

[941]

# KIZILIRMAK HAVZASININ TAŞKIN POTANSİYELİNİN ÇİZGİSEL, ALANSAL VE RÖLYEF MORFOMETRİK İNDİSLER KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Burç ERDEDE<sup>1</sup>, Derya ÖZTÜRK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sahra Sıhhiye Okulu ve Eğitim Merkezi Komutanlığı, 55100, Samsun, [burcerdede@gmail.com](mailto:burcerdede@gmail.com)

<sup>2</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139, Samsun, [dozturk@omu.edu.tr](mailto:dozturk@omu.edu.tr)

## ÖZET

*Bu çalışmada, Kızılırmak Havzasının morfolometrik özelliklerinin belirlenmesi ve morfolometriye dayalı olarak havzanın hidrolojik karakteristiği ve taşkın potansiyelinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Havzanın morfolometrik karakteristiğinin belirlenmesinde Aster GDEM verilerinden elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılmıştır. Morfolometrik analizlerin ve indis hesaplarının tamamı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında gerçekleştirilmiştir. Morfolometrik analizler havzanın çizgisel, alansal ve rölyef özelliklerini içermektedir. İndis hesabı için gerekli olan havza sınırı ve akarsu derecelendirmesi SYM'den CBS ortamında otomatik türetilmiştir. Kızılırmak Havzasının Strahler sınıflandırmasında, havzanın 8. dereceden akarsu ağına sahip olduğu belirlenmiştir. Morfolometrik analizlerin sonucunda Kızılırmak Havzasında pik akımların düşük değerde ve uzun süreli olacağı ve morfolometrik özelliklerin taşkın tehlikesini azaltıcı yönde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte 7. derecedeki akarsu ağında çatallanma oranının havza ortalamasına göre çok daha düşük değer taşıdığı ve 7. derece akarsu ağının etrafında taşkın tehlikesinin daha hassas ele alınması gerektiği ortaya çıkmıştır.*

**Anahtar Sözcükler:** Akarsu derecelendirmesi, havza, morfolometrik analiz, morfolometrik indis, taşkın.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF FLOOD POTENTIAL OF KIZILIRMAK BASIN USING LINEAR, AREAL AND RELIEF MORPHOMETRIC INDICE

*The aim of this study was determination of Kızılırmak Basin's morphometric properties and assessment of basin's hydrological characteristics and flood potentials based on the morphometric features. Digital elevation model (DEM) obtained from Aster GDEM data was used for determination of basin's morphometric characteristics. Morphometric analyses and calculations of indices were totally realized in Geographic Information Systems (GIS) environment. Morphometric analyses comprise linear, spatial and relief aspects of the basin. Basin boundary and stream order required for indices calculation were automatically derived from the DEM in GIS environment. It was determined that Kızılırmak Basin has 8th order river network based on Strahler's classification. As a result of Kızılırmak Basin's morphometric analyses it was understood that the basin has a lower peak of direct runoff for a longer duration which will reduce the risk of flooding within basin. However, study also reveals that bifurcation ratio of 7th order river segments have bifurcation ratio below the basin average and flood hazard around 7th stream segments should be analyzed in more detail.*

**Keywords:** Basin, flood, morphometric analysis, morphometric indice, stream ordering.

## 1.GİRİŞ

Taşkın, birçok dünya ülkesinde olduğu gibi ülkemizi de etkileyen önemli bir problemdir. 1989-2000 periyodunda ülkemizde 116 taşkın yaşanmış ve 311 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu taşkınlarda sular altında kalan alan 264.000 ha'dır. 2001-2012 periyodunda ise 513 taşkın yaşanmış, toplam 237 can kaybı olmuştur (Selek ve Darama, 2013). Bu taşkınlarda 556.000 ha alanın su altında kaldığı bilinmektedir. Altundal (2010) 1975-2009 periyodunda taşkın zararlarının yıllık yaklaşık ortalama 109.000.000 \$ olduğunu belirtmektedir. Ancak Büroğlu (2010) Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapılan taşkın zararı hesaplarında hesaplanmasının zorluğu nedeniyle dolaylı zararların bugüne kadar dikkate alınmadığını belirtmiştir. Dolayısıyla ülkemizde taşkın zararları olarak karşımıza çıkan maddi bilançonun yalnızca doğrudan zararları kapsadığı ve aslında bu değerlerden çok daha büyük kayıplar verildiği anlaşılmaktadır (Yılmaz, 2015). Bu değerlendirmeler ülkemizde her havza için taşkın tehlikesinin belirlenmesinin ne kadar önemli olduğunu ve taşkın tehlikesinin etken tüm faktörler dikkate alınarak detaylı ve derinlemesine incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Özellikle akım gözlemleri bulunmayan havzalarda hidrolojik çalışmalar ve taşkın araştırmaları için yağış-akış modellemesi büyük bir önem taşımaktadır. Bir havzada yağışın yüzeysel akışa dönüşümü karmaşık bir süreçtir ve havzanın morfolometrik özellikleri de bu süreç içerisinde önemli bir rol oynamaktadır (Bilewu vd., 2015). Bir başka ifadeyle akarsu havzalarının morfolometrik özellikleri ile taşkın potansiyeli arasında sıkı bir ilişki vardır (Withanage

