

Sulakyurt Baraj Gölü havzasının morfometrik analizi

Nilüfer Yazıcı^{a,*} , Eda Ünsal Eceoğlu^b 

Öz: Bu çalışmada Sulakyurt Baraj Gölü Havzasının Sayısal Yükseklik Modeli kullanılarak morfometri analizi yapılmıştır. İlk aşamada sahanın 1/25 000 ölçekli topografik haritadan sayısallaştırılan eşyüksekti eğrileri temin edilmiş, bu veriler kullanılarak sahanın Sayısal Yükselti Modeli üretilmiştir. Böylece araziye ait yükseklik, eğim ve bakı haritaları oluşturulmuştur. Daha sonra akarsu havzalarına ait morfometrik parametreler üretilmiş bu parametrelerden; havza alanı, havza çevresi, dere sırası ve sayısı, dere uzunluğu, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, form faktörü, şekil faktörü, dairesellik oranı, çatallanma oranı, drenaj tekstürü, tekstür oranı, engebelilik değeri, havza rölyef vb. analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre çatallanma oranı 3.4, uzama oranı 0.74, form ve şekil faktörleri sırasıyla 0.43 ve 2.31 bulunmuştur. İkinci aşamada analiz sonuçları incelenmiş ve yorumlanmıştır. Havzaya ait üretilen morfometrik veriler, planlama ve yönetim çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma ile elde edilecek veri alt yapısı Sulakyurt Baraj Gölü Havzasında doğal kaynak yönetiminin sürdürülebilir yönetimi için temel altlık oluşturacaktır. Elde edilen veriler sonucu çalışma sahasında eğimin düşük, yüzeysel akışın az, infiltrasyon değerinin yüksek, erozyon riskinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, Havza, Morfometrik analiz, Sulakyurt barajı

Morphometric analysis of Sulakyurt Dam Lake basin

Abstract: This study provides a morphometric analysis of the Sulakyurt Dam Lake Basin using a Digital Elevation Model (DEM). In the first phase, contour lines digitized from a 1/25,000 scale topographic map were obtained, and using this data, the DEM of the area was created. This allowed the creation of elevation, slope, and aspect maps of the terrain. Then, morphometric parameters of the watershed were generated, including watershed area, perimeter, stream order and number, stream length, drainage density, stream frequency, form factor, shape factor, circularity ratio, bifurcation ratio, drainage texture, texture ratio, ruggedness value, and watershed relief. The analysis revealed a bifurcation ratio of 3.4, an elongation ratio of 0.74, and form and shape factors of 0.43 and 2.31, respectively. In the second phase, the analysis results were examined and interpreted. The morphometric data generated for the basin forms the foundation for planning and management efforts. The data infrastructure obtained through this study will serve as a basic framework for the sustainable management of natural resources in the Sulakyurt Dam Lake Basin. The results indicate that the study area has low slope, minimal surface runoff, high infiltration, and low erosion risk.

Keywords: Geographic information systems, Basin, Morphometric analysis, Sulakyurt dam

1. Giriş

Günümüzde doğal ve kültürel kaynaklar hızla tükenmekte, ancak bu durumu engelleyebilecek etkili koruma stratejileri henüz uygulanamamaktadır. Nüfus artışıyla birlikte tüketimin de yükselmesi, ekosistemler üzerindeki dengenin bozulmasına yol açmıştır (Görür Erol ve Karadeniz, 2018). Bunun yanında, mevcut doğal kaynaklar yanlış arazi kullanımı ve aşırı tüketim nedeniyle yok olma riskiyle karşı karşıya kalmaktadır (Babalık vd., 2021). Etkili doğal kaynak yönetimi ve planlamasının yapılabilmesi için ekosistemlerin korunmasını amaçlayan optimal arazi kullanımının titizlikle belirlenmesi gerekmektedir (Yazıcı vd., 2019a). Doğal kaynakların sınırlarını en belirgin şekilde küçük, orta ve büyük ölçekli havzalar çizmektedir. Havza bazında yapılan ekolojik envanter çalışmaları, yerel ölçekte en önemli bileşenlerin mikro havzalar özelinde ortaya konmasına olanak tanımaktadır (Yüksel vd., 2020; Yazıcı vd., 2019b).

Morfometri, yüzey şekillerinin ölçümü olarak tanımlanır. Morfometrik analizler de özellikle akarsu havzalarına ait jeomorfolojik özelliklerin ortaya konması amacıyla yapılan çalışmalardır. Bu yöntemle havzaya ait jeomorfolojik özellikler sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılarak hesaplanmakta ve elde edilen sonuçlar morfometrik indis değerlerine dönüştürülerek parametreler elde edilmektedir. Her bir parametre havzanın farklı bir özelliğini ortaya koymakta ve havza gelişimine olan etkisini tespit etmektedir (Schumm, 1986; Keller ve Pinter, 1996). Morfometri, şekilsel unsurların rakamlarla ifade edilmesidir. Morfometri, matematik, yer bilimleri ve bilgisayar bilimleri gibi farklı disiplinleri birleştiren, kapsamlı bir bilim dalıdır. Coğrafya, jeomorfoloji, toprak bilimleri, mühendislik ve askeri uygulamalar gibi pek çok alanda uygulanabilir ve yalnızca sayısal tekniklerin bir birleşimi olmanın ötesinde, kendi başına bir bilim dalı olarak kabul edilmektedir (Pike, 1995). Havzaların detaylı morfometrik analizi, jeomorfik tarihini, yer şekillerinin evrimini ve drenaj şebekelerinin gelişiminin

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): niluferyazici@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 05.02.2025, **Accepted** (Kabul tarihi): 30.04.2025



Citation (Atf): Yazıcı, N., Ünsal Eceoğlu, E., 2025. Sulakyurt Baraj Gölü havzasının morfometrik analizi. Turkish Journal of Forestry, 26(2): 120-128.

