, E.F.L.M., Schelleman F.J.M., 2003. *Uygulama El Kitabı, Su Çerçeve Direktifi'nin Türkiye'de Uygulanması*. Grontmij Advies ve Techniek, Utrecht.
- Wagan, F.H., Khoso, S., 2013. Water Shortage; Its Causes, Impacts and Remedial Measures. 6th International Civil Engineering Congress, 28 December, Karachi, Pakistan, pp. 1-6.
- Withanage, N.S., Dayawansa, N.D.K., De Silva, R.P., 2015. Morphometric analysis of the Gal Oya river basin using spatial data derived from GIS. *Tropical Agricultural Research*, 26: 175-188. DOI: 10.4038/tar.v26i1.8082.
- Zhang, W., Li, W., Loaiciga, H.A., Liu, X., Liu, S., Zheng, S., Zhang, H. 2021. Adaptive Determination of the Flow Accumulation Threshold for Extracting Drainage Networks from DEMs. DOI: 10.3390/rs13112024.