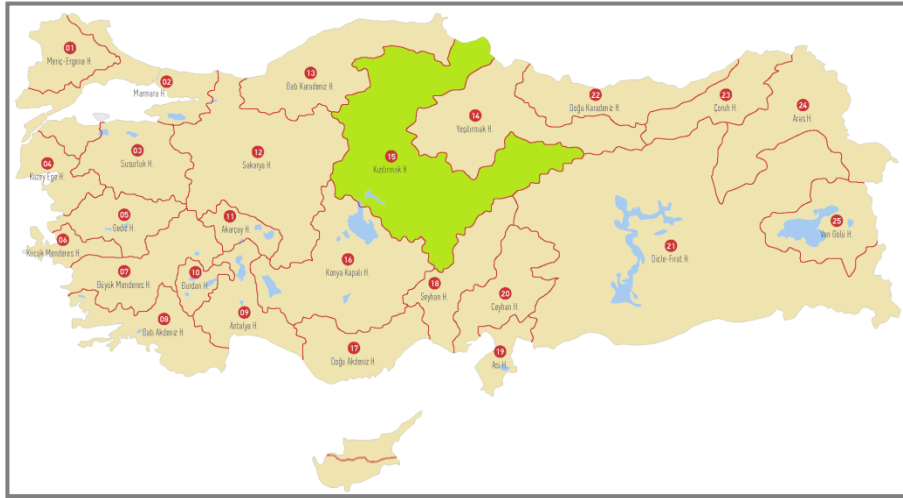
vd., 2014).

Havza morfometrisini açıklamak için bugüne kadar çok sayıda morfometrik indis tanımlanmış olmakla birlikte en yaygın kullanılanları akarsu sayısı, akarsu uzunluğu, ortalama akarsu uzunluğu, çatallanma oranı, akarsu uzunluk oranı, havza alanı, havza çevresi, havza uzunluğu, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, form faktörü, dairesellik oranı, havza uzunluk oranı, infiltrasyon değeri, yüzeysel akış uzunluğu, havza rölyefi, rölyef oranı, bağlı rölyef, engebelilik değeri ve hipsometrik integral indisleridir (Özdemir, 2011; Hajam vd., 2013; Withanage vd., 2014). Günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) gelişimi ile morfometrik indislerin hesabı için gerekli olan yüzey detayları kolaylıkla oluşturulabilmekte ve buna paralel olarak indisler hızlı ve pratik olarak elde edilebilmektedir (Özdemir, 2007; Turoğlu, 2007; Aydın, 2008; Özdemir, 2011; Pareta ve Pareta, 2011; Hajam vd., 2013; Bharadwaj vd., 2014; Uzun, 2014; Withanage vd., 2014; Basavarajappa vd., 2015; Ghany, 2015).

Bu çalışmada ASTER Global Digital Elevation Model (GDEM) verilerinden CBS analizleriyle Kızılırmak Nehir Havzasının morfometrisi incelenmiş ve havzanın morfometrik özelliklerine göre hidrolojik karakteristikleri ve taşkın potansiyeli değerlendirilmiştir. Bu kapsamda ilk aşamada CBS tabanında morfometrik analizler gerçekleştirilmiş ve havzayı karakterize eden morfometrik indisler hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise ilk aşamada belirlenen morfometrik özelliklere dayanarak Kızılırmak Havzası taşkın yönünden irdelenmiştir.

## 2.KIZILIRMAK HAVZASI

Kızılırmak Nehri Türkiye topraklarından doğarak yine Türkiye topraklarından denize dökülen en uzun akarsu olup yaklaşık uzunluğu 1300 km'dir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004). Başlıca kolları Delice Irmağı, Devrez ve Gökırmak'tır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013). Nehrin ve yan kollarının oluşturduğu havza Türkiye'nin ikinci büyük havzasıdır ve ülke topraklarının yaklaşık % 11'ini kapsar (TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü, 2010). Havza, doğusunda Fırat - Dicle, batısında Sakarya, güneyinde Konya Kapalı ve Seyhan, kuzeyinde Batı Karadeniz havzaları ile çevrilidir (Şekil 1) (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013).



Şekil 1. Kızılırmak Havzası (URL 1).