DOI: [10.18182/tjf.1633688](https://doi.org/10.18182/tjf.1633688)

anlaşılmasına yardımcı olur. Ayrıca, drenaj havzalarının fiziksel özellikleri (örneğin şekil, boyut, drenaj yoğunluğu, akış uzunluğu ve boyutu gibi) ile bu havzaların hidrolojik parametreleri arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Strahler, 1952; Mesa, 2006). Havzaya ait üretilen morfolometrik veriler, planlama ve yönetim çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Havza karakteristikleri aracılığıyla bir havzanın içerisinde olan kentsel ve kırsal alanların birbirinden ayrı olarak planlanması mümkün olmaktadır (Yazıcı vd., 2021). Bu çalışma ile üretilen veri alt yapısı Sulakyurt baraj gölü havzasında doğal kaynak yönetiminin sürdürülebilir yönetimi için temel altlık oluşturacaktır. Bu nedenle araştırma alanının havza karakteristikleri CBS ile ArcInfo yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Baraj havzası ile ilgili morfolometrik analizlerin yapılması barajdan gerektiği kadar verimli ve uzun süre yararlanılabilmesinde önemli bir aşamadır. Baraj, göl ve gölet havzalarının morfolometrik analizlerin yapılmasının birden çok faydası vardır. Bunlar; gölün uzun ömürlü olması, gölden verimli ve uzun süre yararlanılması, aktif hacmin ekonomik ömrünün uzun olması ve daha verimli olarak kullanılabilmesi şeklinde sıralanabilir.

Bu çalışma, Sulakyurt Baraj Gölü havzasının morfolometrik parametrelerini detaylı bir şekilde inceleyerek, bölgenin hidrolojik özellikleri üzerinde nasıl bir etkisi olduğunu anlamamıza olanak tanıyacaktır. Ayrıca, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yapılan morfolometrik analizler, bölgesel su yönetimi ve planlama açısından önemli veriler sunacak ve gelecekteki su kaynakları yönetimi, erozyon kontrolü, sel ve taşkın yönetimi gibi konularda daha etkin stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu sayede, yalnızca havzanın mevcut hidrolojik durumu değil, aynı zamanda gelecekteki potansiyel su yönetimi sorunlarına yönelik çözümler de üretilebilecektir.

Bu çalışmada, Sulakyurt Baraj Gölü havzasının morfolometrik parametrelerinin belirlenmesi ve bu parametrelerin havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışmanın temel hedefleri: 1- havzanın morfolometrik parametrelerinin genel olarak incelenmesi, 2- Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak belirli morfolometrik özelliklerin

analiz edilmesi, 3- elde edilen sayısal veriler doğrultusunda bu parametrelerin havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması olarak belirlenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

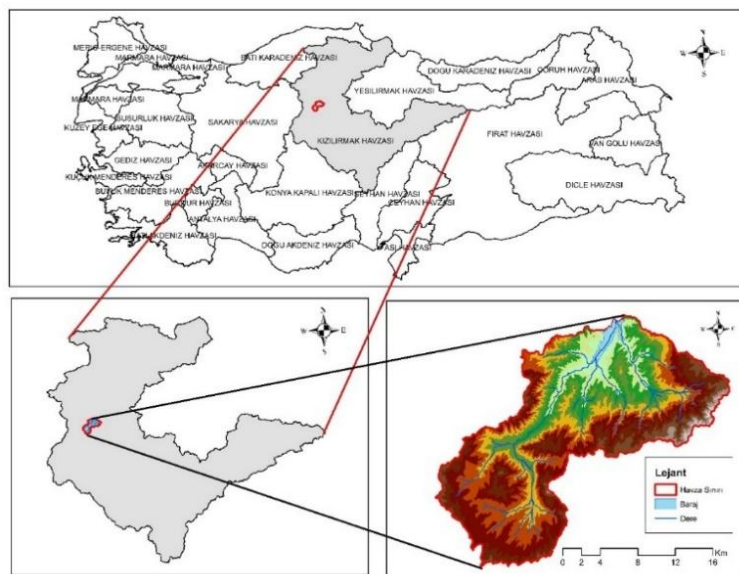
Sulakyurt baraj gölü havzasının morfolometrik parametreleri ve bu parametrelerin havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkileri çalışmanın materyalini oluşturmaktadır.

2.1. Materyal

Sulakyurt baraj gölü havzası Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Kızılırmak havzası içerisindeki bir baraj havzasıdır. Kırıkkale ilinin Sulakyurt ilçesinde bulunan Sulakyurt barajını ve çevresindeki dağlık arazileri içerir (Özsan ve Kadioğlu, 1997). Çalışma alanı; ülke koordinat sistemi içinde, 40°11'10," kuzey enlemi ve 33°45'12.6" doğu boylamı arasındadır. Barajın öncelikli amacı içme suyu ve sulama ihtiyacını karşılamaktır (Suyarı , 2024). Kullanım amaçları arasında Sulakyurt ilçesi ve Kızılırmak nehri arasında kalan alanda sulu tarım yapılması da vardır (Şekil 1) (Özsan ve Kadioğlu, 1997).

2.2. Yöntem

Araştırma büro, arazi ve değerlendirme çalışmaları olmak üzere 3 aşamada yürütülmüştür. Araştırma alanının SYM haritası ArcGIS 10.6 programı kullanılarak elde edilmiştir. 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan elde edilen sayısal yükseklik modelinden; yükseklik, eğim, bakı ve arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca mevcut sayısal yükseklik modelinden ArcHydro yazılımı ile havzalara ait drenaj ağı, dere uzunlukları ve alt havzalar elde edilmiştir. Havzaya ait alansal, çizgisel ve rölyef morfolometrisi özelliklerinin büyük bölümü Çizelge 1'de belirtilen yöntemlerle belirlenmiştir (Görür Erol ve Karadeniz, 2018; Dursun ve Babalık, 2023).



Şekil 1. Sulakyurt baraj gölü havzası konumu
Figure 1. Geographical Location of the Sulakyurt Dam Lake basin

3. Bulgular

Bu çalışma çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisi şeklinde 3 gruba ayrılmıştır ve toplam 30 morfometrik parametrenin değerlendirilmesine yer verilmiştir (Çizelge 2).

3.1. Çizgisel morfometri

Çizgisel morfometri, havzaların drenaj ağlarında yer alan çizgisel şekillerin incelenmesi ve yorumlanmasına dayalı bir yöntemdir (Özdemir, 2011).

3.1.1. Dere sırası ve sayısı

Bu çalışmada dere sınıflandırması Strahler'in ortaya koyduğu sisteme göre derecelendirilmiştir (Strahler, 1957). Sulakyurt baraj gölü havzası toplam 4 akarsu dizini ve buna bağlı olarak 50 dere sayısına sahiptir. 1.derece sırada 30 adet dere sayısı, 2. derece sırada 16 adet dere sayısı, 3. derece sırada 3 adet dere sayısı ve 4. dereceden de 1 adet dere sayısı bulunmuştur (Şekil 2).

3.1.2. Dere uzunluğu

Dere uzunluğu (Lu), bir akışın kaynağından drenaj bölgesine kadar olan mesafeyi ifade eder. (Strahler, 1964). Sulakyurt baraj gölü havzasında 4. dereceye kadar çıkan 50 adet kuru ve sulu dere bulunmakta ve toplam uzunlukları 143.3 km'dir. Ana derenin eğimi %0.98 bulunmuştur.

