

DOI: 10.26650/JGEOG408101

**COĞRAFYA DERGİSİ**  
**JOURNAL OF GEOGRAPHY**  
**36 (2018)**

<http://jgeography.istanbul.edu.tr>


# Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği

## *The Role of Basin Morphometric Features in Flood Output: A Case Study of the Biga River Basin*

Mustafa UTLU<sup>1</sup>, Hasan ÖZDEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Bingöl, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, Biga Çayı havzasında meydana gelen uzun süreli taşkın olaylarının nedenlerinin havza ve alt havza morfometrisi bakımından araştırılmasıdır. Bu kapsamda Biga Çayı havzası alt havzalara ayrılarak, alt havzaların morfometrik özellikleri belirlenmiş ve bu özelliklere bağlı taşkın üretme potansiyelleri incelenmiştir. Ana akarsu kolu üzerinde oluşan tarihsel taşkınların meydana gelmesinde alt havzaların çizgisel (bir boyutlu), alansal (iki boyutlu) ve relief (üç boyutlu) morfometrik özellikleri dikkate alınarak kendi aralarında taşkın etki düzeyleri ve potansiyelleri ortaya konmuştur. Bu morfometrik parametrelerin incelenmesinde ve kantitatif yönden değerlendirilmesinde 1:25000 ölçekli topografya haritalarından üretilmiş 10 m çözünürlüğe sahip SYM (Sayısal Yükselti Modeli), temel altlık veri olarak kullanılmıştır. Akarsu ağlarının üretilmesi ve ağ analizleri için D8 akış ve Strahler yöntemleri kullanılmıştır. Biga Çayı alt havzalarında elde edilen havza morfometrik değerleri kendi içinde sınıflandırılarak alt havzaların ana akarsu kolu üzerindeki taşkın üretme potansiyelleri ortaya konmuştur. Buna göre, havza morfometrisi açısından değerlendirilen Biga Çayı havzasında, Biga alt havzası ana kol üzerinde taşkın üretme bakımından en fazla etkiye sahip alt havza olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Havza morfometrisi, coğrafi bilgi sistemleri, Biga Çayı Havzası

### ABSTRACT

This study aims to investigate the causes behind the constant flooding in the Biga River basin. It aims to determine if the river sub-basins's morphometric features was the reason behind the floods. Historical data from previous floodings were used to create the linear (one-dimensional), areal (two-dimensional), and relief (three-dimensional) morphometric properties of the sub-basins. These parameters were then evaluated quantitatively and a Digital Elevation Model (DEM) with 10 m resolution produced from 1:25000 scale topography maps as the base data. The D8 flow and Strahler methods were also used as part of this study. The values obtained from the sub-basins of the Biga River were then weight and the potential to generate floods on the main stream of the sub-basins were evaluated. Our final conclusion indicates that the Biga sub-basin has indeed a major effect on flooding of the main channel of the Biga River.

**Keywords:** Basin morphometry, digital elevation models, Biga River basin

**Geliş tarihi/Received:** 20.03.2018 • **Kabul tarihi/Accepted:** 22.05.2018 • **Online yayın tarihi/Online published:** 10.06.2018

**Sorumlu yazar/Corresponding author:** Mustafa UTLU / utlumus@gmail.com

**Atıf/Citation:** Utlu, 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>



## EXTENDED ABSTRACT

Changes in the frequency and severity of precipitation, due to climate change has led to the increase the occurrence of flood disasters worldwide. Because of this flood investigation is becoming more important as it can help determine how flooding occurs and how to prevent or minimize its impact. There are many different methodology are now being used to determine how flooding occurs, one of which is the basin morphometry parameter. This is one of the more practical methods and effective methods used to predict floods.