Kızılırmak Havzasının geniş bölümü tepelik alan görünümündeyken, yalnızca kuzey ve doğu kesimleri dağlıktır. Kırşehir ve Kırıkkale illerinin tamamı; Sivas, Kayseri, Yozgat, Nevşehir, Kastamonu, Çankırı illerinin il merkezleri dâhil olmak üzere alanlarının büyük bir kısmı; Niğde, Ankara, Çorum, Sinop, Aksaray ve Samsun illerinin önemli kısımları havza içerisinde kalır. Kızılırmak Havzası'nın güneybatısını oluşturan Kayseri, endüstrinin en yoğun olduğu illerden biri ve havzanın en kalabalık yerleşim merkezidir (TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü, 2010).

## 3.METOT

Kızılırmak Havzasının morfometrik özellikleri SYM kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmanın ilk adımında ASTER GDEM verilerinden havzaya ait SYM elde edilmiş, daha sonra bu verilerden akarsu drenaj ağı ve havza sınırları çıkartılmıştır. SYM, drenaj ağı ve havza sınırlarına göre morfometrik analizler gerçekleştirilmiş, havzayı hidrolojik durum ve taşkın yönünden karakterize eden morfometrik indisler hesaplanmıştır. Son olarak bu analiz ve indis sonuçlarına göre Kızılırmak Havzasının taşkın potansiyeli değerlendirilmiştir.

Çalışmada verilerin işlenmesi ve morfometrik özelliklerin çıkartılmasında ArcGIS 10.0 yazılımı kullanılmıştır. SYM'de havzaların çıkartılması, akarsu drenaj ağının oluşturulması ve akarsu derecelendirmesinin

oluşturulmasında ArcGIS üzerinde çalışan Arc Hydro modülü kullanılmıştır.

### 3.1.SYM'nin Elde Edilmesi ve İyileştirilmesi

Havza morfometrisinin analizinde temel ve çoğu zaman tek veri kaynağı olan SYM, çalışmanın doğruluğu ve güvenilirliği açısından çok önemlidir. Bu nedenle çalışmanın amacı, beklenen doğruluk düzeyi, çalışma alanının büyüklüğü vb. faktörler dikkate alınarak seçilen bir yöntem ile SYM belirlendikten sonra genel olarak bir ön işlem ile SYM hataları giderilir ve analizlere hazır hale getirilir. Daha sonra gerekli analizler yapılarak arazi yüzey detayları ve bunlara bağlı olarak morfometrik parametreler elde edilir. SYM'lerin oluşturulması ve sayısal analizler CBS'nin sağladığı en önemli olanaklar arasında yer alır. Analizlerin gerçekleştirilmesi ve morfometrik parametre hesabı aşamalarının tamamının CBS ortamında yürütülmesi, manuel olarak veri oluşturma ve işlemenin doğurabileceği hataların en aza indirgenmesine imkân yaratmakta (Kılçadır vd., 2012) ve işlem hızı nedeniyle zaman tasarrufu sağlanmaktadır.

Bu çalışmada ilgilenilen alanın geniş olması nedeniyle ekonomik ve hızlı erişim açısından bir tercih ile internet üzerinden ücretsiz indirilen 30 metre çözünürlüklü ASTER GDEM verilerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışma alanına 28 adet ASTER GDEM verisi girdiği için çalışma alanının kesintisiz SYM'sini oluşturmak için veriler mozaiklenmiştir.

SYM'ler çukur ya da tepe hataları barındırabilir. Çukur başka bir ifadeyle çöküntü, bir iç drenaj alanıdır (Öztürk, 2009). Bir hücre daha yüksek hücreler tarafından çevrelenmiş ise su bu hücre içinde sıkışır ve akamaz (Arc Hydro, 2013). SYM'de çukur ve tepe hatalarının herhangi bir yüzey bilgisi üretilmeden önce ortadan kaldırılması gerekir. Aksi takdirde, suyun akış yönü hesaplanırken hatalı sonuçlar elde edilir (Öztürk, 2009).

Bu nedenlerle çalışmada oluşturulan SYM'de iyileştirme uygulanarak tepe ve çukur hataları giderilmiş ve SYM analizlere hazır hale getirilmiştir.

### 3.2.SYM'den Akarsu Drenaj Ağının ve Havza Sınırlarının Elde Edilmesi

Su genel bir kural olarak yükseklik eğrilerine dik doğrultuda en büyük eğim yönünde akar. Tepe durumunda ise tepeden her yana doğru aşağı yönde akış gerçekleşir. Akan su önce daha büyük sulara ve daha sonra denize ulaşır. Bu kurallara göre CBS ortamında SYM'den akış yönü ve akış toplamı belirlenerek akarsu drenaj ağı ve havza sınırları elde edilebilir (Öztürk, 2009).