3.1.3. Çatallanma oranı

Çatallanma oranı (Rb) Horton tarafından geliştirilen, Strahler akarsu dizin metodunu kullanan bir morfometrik orandır (Horton, 1932; Strahler, 1957; Pike vd., 2009). Sulakyurt baraj gölü havzasının çatallanma oranı 3.4'dür. Havzada derelerin çatallanma oranı 1. ve 2. dereceden derelerde 3. ve 4. derece derelere göre daha yüksek orandadır. Bu sebeple homojen bir jeolojik yapıya sahip değildir. Çatallanma oranına göre Sulakyurt baraj gölü havzasının erozyona uğrama eğiliminin yüksek olduğu söylenebilir.

Çizelge 1. Havzaya ait bazı morfometrik parametreler

Table 1. Some morphometric parameters of the basin

Morfometrik Parametreler			
Çizgisel Mofrometri	Formül	Birim	Kaynaklar
Dere Sayısı	N	Adet	(Strahler, 1964)
Akarsu Dizin sayısı	Nu	Adet	(Strahler, 1964)
Dere Uzunluğu	Lu	km	(Horton, 1932)
Çatallanma Oranı	$Rb = Nu/N(u+1)$		(Sreedevi vd., 2013)
Alansal Mofrometri			
Havza Alanı	A	ha	
Havza Uzunluğu	L	km	
Havza Genişliği	B	km	
Drenaj Yoğunluğu	$Dd = \Sigma Lu/A$	km.km-2	(Verstappen, 1983)
Dere Sıklığı	$Fs = Nu/A$	Adet.km-2	(Horton, 1932)
Form Faktörü	$Rf = A/Lb^2$		(Reddy vd., 2004)
Rölyef Mofrometrisi			
Maksimum Havza Rölyefi	$Bh = Hmax - Hmin$	m	(Özhan, 2004)
Rölyef Oranı	$Rh = H/Lb$		(Özhan, 2004)
Engebelilik Değeri	$Rn = BhxDd$		(Schumm, 1956)

3.1.4. Tekstür oranı

Tekstür oranı (T), bir akarsu ağındaki 1. dizindeki akarsuların sayısının havzanın çevresine oranını ifade etmektedir (Horton, 1945). Sulakyurt baraj gölü havzasının tekstür oranı 0.42'dir. Bu oran havzanın tekstür yapısının çok kaba olduğunu göstermektedir.

3.1.5. Yüzeysel akış uzunluğu

Yüzeysel akış uzunluğu (Lo), seyelan şeklinde akan suyun akarsu vadilerinde çizgisel akışa geçmeden önceki mesafesini ifade eder (Horton, 1945). Sulakyurt baraj gölü havzasının yüzeysel akış uzunluğu 1.31'dir. Araştırma havzasında yüzeysel akış uzunluğu değerinin düşük çıkması havzanın uzunlamasına şekli olduğunu göstermektedir. Uzunlamasına havzalarda, yüzeysel akış uzunluğu da doğru orantılı olarak yüksek olmaktadır. Drenaj ağı sık ve dairesel olan havzalarda yüzeysel akış uzunluğu düşük çıkmaktadır. Bu durum, suyun toplanma süresini kısaltmaktadır. Uzunlamasına olan havzalarda ise değerler daha yüksek çıkmaktadır.

3.2. Alansal morfometri

Alansal morfometri, havzaların drenaj ağı gelişimi ile geometrik özellikleri arasındaki ilişkiyi tanımlar. Bu parametrelerin uygulanması, havzanın uzunlamasına mı yoksa dairesel bir şekle mi sahip olduğunu belirlememize yardımcı olur.

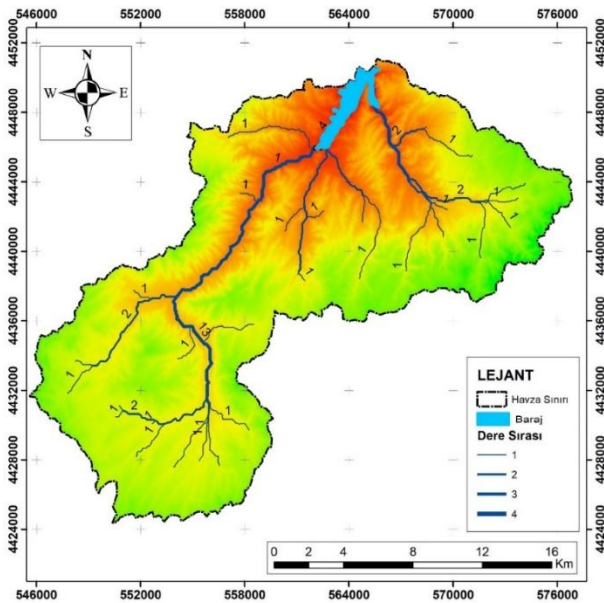
3.2.1. Havzanın alanı

Havza sınırı havza alanının bütünündeki drenaj ağlarını besleyen kanallara ait alt havzalarla belirlenebildiği gibi havza sınırındaki herhangi bir noktaya göre de belirlenebilir (Akkaya vd., 2004). Çalışma havzasının toplam alanı 37988.4 ha'dır.