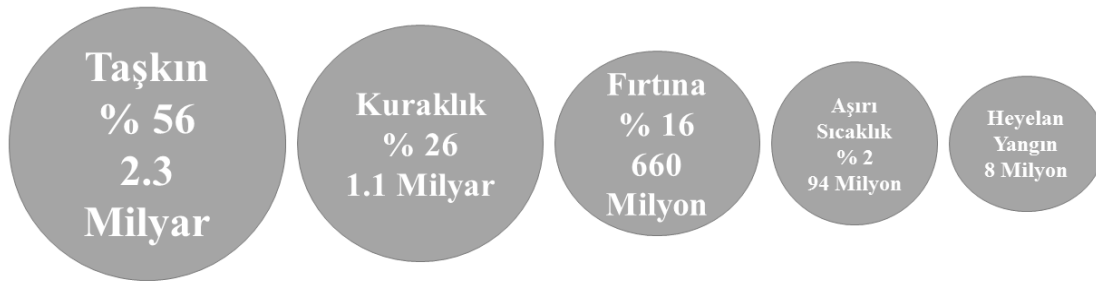
For this study we use this methodology to study the Biga River Basin. This is one of the southern Marmara Sea basins on the Biga peninsula, and it includes Çan and Biga provinces within the borders of Çanakkale province. The basin covers about 2311 km<sup>2</sup> and there are four sub-basins included in the main branch. People of the region have been affected socially and economically by massive flooding of the Biga River, which is now a yearly occurrence. Using basin morphometry parameters, we focus on the river's sub-basins. We used the one-dimensional linear morphometry (1D: Bifurcation ratio,  $R_b$ ; stream length ratio,  $R_l$ ; texture ratio,  $T$ ; drainage texture ratio,  $R_t$ ), two-dimensional areal morphometry (2D: Drainage density,  $D_d$ ; stream frequency,  $F_s$ ; form factor,  $R_f$ ; gravelius index,  $K_g$ ; elongation ratio,  $R_e$ ), and three-dimensional relief morphometry (3D: Basin relief,  $B_h$ ; times of concentration,  $T_c$ ; relief ratio,  $R_h$ ; hypsometric curve,  $H_c$ ; and hypsometric integral,  $H_i$ ). Using these parameters, the Biga River sub-basins were examined to determine their effects when they overflow into the main channel.

The basic subdivision used in calculation and mapping of the morphometric parameters through Geographic Information Systems. The DEM is used to determine four different basins comprising the main cove in the Biga River basin. Several steps have been taken to determine the Biga River basin and sub-basin boundaries on the DEM. They are filled DEM, flow direction, flow accumulation, extraction drainage network, pour point, and watershed creation stages. In the extraction of the drainage process from flow accumulation, a threshold is given for the smallest stream unit. The Strahler method was used to classify stream indexes. ArcGIS 10.x software and the Spatial Analysis extension tool were used to calculate the morphometric parameters, i.e., drainage network properties, basin geometry, and basin relief properties and to determine basin boundaries. The general slope characteristics of the basin vary between 0 and 54.1°. The distribution of basin relief features at different rates in the lower basins has different drainage densities and stream ratios as well as different erosion activities. The highest values of relief are in the Kocadere sub-basin, and the lowest values are in the Kocabaş sub-basin. In the regional distribution of the lower basins, the Biga sub-basin has the highest spatial distribution and is observed in the lower basin of the Kocabaş River. Basin drainage has a dendritic river apex. The rate of bifurcation varies. Fishing rate value ranges from 3.92 to 4.49, indicating that the watershed has a homogeneous structure. The drainage density of the basin is between 2.64 and 3.01, and the river density vary between 6.16 and 7.1. These ratios indicate that the infiltration surface runoff is high and that the infiltration values are low. The relief ratio shows that the surface runoff of the basin is very high, and the groundwater potential is moderate. The drainage texture of the sub-basin with the lowest value—the Kocabaş sub-basin—is 6.16, and the highest value— Kocadere sub-basin—is 7.1, which indicates coarse and very coarse textures. Kocadere, Kirazlıdere, and Biga sub-basins validate that these subwatershed are located under non-dense vegetation cover. Form factor results show that some of the basin has high and short duration peak during flood events depends on geometric character of basin. All the morphometric parameters analysis results show a good relationship of the basin geometry. According to the morphometric results of all sub-basins, the shape, linear, and relief characteristics identified in the Biga sub-basin are more susceptible to flood events than the Kocabaş, Kirazlıdere, and Kocadere sub-basins. Applying geomorphic indices to understand the flood process of sub-basins into the main channel is very useful for planning and creating mitigation strategies before flood events. To understand the flooding process, characteristics such as geomorphology, climate, and land use must be considered.