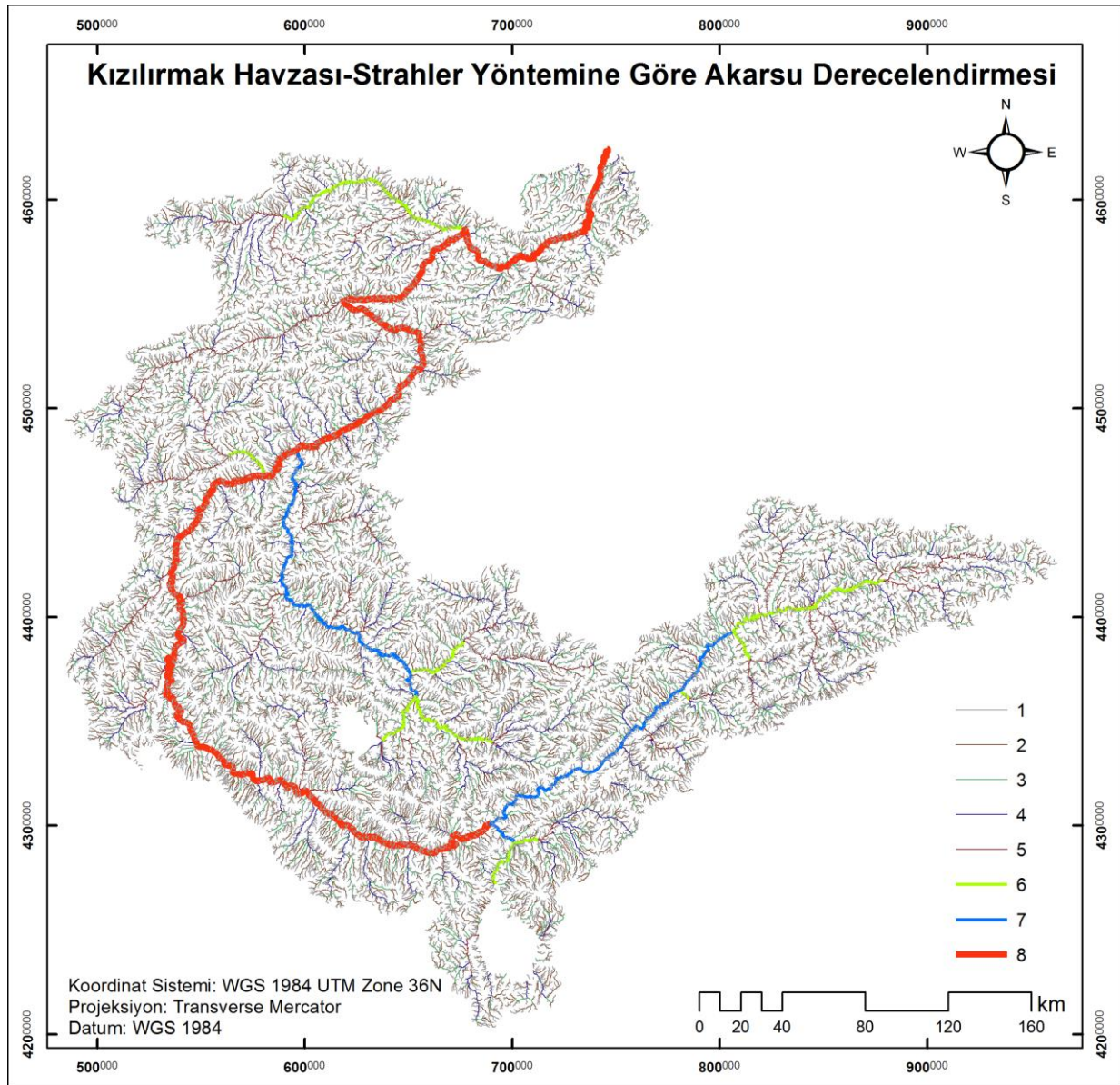
Bu çalışmada iyileştirilmiş SYM'den Arc Hydro ortamında akış yönü ve akış toplamı elde edilerek grid tabanda drenaj ağı ve alt havza sınırları çıkartılmıştır. Alt havzalar birleştirilerek havza genel sınırı oluşturulmuş ve havza sınırı vektör forma çevrilmiştir. Akarsu drenaj ağının ve havza sınırlarının Arc Hydro ile elde edilmesinde kullanılan fonksiyonlar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Arc Hydro ile akarsu drenaj ağı ve havza sınırlarının elde edilmesi.