Çizelge 2. Sulakyurt baraj gölü havzasının morfometrik parametre sonuçları

Table 2. Results of morphometric parameters for the Sulakyurt Dam Lake basin

Parametre	Açılımı	Birimi/Formül	Değeri
Nu	Akarsu dizinindeki toplam kol sayısı	adet	50
N(u+1)	Bir üst akarsu dizinindeki toplam kol sayısı	adet	
	1. mertebeden dere sayısı	adet	30
	2. mertebeden dere sayısı	adet	16
	3. mertebeden dere sayısı	adet	3
	4. mertebeden dere sayısı	adet	1
N	Toplam dizin sayısı	adet	4
Lu	Dere uzunluğu	km	
	1	km	68.7
	2	Km	35.7
	3	Km	7.6
	4	Km	31.3
A	Havza alanı	Ha	37988.4
L	Havza uzunluğu	Km	29.6
P	Havza çevresi	Km	119.3
Lb	Maksimum havza uzunluğu	Km	30.88
Hmax	Havzanın en yüksek noktası	M	1375
Hmin	Havzanın en düşük noktası	M	750
H	Ortalama havza yüksekliği	M	1057
H	Rölatif yükseklik		625
B	Havza genişliği	Km	21.5
ΣL	Toplam drenaj uzunluğu	Km	143.3
Rb	Çatalanma oranı	$Rb = Nu/N(u+1)$	3.4
Dd	Drenaj yoğunluğu	$Dd = \sum L / A$	0.38
Fs	Dere sıklığı	$Fs = Nu/A$	0.13
Rf	Form faktörü	$Rf = A/L^2$	0.43
Rs	Şekil faktörü	$Rs = L^2/A$	2.31
Rc	Dairesellik oranı	$Rc = 4\pi * A/P^2$	0.34
Re	Uzama oranı	$Re = 2/Lb * A/\pi^{1/2}$	0.74
Cc	Kompaktlık katsayısı	$Cc = 0,2821P/A^{0.5}$	1.73
Rt	Drenaj tekstürü	$Rt = Nu/A$	0.13
T	Tekstür oranı	$T = Nu1/P$	0.42
Bh	Havza reliefi	$Bh = Hmax - Hmin$	625
Lo	Yüzeysel akış uzunluğu	$Lo = 1/2Dd$	1.31
Rh	Relief oranı	$Rh = H/Lb$	0.02
Rn	Engebelilik değeri	$Rn = Dd * Bh$	0.23
Hi	Hipsometrik integral	$Hi = H - Hmin/Hmax - Hmin$	0.49
İ	İnfiltrasyon oranı	$İ = Dd * Fs$	0.05



Şekil 2. Sulakyurt baraj gölü havzasının Strahler yöntemine göre dere dizilimi

Figure 2. Stream ordering of the Sulakyurt Dam Lake basin according to the strahler method

3.2.2. Havza uzunluk oranı

Havza uzunluk oranı (Re), akarsu drenaj havzasının şeklini tanımlar (Schumm, 1956). Sulakyurt baraj gölü havzasında uzunluk oranı 0.73 olarak hesaplanmıştır. Bu değerle havza orta derecede uzamış havzalar sınıfına girmektedir. Bu durum havzada erozyon ve sediment taşınımı riskinin yüksek olduğunu göstermektedir.

3.2.3. Dere sıklığı

Dere sıklığı (Fs), bir kilometrekareye düşen akarsu dizin sayısını ifade eder. Havzalarda yüksek Fs değerleri; geçirgen olmayan zemin yapıları, seyrek bitki örtüsü ve yüksek rölyef özelliklerini gösterirken; düşük Fs değerleri geçirgen zemin yapıları, sık bitki örtüsü ve homojen rölyef özelliklerini ortaya koyar (Özdemir, 2007; Görür Erol ve Karadeniz, 2018; Dursun ve Babalık, 2023). Sulakyurt baraj gölü havzasının dere sıklığı 0.13 adet/km²'dir. Dere sıklığı değerlerinin düşük olması havzanın geçirgen arazi yapısı özellikleri ve alçak topografya özelliklerini taşıdığını göstermektedir (Pawar-Patil ve Mali, 2013; Görür Erol ve Karadeniz, 2018).

3.2.4. Drenaj yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu (Dd), tüm mertebelerdeki akarsuların toplam uzunluğunun (Lu), havza alanına (A) oranı olarak tanımlanan bir parametredir. Drenaj yoğunluğu hesaplanırken, bir akarsu havzasındaki maksimum yağışlarda yatağa ulaşan suyu taşıyan tüm vadilerin toplam uzunluğu dikkate alınır (Özdemir, 2011). Sulakyurt baraj gölü havzasının drenaj yoğunluğu 0.38 km/km^2 hesaplanmıştır. Drenaj yoğunluğunun fazla olduğu havzalarda taşkın potansiyeli yüksektir (Farhan vd., 2017). Dd değeri 0-2 arasında olduğu için havzanın toprak geçirgenliğinin yüksek olduğu söylenebilir.

3.2.5. Dairesellik oranı

Dairesellik oranı (Rc), havzanın şeklini belirlemek için kullanılan bir parametredir. Havza alanının havza çevre uzunluğuna sahip bir dairenin alanına oranı ile bulunur (Yılmaz, 2010). Çeşitli iklim ve jeolojik özellikler gösteren bölgelerde, bu oran 0.6 ile 1.0 arasında değişiklik göstermektedir. Oranın 1 olması, genellikle alçak topoğrafyayı temsil eder. Ancak 0.6-0.8 arasındaki değerler, genellikle dik ve sarp bir topografik durumu işaret eder (Balcı ve Özyuvacı, 1988). Sulakyurt baraj gölü havzasının dairesellik oranı 0.34'tür. Yüksek Rc değeri dairesel bir havzayı ve yüksek taşkın olasılığını ifade ederken, düşük Rc değeri uzunlamasına bir havzayı ve düşük taşkın olasılığını ifade etmektedir (Ward ve Robinson, 2000).

3.2.6. Form faktörü

Form Faktörü (Rf); havza genişliğinin havza uzunluğuna oranı ile hesaplanmaktadır (Özhan, 2004). Sulakyurt baraj gölü havzasında form faktörü 0.43 bulunmuştur. Bu değer 1'den küçük olması havza uzunluğunun havza genişliğinden büyük olduğunu göstermektedir. Form faktörü küçüldükçe havza şekli daha dar ve uzun kabul edilmektedir.

3.2.7. Şekil faktörü

Şekil faktörü (Rs), havza uzunluğunun karesinin havza alanına oranı ile hesaplanır (Özhan, 2004). Sulakyurt baraj gölü havzasında şekil faktörü 2.31 bulunmuştur. Bu değer havzanın uzunlamasına bir şeklinin olduğunu göstermektedir. Çünkü şekil faktörünün 1'den büyük olması, havzanın uzunlamasına bir şekle sahip olduğunu, 1'den küçük olması ise havzanın dairesel bir şekil aldığı gösterir (Erol ve İlhan, 2011; Görür Erol ve Karadeniz, 2018).

3.2.8. Kompaktlık katsayısı

Havza çevresinin havza alanına sahip olan bir dairenin çevresine oranı ile bulunan değerdir. Sulakyurt baraj gölü havzasının kompaktlık katsayısı 1.73'tür. Bu değer havzanın daireden uzaklaşan, uzunlamasına bir durumda olduğunu göstermektedir. Kompaktlık katsayısının değeri arttıkça, havzanın şekli dairesellikten uzaklaşır ve daha düzensiz hale gelir (Özhan, 2004; Çokoyoğlu, 2008).