## 1. GİRİŞ

İnsanların maruz kaldığı en yaygın ve en çok hasar veren doğal afetlerden biri olan taşkınlar (Duong ve Gourbesville, 2016; Pachauri ve Reisinger, 2007), her geçen yıl sosyal, ekonomik problemlere ve can kayıplarına yol açmaktadır (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2002). Taşkınlar genel olarak dünya topraklarının 3'te 1'inde meydana gelmektedir (Samela vd., 2016). 1995-2015 yılları arasında meydana gelen iklim ile alakalı doğal afetlerin % 56'sı taşkınlara karşılık gelmekte olup, bu zaman aralığında taşkınlardan ölen kişi sayısı 157 bin, taşkınlardan etkilenen kişi sayısı ise 2,3 milyardır (United Nations Office for Disaster Risk Reduction ve Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2015, **Şekil 1**).

özelliklerindeki değişimler taşkın riskini arttıracaktır (United Nations Office for Disaster Risk Reduction ve Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2015). Türkiye'deki taşkınlar tür olarak genelde şehir ve akarsu taşkınları olup (Keskin, 2012) meteorolojik, yatak morfolojileri ve topografya özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Tekkanat, 2015). Bunun yanı sıra havza jeolojisi, jeomorfolojisi, sanayileşme, göçler, hızlı nüfus artışı, arazi kullanımındaki değişimler, taşkın ovalarının yerleşime açılması (Milly vd., 2000), akarsu kanal eğimlerinin ve yönlerinin değiştirilmesi gibi yanlış uygulamalar taşkınların meydana gelmesinde doğrudan ve dolaylı olarak etkili faktörler arasında gösterilmektedir. Atmosferik açıdan taşkınların meydana gelmesinde yağış yoğunlukları (sağanak ve yağış özellikleri), meydana gelme sürelerindeki değişimler önem taşımaktadır (Tekkanat, 2015).