İşlem	Kullanılan Arc Hydro Fonksiyonu	İşlem İçin Kullanılan Veri
Akış yönü	Flow Direction	İyileştirilmiş SYM
Akış toplamı	Flow Accumulation	Akış yönü
Akarsu tanımlaması	Stream Definition	Akış toplamı, Minimum havza alanı bilgisi
Akarsu segmentasyonu	Stream Segmentation	Akış yönü, Akarsu tanımlaması
Havza sınırları	Catchment Grid Delineation	Akış yönü, Akarsu segmentasyonu

### 3.3.Strahler Yöntemine Göre Akarsu Derecelendirmesi

Kızılırmak Havzasının sınırı oluşturulduktan sonra havza içerisinde kalan grid formdaki akarsu segmentleri havza dış sınırı kullanılarak kesilmiştir. Morfometrik analizlerin gerçekleştirilmesi ve indis hesaplarının gerçekleştirilmesi için akarsu ağındaki kollar konumlarına göre Strahler yöntemiyle hiyerarşik olarak derecelendirilmiştir. Toplam 27431 akarsu segmentinin bulunduğu 82639,90 km<sup>2</sup>'lik havzada Strahler yöntemiyle 8. dereceye kadar bir ağ elde edilmiştir. Grid formdaki bu ağ vektör forma çevrilerek indis hesapları için hazır hale getirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Strahler yöntemine göre akarsu derecelendirmesi.

### 3.4.Morfometrik Analizler ve İndis Hesabı

Kızılırmak Havzasının morfometrik analizi çizgisel, alansal ve rölyef özellikler açısından ayrı ayrı ele alınarak incelenmiştir.

#### 3.4.1.Kızılırmak Havzasının Çizgisel Morfometrisi

Çizgisel morfometrik indislerle akarsuların paterninden birtakım nicel verilere ulaşılmaktadır (Ritter vd., 1995; Özdemir, 2011; Hajam vd., 2013). Bu indisler temel olarak akarsu derecelendirmesine bağlıdır. Başlıca çizgisel morfometrik indisler akarsu sayısı, akarsu uzunluğu, ortalama akarsu uzunluğu, çatallanma oranı ve akarsu uzunluk oranıdır (Hajam vd., 2013; Withanage vd., 2014). Çizgisel morfometrik indisler Çizelge 2'de sembol, hesap yöntemi ve yöntem kaynağı bilgileriyle özetlenmektedir.

Çizelge 2. Çizgisel morfometrik indisler.

Kod	Morfolojik Parametre	Sembol	Metot	Kaynak
Ç.1	Akarsu sayısı (Number of streams)	$N_u$	$N_u = N_1 + N_2 + \dots + N_n$	Horton (1945)
Ç.2	Akarsu uzunluğu (km) (Stream length)	$L_u$	$L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_n$	Horton (1945)



Ç.3	Ortalama akarsu uzunluğu (km) (Mean stream length)	$L_{um}$	$L_{um} = L_u / N_u$	Strahler (1964)
Ç.4	Çatallanma oranı (Bifurcation ratio)	$R_b$	$R_b = N_u / N_{u+1}$	Schumm (1956)
Ç.5	Akarsu uzunluk oranı (Stream length ratio)	$R_L$	$R_L = L_u / L_{u+1}$	Horton (1945)

### 3.4.2.Kızılırmak Havzasının Alansal Morfometrisi

Çizgisel indisler sadece drenaj ağı üzerinde değerlendirme yaparken alansal indisler hem drenaj ağı hem de tüm havza yüzeyini ele alır (Ritter vd., 1995). Havzaların alansal özelliklerine yönelik morfometrik parametreler, drenaj havzasının bütün alanını kapsayacak şekilde, havzaya düşen yağışların toplanması ve yüzeysel akışın birikimi açısından önemli fikirler verir (Özdemir, 2011). Başlıca alansal morfometrik indisler havza alanı, havza çevresi, havza uzunluğu, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, form faktörü, dairesellik oranı, havza uzunluk oranı, infiltrasyon değeri ve yüzeysel akış uzunluğudur (Hajam vd., 2013; Withanage vd., 2014). Alansal morfometrik indisler Çizelge 3'te sembol, hesap yöntemi ve yöntem kaynağı bilgileriyle özetlenmektedir.

**Çizelge 3.** Alansal morfometrik indisler.

Kod	Morfolojik Parametre	Sembol	Metot	Kaynak
A.1	Havza alanı (km <sup>2</sup> ) (Basin area)	A	Alan hesabı	Schumm (1956)
A.2	Havza çevresi (km) (Basin perimeter)	P	Çevre ölçümü	Schumm (1956)
A.3	Havza uzunluğu (km) (Length of the basin)	$L_b$	Uzunluk ölçümü	Schumm (1956)
A.4	Drenaj yoğunluğu (Drainage density)	$D_d$	$D_d = L_u/A$	Horton (1932)
A.5	Akarsu sıklığı (Stream frequency)	$F_s$	$F_s = N_u/A$	Horton (1932)
A.6	Form faktörü (Form factor)	$F_f$	$F_f = A/L_b^2$	Horton (1932)
A.7	Dairesellik oranı (Circulatory ratio)	$R_c$	$R_c = 12,57 \times (A/P^2)$	Miller (1953)
A.8	Havza uzunluk oranı (Elongation ratio)	$R_e$	$R_e = 2/L_b \times \sqrt{(A/\pi)}$	Schumm (1956)
A.9	İnfiltrasyon değeri (Infiltration number)	$I_d$	$I_f = F_s \times D_d$	Faniran (1968)
A.10	Yüzeysel akış uzunluğu (Length of overland flow)	$L_o$	$L_o = (1/D_d) \times 0,5$	Horton (1945)