3.2.9. Drenaj tekstürü

Drenaj tekstürü; araştırma alanının jeolojik yapısını, infiltrasyon değeri ve alanın şekli ile ilgili fikir veren önemli parametrelerden biridir (Rai vd., 2018). Sulakyurt baraj gölü havzasının drenaj tekstürü 0.13'tür. Bu değere göre havzanın iri taneli tekstür yapısına sahip olduğu söylenebilir. Aynı zamanda geçirgen kayalardan oluşan, az eğimli, daha stabil bir arazi yapısının olduğunu göstermektedir. 2'den az drenaj tekstür değeri çok iri taneli, 2-4 arasında ise kaba tekstürlü, 4-6 aralığında ise orta tekstürlü, 6-8 aralığında ise de ince ve 8'den büyük olunca da çok ince tekstürlü olarak ifade edilir (Smith, 1950).

3.3. Rölyef morfometrisi

Rölyef morfometrisi havzaların drenaj koşulları ve rölyef özellikleri arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Rölyef morfometri indis sonuçlarına bakılarak havzanın topografik özelliklerinin ortaya çıkartacağı taşkın ihtimali belirlenmeye çalışılmıştır.

3.3.1. Havza rölyefi

Havza rölyefi (Bh), havzanın maksimum ve minimum yükseltisi arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Schumm, 1956). Sulakyurt baraj gölü havzasının havza rölyefi 625 m'tir. Bu değer sonucuna göre havzada yaşanan erozyon sorunu düşük denebilir.

3.3.2. Rölyef oranı

Rölyef oranı (Rh); havzanın maksimum ve minimum yükseltisi arasındaki farkın, havzanın maksimum uzunluğuna oranı olarak tanımlanır (Schumm, 1956). Sulakyurt baraj gölü havzasının rölyef oranı 0.02'dir. Alanın rölyef oranı düşük olduğu için havzanın düz ve hafif arazilerden oluştuğu belirtilebilir. Mahala (2019)'a göre yüksek rölyef oranı, yüksek erozyon potansiyelini ve taşkın riskini ifade eder.

3.3.3. Engebelilik değeri

Engebelilik Değeri (Rn); bir arazinin yükselti farklarını belirten bir parametredir (Reddy vd., 2004). Sulakyurt baraj gölü havzasının engebelilik değeri 0.23'tür. Bu değer arazi yapısının düz veya hafif eğimli, taşkın riskinin ise az olduğunu göstermektedir. Yüksek Rn değeri yüksek rölyef koşulları ve buna bağlı olarak yüksek taşkın olasılığını ifade ederken, düşük Rn değeri ise düşük rölyef koşulları ve düşük taşkın olasılığını göstermektedir (Jothimani vd., 2021).

3.3.4. Hipsometrik integral

Hipsometrik integral (Hi; hipsometrik indeks veya yükselti/ alan oranı) hipsometrik eğrinin altında kalan toplam alanı ifade etmektedir (Pike vd., 1971; Mayer, 1990). Sulakyurt baraj gölü havzasının hipsometrik integral değeri 0.49 bulunmuştur. Bu değer, drenaj havzasının kısmen ileri gençlik dönemine doğru geçiş yaptığını göstermektedir.

3.3.5. İnfiltrasyon oranı

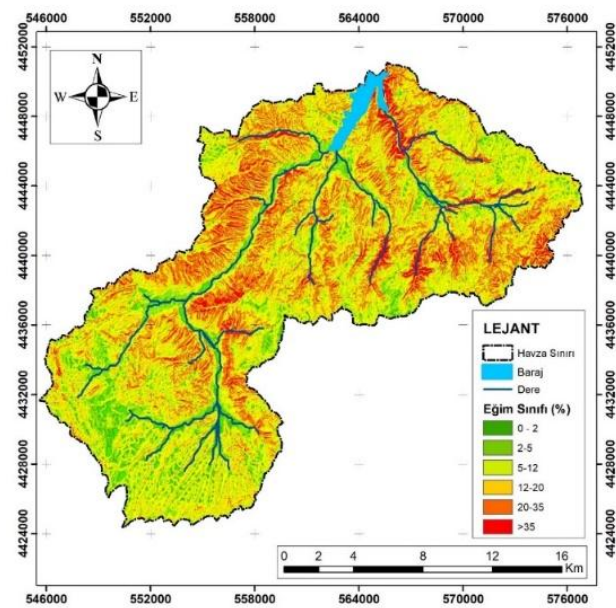
İnfiltrasyon oranı, drenaj yoğunluğu ile dere sıklığına bağlıdır (Ali ve Khan, 2013). Sulakyurt baraj gölü havzasının infiltrasyon oranı 0.05'tir. Bu değer havzada infiltrasyonun yüksek olduğunu göstermektedir.

3.3.6. Eğim ve baki durumu

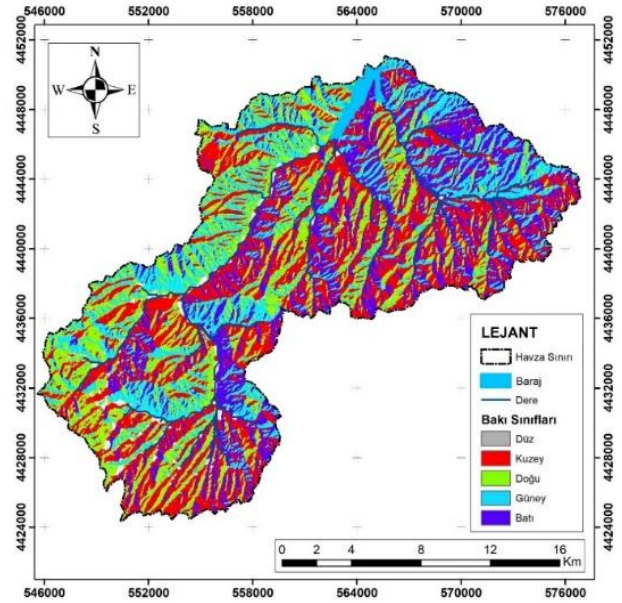
Havzanın eğim dağılımında 0-2 derece eğim sınıfı toplam alanın %6.41'lik kısmını kaplarken, >35 derece eğim sınıfı ise toplam alanın %4.15'lik kısmını kapsamaktadır. En fazla alan kapsayan eğim grubu ise %32.19'luk bir alan ile 5-12 derece eğim grubudur. Havzanın genel baki durumu %30.62'lik dilimle kuzey yönlüdür. En az alanın ise %2.95'lik kısım ile düz alan olduğu bulunmuştur. Sulakyurt baraj gölü havzasının ≥ 1200 m yüksekliğe sahip alanı %7.96'lık dilimde iken en düşük yükseklik %1.25'lik dilimle 750-800 m aralığındadır. En fazla alana sahip yükseklik grubu ise %18.95'lik dilimle 1100-1150 m aralığıdır (Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5).