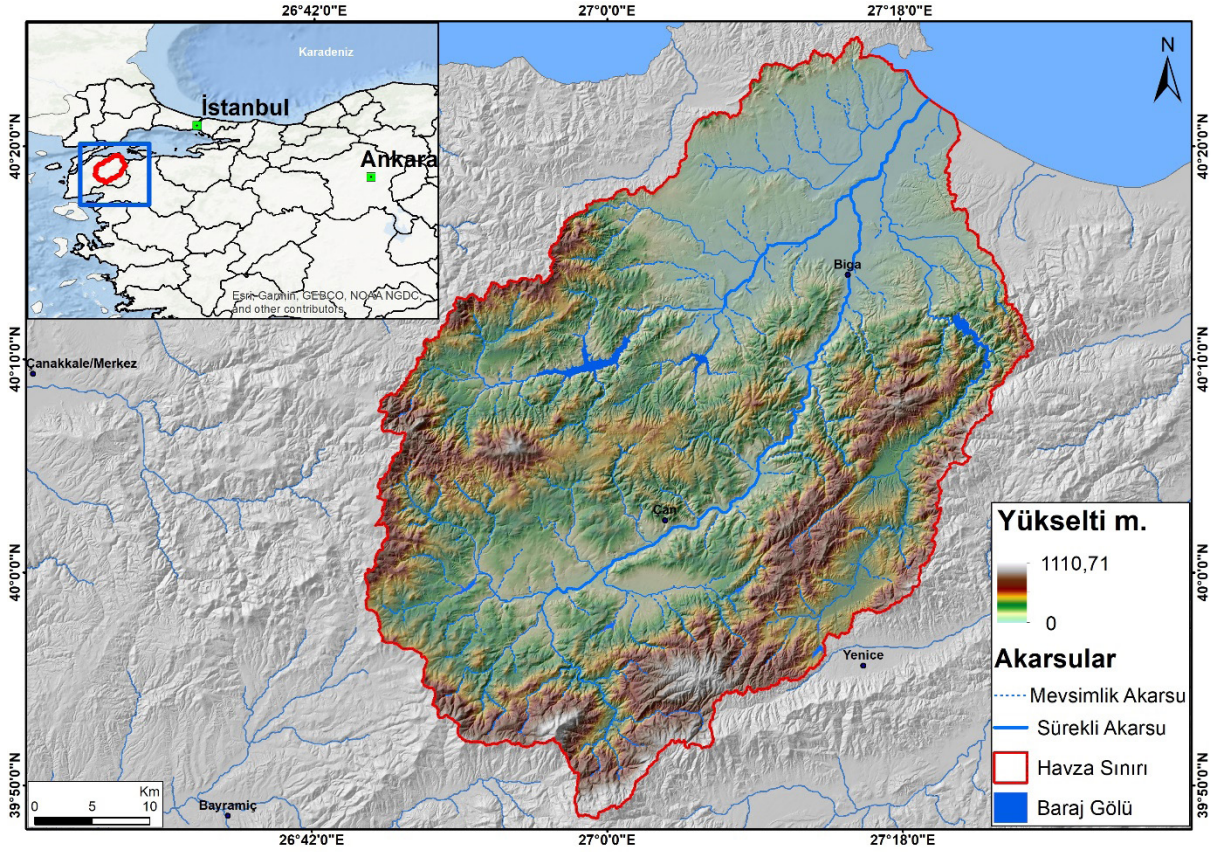


**Şekil 1:** 1995-2015 yılları arasında iklim kaynaklı doğal afetlerden etkilenen kişi sayısı (UNSDR ve CRED 2015'ten değiştirilerek).

**Figure 1:** Number of people affected by climate-induced natural disasters between 1995 and 2015 (United Nations Office for Disaster Risk Reduction ve Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2015).

EM-DAT verilerine göre, dünyada 2005-2014 yılları arasında her yıl ortalama 335 afet meydana gelmiştir. Bu afetler, 1995-2004 yılları arasında meydana gelen afetlerden %14 daha fazla iken, 1985-1994 yılları arasında meydana gelen afetlerin ise neredeyse iki katıdır. Bu artışların önümüzdeki 10 yıl içerisinde iklim değişikliğine bağlı olarak yağış özelliklerine de yansiyacak (Duong ve Gourbesville, 2016; Pachauri ve Reisinger, 2007), su dengesinde alan ve zamansal olarak meydana gelecek değişikliklerin (Türkeş ve Tatlı, 2011), yağış sıklık ve şiddetinin değişmesine (Sanders, 2007) ve dolayısıyla taşkın afetini doğrudan etkileyecek olması, gelecekte taşkın afetinin boyutlarını ve zararlarını daha da arttıracaktır (Kleinen ve Petschel-Held, 2007; Kundzewicz ve Schellnhuber, 2004, Milly, Wetherald, Dunne ve Delworth, 2002;). Şehirleşme ve hidrolojik değişkenler arasında sıkı bir bağ olduğu, artan yapılaşmaya bağlı azalan geçirimsizlik durumunun yüzeysel akışı arttırmasına rağmen (Alaghmand vd., 2010; Ouma ve Tateishi, 2014) taşkın ovaları ve taşkın yataklarının yerleşime açılmaya devam etmesi ve artan nüfus ile insan faaliyetlerine bağlı arazi kullanım

Akışa geçen su miktarının havza üzerinde taşkın meydana getirmesi bakımından saha jeolojisi, litolojik özellikleri, zemin toprak geçirimsizlik ilişkisi son derece önemlidir. Bahsedilen bu özelliklerin anlaşılmasında havza-morfometri araştırmaları hidroloji ve taşkın çalışmalarının önemli bir bileşeni olarak ortaya çıkmaktadır. (Özdemir, 2011). Ana akarsular üzerinde özellikle akım istasyonu olmayan havzalarda taşkınların oluşumlarının anlaşılmasında havza morfometrisi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmalardan özellikle alt havzaların taşkın üretme kapasitesi bakımından incelenmesi konusunda Ozdemir ve Bird (2009) tarafından Havran Çayı alt havzaları ele alınmıştır. Ayrıca Oruonye (2016) ve Oruonye ve diğerleri (2016) havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki önemine değinmişler ve bazı parametrelerin etkilerini ortaya koymuşlardır. Farhan, Anaba ve Salim (2016), 20 farklı akarsu havzasına uygulamış olduğu morfometrik analizlerin sonuçlarına göre 10 akarsu havzasında yüksek taşkın potansiyelinin olduğundan bahsetmiştir. Diakakis (2011) ise havza morfometrik özelliklerin bir akarsu havzasının hidrolojik karakterini belirleyen en önemli parametre olduğuna



**Şekil 2:** Biga Çayı havzasının konumu ve genel görünüş.  
**Figure 2:** The location and general view of Biga River Basin.

değinmiş ve morfometri çalışmalarının taşkın dinamiklerinin anlaşılmasında önemli bir rol oynadığını belirtmiştir.