### 3.4.3.Kızılırmak Havzasının Rölyef Morfometrisi

Bir havzanın rölyefi havzanın 3-boyutlu özelliklerini yansıtır (Withanage vd., 2014). Rölyef morfometrisinde havzanın yükseklik özelliklerinin yanı sıra havzanın birtakım çizgisel ve alansal özellikleri kullanılarak havzayı karakterize edebilecek rölyef indisler hesaplanır. Başlıca rölyef morfometrik indisler havza rölyefi, rölyef oranı, bağıl rölyef, engebellik değeri ve hipsometrik integraldir (Hajam vd., 2013; Withanage vd., 2014). Rölyef morfometrik indisler Çizelge 4'te sembol, hesap yöntemi ve yöntem kaynağı bilgileriyle özetlenmektedir.

**Çizelge 4.** Rölyef morfometrik indisler.

Kod	Morfolojik Parametre	Sembol	Metot	Kaynak
R.1	Havza rölyefi (Basin relief)	H	$H = Z - z$	Strahler (1957)
R.2	Rölyef oranı (Relief ratio)	$R_h$	$R_h = H / L_b$	Schumm (1956)
R.3	Bağıl rölyef (Relative relief)	$R_{hp}$	$R_{hp} = H \times 100 / P$	Melton (1957)
R.4	Engebelilik değeri (Ruggedness number)	$R_n$	$R_n = H \times D_d$	Melton (1957)
R.5	Hipsometrik integral (Hypsometric integral)	$H_i$	$Z_{ort} - z / Z - z$	Scheidegger (1987)

#### 4.BULGULAR

Kızılırmak Havzasında Strahler yöntemiyle yapılan değerlendirmede havzanın 8. dereceden bir akarsu ağına sahip olduğu tespit edilmiştir. Strahler yöntemine göre derecelendirilmiş akarsu ağına göre elde edilen çizgisel morfometrik indisler Çizelge 5'te, havza alanı ve akarsu drenaj ağı bilgilerine dayalı olarak hesaplanan alansal morfometrik indisler Çizelge 6'da, havzanın yükseklik ve birtakım çizgisel ve alansal özelliklerine (havzanın maksimum uzunluğu, havza çevre uzunluğu, drenaj yoğunluğu) bağlı olarak hesaplanan rölyef morfometrik indisler Çizelge 7'de gösterilmektedir.

**Çizelge 5.** Kızılırmak Havzasına ait çizgisel morfometrik indis değerleri.

Akarsu Derecesi	Akarsu Sayısı ( $N_u$ )	Km biriminde akarsu uzunluğu ( $L_u$ )	Km biriminde ortalama akarsu uzunluğu ( $L_{um}$ )	Çatallanma oranı ( $R_b$ )	Akarsu uzunluk oranı ( $R_L$ )
1	21514	34007,50	1,58	-	
2	4574	16331,41	3,57	4,70	2,08
3	1054	7687,68	7,29	4,34	2,12
4	229	3531,09	15,42	4,60	2,18
5	45	1517,79	33,73	5,09	2,33
6	10	485,19	48,52	4,50	3,13
7	4	432,48	108,12	2,50	1,12
8	1	824,43	824,43	4,00	0,52
	$\Sigma=27431$	$\Sigma=64817,57$	-	Ort=4,25	Ort=1,93

**Çizelge 6.** Kızılırmak Havzasına ait alansal morfometrik indis değerleri.

Morfolojik Parametre	Değer
$km^2$ biriminde havza alanı ( $A$ )	82639,90
km biriminde havza çevresi ( $P$ )	2745,08
km biriminde havza uzunluğu ( $L_b$ )	1239,61
Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ )	0,78
Akarsu sıklığı ( $F_s$ )	0,33
Form faktörü ( $F_f$ )	0,05
Dairesellik oranı ( $R_c$ )	0,14
Havza uzunluk oranı ( $R_e$ )	0,26
İnfiltrasyon değeri ( $I_d$ )	0,26
Yüzeysel akış uzunluğu ( $L_o$ )	0,64