3.3.7. Arazi kullanım türü/arazi örtüsü

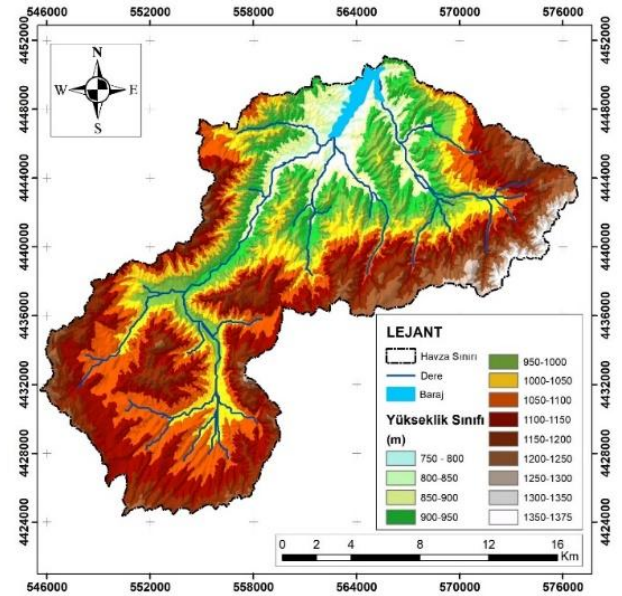
Sulakyurt baraj gölü havzası arazi kullanım durumuna göre 5 farklı arazi kullanım türü belirlenmiştir (Şekil 6). Bunlar ağaçlandırma alanı, ziraat alanı, ormanlık alan (bozuk, ibrelî, karışık, baltalık), mera ve iskân alanlarıdır. Sulakyurt baraj gölü havzasının ormanlık alanlar içerisinde verimli orman alanı %21.8'lik kısmı, bozuk orman alanı ise %78.2'lik kısmını oluşturmaktadır. Sulakyurt baraj gölü havzasının ormanlık alanlar içerisinde %98.5'lik kısmı yapraklı ormanlık alan, %1.5'lik kısmı ise ibrelî ormanlık alandan oluşturmaktadır. Ormanlık alan içerisinde geniş yapraklı orman varlığının iğne yapraklı orman varlığından çok olması yüzeysel akışın daha yavaş ilerlemesine, yapraklara düşen suyun intersepsiyon ile toprakla buluşmadan yok olmasına ve suyun yere daha yavaş düşerek infiltrasyonun artmasına yardımcı olmaktadır. Böylece yüzeysel akışla taşınan sediment miktarı da az olacaktır.



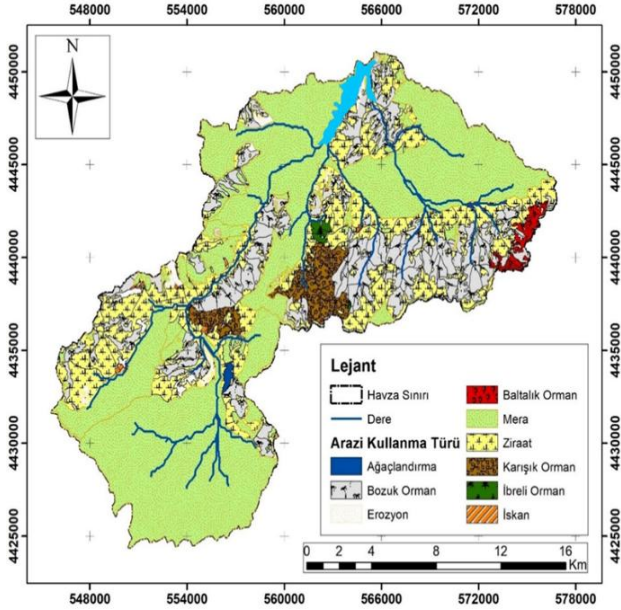
Şekil 3. Sulakyurt baraj gölü havzası eğim haritası
Figure 3. Slope map of the Sulakyurt Dam Lake basin



Şekil 4. Sulakyurt baraj gölü havzası baki haritası
Figure 4. Aspect (slope orientation) map of the Sulakyurt Dam Lake basin



Şekil 5. Sulakyurt baraj gölü havzası yükseklik haritası
Figure 5. Elevation map of the Sulakyurt DAM lake basin



Şekil 6. Sulakyurt baraj gölü havzası arazi kullanım durumu haritası

Figure 6. Land use map of the Sulakyurt Dam Lake basin

4. Tartışma ve sonuç

Havzaların morfometrik parametrelerinin sayısal analizi, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir (Yazıcı, 2019a). Analizlerde havzanın dere sayısı, dere sırası, uzunluğu, genişliği, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, çatallanma oranı vb. parametreler değerlendirilerek çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisine dair sayısal veriler elde edilmiştir.

Çalışma havzasının yükseklik haritası verileri sonucu maksimum yükseklik 1375 m iken minimum havza yüksekliği 750 m'dir. Havzada toplam 4 dere sırası bulunmaktadır. Acar (2018) Çorum Ahmetçe mikrohavzasında yapmış olduğu çalışmada devamlı ve periyodik 5 dere sırasının üzerinde toplam 524 adet derenin olduğunu belirtmiştir. Ayrıca drenaj yoğunluğunun iyi olmasının havza yüzeysel sularının uzaklaştırılmasında iyi bir özellikte olduğunu ifade etmiştir. Havzanın en yüksek paya sahip eğim grubu %32.19 oran ile %5-12 arası eğim sınıfıdır. Eğimin yüksek olmadığı alanlarda suyun infiltrasyonu fazla buna bağlı olarak ise yüzeysel akışı az olmaktadır. Bu durum erozyon riskinin yüksek eğim grubu olan sahalara göre daha az olduğunu göstermektedir. Bakı haritası incelendiğinde elde edilen sonuçlarda kuzey bakımın havza üzerindeki oranı %30.62 olup bunu %23.45 ile doğu, %22.37 ile batı takip etmektedir. Bu durum bize bakı oranlarının yakın olduğunu göstermektedir.

Havzanın çatallanma oranı (Rb) 3.4 olarak hesaplanmış olup, bu değer drenaj ağının nispeten dengeli ve düzenli bir yapıda olduğunu göstermektedir. Çatallanma oranının bu seviyede olması, havzada oluşacak yüzey akışının yönlendirilmesinde etkin bir dağılım sağlayabilir ve aşırı yağış dönemlerinde akışın istikrarlı kalmasına katkıda bulunabilir. Pareta ve Pareta (2011)'nin çalışmasında çatallanma oranı 3.0-4.7 değerleri arasındadır. Oranın daha yüksek değerleri drenaj yapısında meydana gelen bozulmaları işaret ederken, düşük değerler ise havzanın

yapısal bozulmalardan etkilenmediğini gösterdiği ifade edilmiştir.