Bu çalışmanın amacı ise ana akarsu üzerindeki taşkınların oluşmasında etkili olan birçok sebepten, sadece alt havzaların morfometrik karakterlerinin çizgisel-alansal ve relief morfometri etkinliğine bağlı taşkın oluşumuna etki eden sebeplerinin ortaya konması ve araştırılmasıdır. Bunun için de Biga Çayı havzası ve alt havzaları bu çalışmada örneklem sahası olarak seçilmiştir.

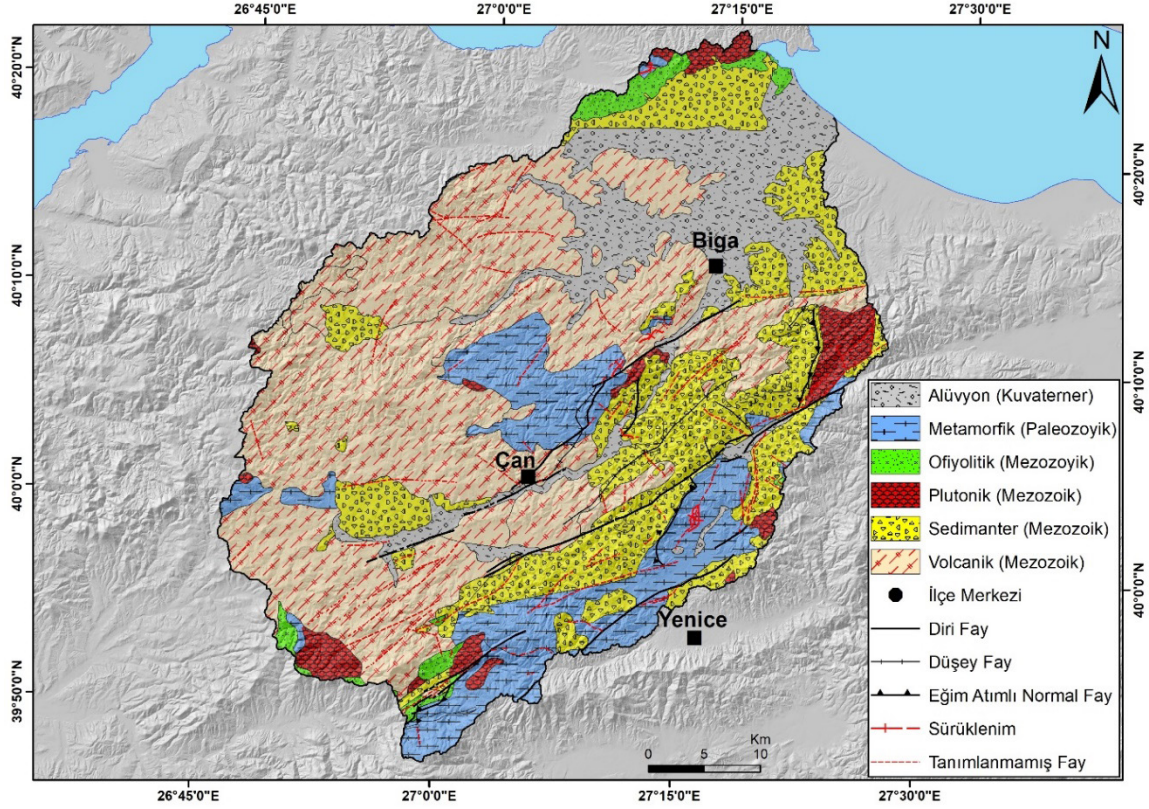
## 2. VERİ VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanı

Biga Çayı Havzası taşkınların meydana geldiği Marmara Denizi akarsu havzalarından birisidir. Havza, Çan ve Biga ilçelerini kapsayan Çanakkale ili sınırları içinde 39°48'00" - 40°26'00" kuzey enlemler ve 27°26'00" - 26°44'00" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havza alanı 2311,68 km<sup>2</sup>'lik alan kaplarken, havza çevre uzunluğu 266,68 km. olup yükselti kademesi ise 0 – 1110,71 m. arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 2).