**Çizelge 7.** Kızılırmak Havzasına ait rölyef morfometrik indis değerleri.

Morfolojik Parametre	Değer	Metot
Havza rölyefi ( $H$ )	3866 metre = 3,866 km	$H = Z - z$
Rölyef oranı ( $R_h$ )	0,003	$R_h = H / L_b$
Bağlı rölyef ( $R_{hp}$ )	0,14	$R_{hp} = H \times 100 / P$
Engebelilik değeri ( $R_n$ )	3,02	$R_n = H \times D_d$
Hipsometrik integral ( $H_i$ )	0,30	$Z_{ort} - z / Z - z$

Havzada ortalama çatallanma oranı 4,25 olarak hesaplanmıştır. Bu değer nispeten yüksek bir değer olup, havzada taşkın tehlikesini azaltan düşük ve yayvan pik akışın varlığına işaret etmektedir. Ancak havzada 7. derece akarsu kollarında belirlenen düşük çatallanma oranının bu akarsu derecesine sahip kollara mücavir bölgelerde taşkın tehlikesini arttırdığı belirlenmiştir. Kızılırmak Havzasının drenaj yoğunluğu 0,78 olarak hesaplanmıştır. Bu değer düşük kabul edilebilecek bir oran olduğundan havzanın gerek bitki örtüsü gerekse toprak yapısı ile yüksek infiltrasyon kapasitesine sahip olduğu anlaşılmıştır. Düşük akarsu sıklığı ve infiltrasyon değerleri de havzada yavaş bir yüzeysel akış olduğunu göstermiştir. Dairesellik oranı 0,14 olarak hesaplanmış ve bu değer 1'den çok uzaklaştığı için havzanın uzunlama bir form gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum pik akımların kısa sürede ancak düşük düzeyde gerçekleşebileceğini göstermektedir. Havza uzunluk oranı ve form faktörü de dairesellik oranının da olduğu gibi Kızılırmak Havzasında uzunlama havza yapısı ve görece düşük taşkın tehlikesini doğrulamıştır. Drenaj

yoğunluğunun ve havza uzunluk oranının düşük olması yüksek geçirgenliği gösterirken yüksek çatallanma oranıyla beraber havza uzunluk oranı, form faktörü, akarsu sıklığı ve infiltrasyon değerlerinin düşük olması akım pikinin uzun bir süre düz bir seyirde olacağını göstermiştir. Yüksek infiltrasyon ve düşük pik akımlar Kızılırmak Havzası için taşkın tehlikesini azaltan unsurlar olarak belirlenmiştir. Kızılırmak Havzasının uzunlamasına bir form göstermesi ve uzunlamasına havzalarda gerekli önlemlerin alınmasıyla taşkın kontrolünün sağlanmasının dairesel formdaki havzalara nazaran daha kolay olması havzanın taşkın kontrolü açısından avantajlı bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir.

## 5.SONUÇLAR

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen morfometrik incelemeler Kızılırmak Havzasının genel olarak taşkın tehlikesini azaltan morfometrik özellikler taşıdığını ancak 7. derece akarsu kolları etrafında taşkın tehlikesinin havza geneline göre yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle 7. derece akarsu kolları etrafında çalışmaların daha detaylandırılarak kapsamlı araştırmaların yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamalar alt havza ölçeğinde uygulanarak daha detaylı sonuçlar elde edilebileceği gibi problemler alanlar daha ayrıntılı ve hassas yöntemlerle de incelenebilir.