Havzanın yüzeysel akış uzunluğu (Lo) 1.31, drenaj yoğunluğu (Dd) 0.38 km/km², dere sıklığı (Fs) ise 0.13 km² olarak tespit edilmiştir. Drenaj yoğunluğunun nispeten düşük olması havzanın geçirgen bir yapıya sahip olduğunu, yüzey akışının sınırlı ve yeraltı akışının etkin olduğunu işaret etmektedir. Bu durum bölgenin yüzey akışının kontrollü kalmasını sağlarken taşkın riskini minimize etmektedir. Benzer şekilde düşük dere sıklığı, alanda bulunan akarsu kollarının sayısının, drenaj alanına göre daha az olduğunu ve havzanın hidrolojik olarak stabil olduğunu ifade etmektedir. Elbaşı ve Özdemir (2018)'e göre, drenaj yoğunluğu kuzey bakı havzalarında güney bakı havzalarına kıyasla daha düşüktür. Bu durum, güneydeki akarsuların havzalarını daha fazla parçalamış olduğunu ve dolayısıyla sediment taşınım kapasitesinin güneyde daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Form faktörü (Rf) 0.43, şekil faktörü (Rs) 2.31 ve uzama oranı (Re) 0.74 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler havzanın uzun ve dar bir yapıda olduğunu ve yağış sonrası akışın yavaş bir şekilde tepki verdiğini göstermektedir. Dairesellik oranı (Rc) 0.34 olarak belirlenmiş olup, havzanın yuvarlak yerine uzamış bir yapıya sahip olduğunu belirtmektedir. Bu form faktörü ve dairesellik oranı kombinasyonu, yüzey suyunun havzada daha uzun süre kalabileceğini, böylece suyun akış süresinin artabileceğini ortaya koymaktadır. Özhan (2004)'e göre, jeolojik olarak homojen bir yapıya sahip havzalarda dairesellik oranı 0.6-0.7 arasında iken heterojen jeolojik yapıdaki bir havzada 0.4-0.5 arasında değerler almaktadır.

Kompaktlık katsayısı (Cc) 1.73 olarak bulunmuştur ve havzanın kompakt olmaktan uzak bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Drenaj tekstürü (Rt) ve tekstür oranı (T) sırasıyla 0.13 ve 0.42 olarak belirlenmiştir. Bu düşük değerler, havzada çok sayıda küçük akarsu kolunun bulunmadığını ve sahanın suyu daha çok yeraltına yönlendiren bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Rölyef oranı (Rh) 0.02 ve engebellik değeri (Rn) 0.23 olarak hesaplanmış olup, havzanın hafif eğim ve düze yakın yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu düşük rölyef oranı erozyon riskinin az olduğunu gösterir. Utlu ve Özdemir (2018) çalışmalarında, rölyef oranı değerlerini karşılaştırmışlardır. En yüksek rölyef oranı değeri, 0.020 ile Biga alt havzasına aittir. En düşük değerler ise sırasıyla Kocabaş (0.012), Kirazlıdere (0.016) ve Kocadere (0.018) alt havzalarına aittir. Biga alt havzasında yüksek bir Rh değeri gözlemlenmesi, havzanın drenaj yoğunluğunun, genel eğim özelliklerinin ve uzunluk oranının yüksek olduğunu, dolayısıyla akışa geçen su miktarının da yoğun olduğunu göstermektedir.

Hipsometrik integral (Hi) 0.49 olarak belirlenmiş olup, havzanın aşınım süreci bakımından olgun bir yapıya ulaştığını, bu nedenle arazinin topoğrafik olarak denge durumuna yakın olduğunu göstermektedir. İnfiltrasyon oranı (İ) 0.05 olarak bulunmuş olup, bu değer yüzey akışının sınırlı olduğunu ve suyun yeraltı akışına yöneldiğini ifade etmektedir. Sunkar ve Avcı (2015) çalışmalarında, Aksu Çayı Havzası için hipsometrik integral değerini 0.45, Batlama Deresi Havzası için ise 0.39 olarak hesaplamışlardır. Bu değerlere göre, Aksu Çayı Havzası gençlik döneminde, Batlama Deresi Havzası ise olgunluk dönemine geçiş aşamasındadır.

Morfometrik analizlerin yapılması, saha hakkında sonraki yıllarda gerçekleştirilecek çalışmalara ışık tutacak ve erozyon, sel ve taşkın gibi sorunların gelecekteki olası etkilerini önceden belirleyerek günümüzdeki problemlerin önlenmesine yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak, incelenen havza, yüksek geçirgenliğe sahip toprak yapısı, düşük drenaj yoğunluğu ve dere sıklığı ile hidrolojik olarak istikrarlı bir profile sahiptir. Havzanın uzun, dar yapısı ve sınırlı yüzey akışı, aşırı yağışlarda dahi akış rejiminin düzenli kalmasını sağlamaktadır. Bu özellikler, havzanın taşkın riskinin düşük olduğunu ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından olumlu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Açıklama