Çalışma sahası genel olarak Biga Yarımadasında yer alır ve Paleozoyik'ten Holosen'e farklı litolojik birimlere ait kayaç gruplarını bünyesinde barındırır (Şencan, 2007). Tersiyer öncesi litolojik birimler, magmatik ve metamorfik kayaçlar (Deniz, Baba ve Tarcan, 2010) genellikle KD-GB uzanımlı tektonik birimler içerisinde görülmektedir. Çalışma sahası ve yakın çevresinde, temelde Paleozoyik döneme ait Kazdağı masifi, bu masif üzerinde ardalanmış Triyas yaşında Karakaya formasyonuna ait litolojik birimler bazaltik kayaçlar, tüfler, kumtaşları, grovaklar (Deniz vd., 2010), bu formasyonu örten Jura yaşlı kırıntılı Bayırköy formasyonu ve Bilecik kireçtaşı sedimenter üniteler, Tersiyer dönemi Ceylan formasyonu ve karasal çökellere ait Bigadiç formasyonu yer almaktadır. Akarsu vadilerinde ve ovalarda ise Pliyo-kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller (çakıltaşı, kumtaşı, şeylden oluşan flüvial kökenli sedimentler) bulunmaktadır (Deniz vd., 2010; Siyako, Bürkan ve Okay, 1989), (Şekil 3).

Biga Çayı Havzası ve civarı özellikle iklimsel açıdan kış aylarında yağış alan yazları ise kurak döneme sahip tipik Akdeniz iklimi ve nemli ılıman Karadeniz iklim geçişini karakterize eden bir iklime sahiptir (Türkeş, Erginal, Demirci ve Ekinci, 2008; Türkeş ve Tatlı, 2011). Havza ve yakın çevresi yaz mevsimi,



**Şekil 3:** Biga çayı havzasının jeoloji haritası (MTA, 2002) (1/500.000 ölçekli haritasından değiştirilerek).

**Figure 3:** Geological map of Biga River basin (MTA, 2002) (modified from the map of scaled 1:500000).

Akdeniz bölgesinde görülen yaz döneminden kısa olup, kuraklık daha az, kış mevsimi ise daha soğuktur. Biga Çayı Havzası ve yakın çevresi farklı hava kütlelerinin etkisi altına girmekte olup cephe sistemleri, konveksiyonel hareketlere ve alçak basınçlara bağlı olarak yağış olayı gerçekleşmektedir. Yağışların mevsimsel olarak dağılışı incelendiğinde en fazla yağışın düştüğü dönem kış mevsimi (% 41-46)'dir. En az yağışın düştüğü dönem ise yaz mevsimi (%7-8) olarak karşımıza çıkmaktadır (Efe, 1999). Havza toplam ortalama yağış miktarı 658 – 859 mm. arasında değişmektedir (Hijmans, vd., 2005).

Taşkın olayı meydana geldiği Biga yerleşmesini ve yine adını akarsudan alan Biga ovasını kapsamaktadır. Biga yerleşmesi ve Biga ovasında yer alan köyler yüksek oranda taşkına meyilli sahalardır (Şencan, 2007). Konumu dolayısıyla Biga yerleşmesi ve Biga ovası uzun yıllar boyunca taşkına maruz kalmıştır (Tablo 1). Taşkınlara genel olarak havzanın ana kolu olan Biga Çayında meydana gelen pik akımlar neden olmaktadır. Havza üzerinde birtakım barajlar inşa edilmiş olmasına rağmen ana akarsu üzerinde, Biga alt havzasında, taşkınları önleyici bir çalışma yapılmamıştır. Bunun yanında Kirazlıdere ve Kocadere

**Tablo 1:** Biga Çayı havzasında meydana gelen taşkınlara ve Akkayrak AGİ'de ölçülen bazı maksimum akım ( $m^3/sn$ ) değerleri (DSİ, 2017).

**Table 1:** Historical floods on the Biga River Basin and some peak discharge data ( $m^3/s$ ) of the Akkayrak Gauge Station (DSİ, 2017).