Çalışmanın diğer önemli sonucu ASTER GDEM verilerinin morfometrik analizlerde kullanılabilirliğinin ortaya konulmasıdır. SYM verilerinin elde edilmesinin uzun zaman alıcı ve masraflı bir işlem olması nedeniyle internet üzerinden ücretsiz elde edilen bu veriler önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Bu nedenle özellikle geniş alanlar için veri çözünürlüğünün çalışma alanı için yeterli olması durumunda uzaktan algılama teknolojilerinin kullanılması oldukça pratik bir yaklaşım olacaktır. Ayrıca morfometrik analizlerin CBS ortamında hızlı ve yüksek doğrulukla gerçekleştirilebilmesi bu çalışmaların gerçekleştirimini kolaylaştırmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Altundal M.**, 2010. Taşkınların ekonomik boyutu, Dünya Su Günü, Afyon, 22-24 Mart.
- Arc Hydro**, 2013, Version 2.1 Help, January 23.
- Aydın, A.** 2008. Büyük Menderes nehri sağ sahil derelerindeki sel kontrol çalışmalarının irdelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Basavarajappa H.T., Pushpavathi K.N., Manjunatha M.C.**, 2015. Morphometric analysis on precambrian rocks in part of Cauvery Basin, Chamarajanagar District, Karnataka, India, Using Geomatics Technique, 6, 1, 97-112.
- Bharadwaj A.K., Pradeep. C., Thirumalaivasan D., Shankar C.P., Madhavan N.**, 2014. Morphometric analysis of Adyar watershed. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), 71-77.
- Bilewu S.O., Sule B., Ayanshola A.**, 2015. Optimum parameter selection for the morphometric description of watersheds: A case study of Central Nigeria. Journal of Ecological Engineering, 16, 4, 29-35 DOI: 10.12911/22998993/59344
- Biroğlu İ.**, 2010. Taşkın koruma faydaları, *DSİ Mühendislik Meslek Eğitimi Ders Notları*, Cilt 1, 107-112.
- Çevre ve Orman Bakanlığı**, 2004. Çevre Atlası, Çevre ve Orman Bakanlığı, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü, Çevre Envanteri Daire Başkanlığı, Ankara.
- Faniran, A.**, 1968. The index of drainage intensity - A provisional new drainage factor, Aus. J. of Sci., 31, 328 - 330.
- Ghany, M.K.A.**, 2015. Quantitative morphometric analysis of drainage basins between Qusseir and Abu Dabbab Area, Red Sea Coast, Egypt using GIS and Remote Sensing Techniques. International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS 2015, 4, 1, 1295-1322.
- Hajam, R.A., Hamid, A., Bhat, S.U.**, 2013. Application of morphometric analysis for geo-hydrological studies using geo-spatial technology –A case study of Vishav drainage basin., Hydrol Current Res, 4:3.
- Horton, R.E.**, 1932. Drainage basin characteristics. American Geophysical Union of Transactions, 13, 350-361.

- Horton, R.E.**, 1945. Erosional development of streams and their drainage basins, *Geolo. Soc. of Am. Bull.*, 56 (3), 275 - 370.
- Kılçadır, B., Altuntaş, B., Küçükarslan, B.**, 2012. Jeomorfolojik indisler, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeomorfoloji Dersi Dönem Ödevi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Melton, M.A.**, 1957. An analysis of the relations among elements of climate, Surface properties and geomorphology, Project NR 389042, Tech. Rep. 11, Columbia University.
- Miller, V.C.**, 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee, Project NR 389042, Tech. Rept. 3., Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography Branch, New York.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı**, 2013. Yukarı havza sel kontrolü eylem planı 2013-2017.
- Özdemir, H.**, 2007. Havran Çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özdemir, H.**, 2011. Havza morfometrisi ve taşkınlar, *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel*, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, 5, 507-526, İstanbul.
- Öztürk D.**, 2009. CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizi yöntemleri ile sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesi: Güney Marmara havzası örneği, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 243844.
- Pareta, K., Pareta, U.**, 2011. Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna basin, India using ASTER (DEM) data and GIS, *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2 (1), 248-269.
- Ritter, D.F., Kochel, R.C., Miller, J.R.**, 1995. In process geomorphology, William C.B., Dubuque, Chapter 5.
- Scheidegger, A.E.**, 1987. The fundamental principles of landscape evaluation, *Catena Supplement*, 10, 199-210.
- Schumm, S.A.**, 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of American Bulletin*, 67, 5, 597-646.
- Selek, B., Darama, Y.**, 2013. Taşkın strateji eylem planı kapsamında DSİ çalışmaları, 3. Ulusal Taşkın Sempozyumu, İstanbul, 29-30 Nisan.
- Strahler, A.N.**, 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Trans. Am. Geophys. Union*, 38, 913 - 920.
- Strahler, A.N.**, 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, *Handbook of Applied Hydrology*, Ed. Ven Te Chow, 04, 9 - 76.
- TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü**, 2011. Havza koruma eylem planlarının hazırlanması-Kızılırmak Havzası.
- Turoğlu, H.**, 2007. Flood and flash flood analysis for Bartın River basin. International Congress River Basin Management, 22-24 Mart, Antalya-Türkiye, [http://www2.dsi.gov.tr/english/congress2007/chapter\\_4/113.pdf](http://www2.dsi.gov.tr/english/congress2007/chapter_4/113.pdf)
- Uzun, M.**, 2014. Lale Dere (Yalova) Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfometrik analizlerle incelenmesi, *Route Educational and Social Science Journal*, 1(3), October.
- Withanage, N.S., Dayawansa, N.D.K., De Silva R.P.**, 2014. Morphometric analysis of the Gal Oya River basin using spatial data derived from GIS. *Tropical Agricultural Research*, 26 (1), 175-188.
- Yılmaz, İ.**, 2015. Çorum ili taşkın tehlikesinin analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- URL1:** <http://www.dsi.gov.tr/docs/resmi-i-statistikler/1-2-t%C3%BCrkiye-nin-havza%20haritas%C4%B1-ve-havza-haritas%C4%B1.docx?sfvrsn=0> (Ziyaret tarihi: 17 Nisan 2016).