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapılan "Sulakyurt Baraj Gölü Havzasının Morfometrik Analizi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Acar, H., 2018. Çorum Ahmetçe mikrohavza planının havza yönetimi ve ıslahı kriterlerine göre değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Akkaya, A., Ş. T. Gündoğdu., K. S. Demir, A. O., 2004. Sayısal yükseklik modelinden yararlanılarak bazı havza karakteristiklerinin belirlenmesi, Bursa Karacabey İnkaya Göleti havzası örneği. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1): 167-180.
- Ali, S.A., Khan, N., 2013. Evaluation of morphometric parameters; A remote sensing and GIS based approach. Open Journal of Modern Hydrology, 3(1): 20-27. <https://doi.org/10.4236/ojmh.2013.31004>
- Babalık, A. A., Dursun, İ., Yazıcı, N., 2021. Türkiye'de erozyon sorunu ve erozyon tahmininde kullanılan modeller. In İ. Cengizler, & S. Duman (Eds.), Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler – 1, (pp. 182- 205). Ankara: Gece kitablığı.
- Balcı, N., Özyuvacı, N., 1988. Havza Amenajmanı II. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul.
- Çokoyoğlu, S., 2008. Alibey ve Kâğıthane havzalarında arazi kullanımı ve sorunlarının 50 yıllık değişimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dursun, İ., Babalık, A.A., 2023. Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 24(1): 25-38. <https://doi.org/10.18182/tjf.1205157>
- Elbaşı, E., Özdemir, H., 2018. Marmara denizi akarsu havzalarının morfometrik analizi. Coğrafya Dergisi, 36: 63-84.
- Erol, A., İlhan, Ş., 2011. Aksu havzası envanteri. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 12: 77-83.
- Farhan, Y., Anbar, A., Al-Shaikh, N., Mousa, R., 2017. Prioritization of semi-arid agricultural watershed using morphometric and principal component analysis, remote sensing, and GIS techniques, the Zerqa River Watershed, Northern Jordan. Agricultural Sciences, 8(1): 113-148. <https://doi.org/10.4236/as.2017.81009>
- Görür Erol, A., Karadeniz, C., 2018. Morfometrik parametrelerin havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmesi. Türkiye Ormancılık Dergisi, 19(4):447-454. <https://doi.org/10.18182/tjf.476776>
- Horton, R. E., 1932. Drainage-basin characteristics. Transactions, American Geophysical Union, 13(1): 350-361. <https://doi.org/10.2919/tr013i001p00350>
- Horton, R. E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydro physical approach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological Society of America, 56(3): 275-370.
- Jothimani, M., Dawit, Z., Mulualem, W., 2021. Flood susceptibility modeling of Megech river catchment, lake tana basin, northwestern Ethiopia, using morphometric analysis. Earth Systems and Environment, 5(2): 353-364. <https://doi.org/10.1007/s41748.020.00173-7>
- Keller, E.A., Pinter, N., 1996. Active Tectonics. Prentice Hall, New Jersey, ABD (United States of America)
- Mahala, A., 2019. The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. Applied Water Science, 10(1): 33. <https://doi.org/10.1007/s13201.019.1118-2>
- Mayer, L., 1990. Introduction to Quantitative Geomorphology. Prentice Hall, USA.
- Mesa, L. M., 2006. Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucuman, Argentina). Environmental Geology, 50: 1235-1242.
- Reddy, G.P.O., Maji, A.K., Gajbhiye, K.S., 2004. Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 6(1): 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2004.06.003>
- Özdemir, H., 2007. Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi. Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, H., 2011. Havza morfometrisi ve taşkınlar. Fiziki Coğrafya Araştırmaları, Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No:5, 507-526, İstanbul.
- Özhan, S., 2004. Havza Amenajmanı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Özsan, A., Kadioğlu, Y.K., 1997. Sulakyurt baraj yeri granitoidlerinin mühendislik jeolojisi özellikleri. Jeoloji Mühendisliği ve Sondaj Uygulamaları Sempozyumu, 17-19 Şubat, Ankara, s. 32-34.
- 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.
- Pawar-Patil, V.S., Mali, P.S., 2013. Watershed characterization and prioritization of Tulasi sub watershed: a geospatial approach. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2(6): 2182-2188.
- Pike, R.J., 1995. Geomorphometry: progress, practice and prospect. Zeitschrift für Geomorphologie NF Supplement Band, 101: 221-238.
- Pike, R. J., Wilson, S. E., 1971. Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. Geological Society of America Bulletin, 82(4): 1079-1084.
- Pike, R. J., Evans, I. S., Hengl, T., 2009. Geomorphometry: a brief guide. Developments in Soil Science, 33: 3-30. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00001-9](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00001-9)
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0660-7>
- Schumm, S. A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy New Jersey. GSA 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)
- Schumm, S. A. 1986. Alluvial river responses to active tectonics. In E. A. Keller & N. Pinter (Eds.), Active Tectonics: Impact on Society (pp. 80–94). Prentice Hall.
- Smith, K. G., 1950. Standards for grading texture of erosional topography. American journal of science, 248(9): 655-668.

- Sreedevi, P. D., Sreekanth, P. D., Khan, H. H., Ahmed, S., 2013. Drainage morphometry and its influence on hydrology in an semi-arid region: using SRTM data and GIS. *Environmental Earth Sciences*, 70: 839-848. <http://doi.org/10.1007/s12665-012-2172-3>
- Strahler, A. N., 1952. Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, 63: 923-938.
- Strahler, A. N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In V. T. Chow (Ed.), *Handbook of applied hydrology* (pp. 4-74). New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- Sunkar, M., Avcı, V., 2015. Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan aksu çayı ve batlama deresi havzalarının morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, 1(30): 91-119.
- Suyapı, 2024. Su-Yapı'nın 1975 yılından itibaren hizmet verdiği baraj ve hidroelektrik santral tesislerinin listesi. https://www.suyapi.com.tr/upload/Node/18850/xfiles/Su_Yapi_Baraj_HES_Liste_TR+2.pdf, Erişim: 01.11.2024.
- Utlı, 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>
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied geomorphology: Geomorphological surveys for environmental development*. New York, NY: Elsevier Science.
- Ward, R. C., & Robinson, M. (2000). *Principles of hydrology*. McGraw-Hill. New York, NY, USA:
- Yazıcı, N., Babalık, A. A., Dursun, İ., 2019a. Havza yönetiminde CBS ve uzaktan algılamanın önemi. *International Marmara Sciences Congress (IMASCON)*, 1-3 Kasım 2019, Kocaeli s. 255-260.
- Yazıcı, N., Babalık, A. A., Dursun, İ., 2019b. İklim değişikliği ve havza yönetimi. *2nd International Conference on Technology and Science (Techno-Science 2019)*, 14-16 Kasım, Burdur, s. 1095-1102
- Yazıcı, N., Babalık, A. A., & Dursun, İ. (2021). Entegre havza yönetimi ve Türkiye'deki uygulamaları. (Ed., K. Özrenk & İ. Tozlu), *Ziraat, orman ve su ürünlerinde araştırma ve değerlendirmeler 2*, Gece Kitaplığı, Ankara, s:279-297.
- Ulu, F., Ayan, S., Yüksel, A., 1999. Trabzon uzungöl havzasında dere akımını etkileyen fizyografik etmenlerin coğrafi bilgi sistemleri ortamında belirlenmesi. *Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulaması Sempozyumu*, 13-15 Ekim, Trabzon, s. 287-296.
- Yılmaz, H., 2010. Çankırı Gökdere havzasının havza karakteristiklerinin ve bazı hidrofiziksel toprak özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Yüksel, A., Meral, A., Demir, Y., Eroğlu, E., 2020. Çapakçur Mikro Havzası'nda (Bingöl) mikro havza ölçekli peyzaj değerlendirmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1): 16-26. <https://doi.org/10.30910/turkjans.679893>