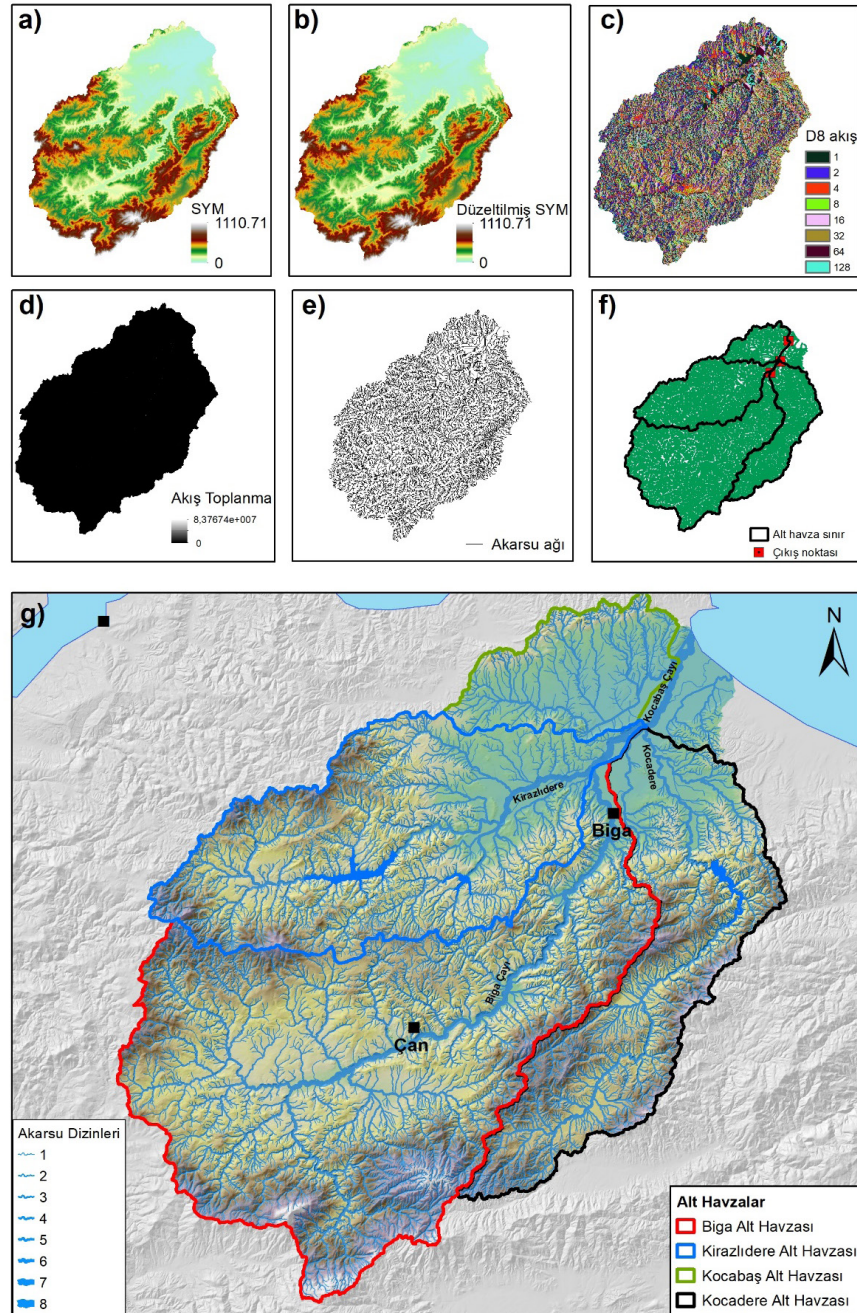
1955	1962	1963	1964	2007	2009	2012	2013	2014	2015	2016	2017
27.11.1955	3.07.1962	18.12.1963	27.12.1964	29.01.2007	24.12.2009	14.02.2012	19.01.2013	1.01.2014	12.01.2015	18.01.2016	13.01.2017
	3.10.1962			--	--	22.10.2012	21.01.2013	5.06.2014	7.04.2015	26.03.2016	--
				--	--	1.12.2012	8.02.2013	18.12.2014	9.04.2015	--	--
				--	--	--	26.03.2013	--	--	--	--
				--	--	--	8.04.2013	--	--	--	--
1955	1962	1963	1964	2007	2009	2012	2013	2014	2015	2016	2017
--	--	--	--	--	--	130 $m^3/sn$	205 $m^3/sn$	--	107 $m^3/sn$	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	139 $m^3/sn$	121 $m^3/sn$	--	--
--	--	--	--	--	--	109 $m^3/sn$	106 $m^3/sn$	114 $m^3/sn$	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	150 $m^3/sn$	--	--	--	--

alt havzasında taşkın önleyici yapıların inşası ile ovadaki taşkınların önüne geçilebileceği düşünülmüştür.

## 2.2. Havza Morfometrik Parametreler ve Üretimi

Çalışmada temel altlık veri olarak 1:25000 ölçekli sayısal topografya haritalarından elde edilen 10m. çözünürlükteki SYM (Sayısal Yükselti Modeli) verisi kullanılmıştır. Biga Çayı alt

havzalarının belirlenmesinde ArcGIS 10.x programından faydalanılmıştır. Havza ve alt havza sınırlarının belirlenmesinde havza oluşturma aşamaları takip edilmiştir (Şekil 4). Bunun için öncelikle SYM verisindeki hatalar (yapay çukur-zirveler) doldurma yöntemiyle giderilmiştir. Akarsu akış yönleri D8 yöntemine göre belirlenmiş olup (Jenson ve Domingue, 1988; O'Callaghan ve Mark, 1984), akış yönlerine bağlı olarak akım toplanma raster verisi üretilmiştir. Bu raster verisi havzadaki



**Şekil 4:** Alt havza oluşturma aşamaları a) Üretilen SYM b) Düzeltilmiş SYM c) D8 akış yönü d) akış toplanma e) akarsu ağı oluşturma f) ana kola katılan derelerin çıkış noktalarına bağlı havza oluşturma g) Strahler metoduna göre akarsu dizinleri ve alt havzalar.

**Figure 4:** Sub-basins extraction a) produced DEM b) filled DEM, c) flow direction, d) flow accumulation, e) drainage network extraction, f) sub-basins based on pour points g) Stream orders based on Strahler method and the sub-basins.

**Tablo 2:** Alt havzalara ait bazı morfometrik tanımlayıcı değerler.**Table 2:** Some morphometric descriptors of the sub-basins.

	Alt Havza Adı			
	Biga alt havzası	Kirazlıdere alt havzası	Kocadere alt havzası	Kocabaş alt havzası
Alan km <sup>2</sup>	1044,92	595,71	439,36	174,93
Çevre uzunluğu km.	209,61	147,63	147,63	81,64
Havza uzunluğu km.	55,47	47,78	47,41	21,94
Minimum yükseklik	13,07	6,07	6,8	0
Maksimum yükseklik	1110,71	766,58	855,73	267,32
Ortalama yükseklik	301,62	199,45	279,13	47,83
Ana akarsu uzunluğu km.	75,41	57,87	75,99	28,67
1.Dizin sayısı	5335	3243	2400	836
2.Dizin sayısı	1197	734	541	185
3.Dizin sayısı	276	186	120	44
4.Dizin sayısı	65	51	27	9
5.Dizin sayısı	14	13	4	3
6.Dizin sayısı	3	2	1	1
7.Dizin sayısı	1	1		
Toplam Dizin sayısı	6891	4230	3093	1078
1.Dizin toplam uzunluğu km.	1440,69	844,92	669,60	214,01
2.Dizin toplam uzunluğu km.	703,52	424,73	309,82	112,67
3.Dizin toplam uzunluğu km.	368,31	227,07	184,63	76,67
4.Dizin toplam uzunluğu km.	212,75	130,09	68,88	29,59
5.Dizin toplam uzunluğu km.	86,04	40,39	45,54	19,66
6.Dizin toplam uzunluğu km.	28,50	36,19	42,63	9,74
7.Dizin toplam uzunluğu km.	52,99	20,54		
Toplam dizin uzunluğu km.	2892,80	1723,93	1321,10	462,34

akarsu ağının ortaya konması için 500 piksel eşik değeri kullanılarak akarsu ağı üretilmiştir. Böylelikle havza içerisindeki kuru vadilerin de akarsu ağına katılımı sağlanmıştır. Son olarak ana akarsuya katılan alt havzaların çıkış noktaları belirlenerek bu noktalara bağlı alt havzaların sınır üretimi gerçekleştirilmiştir (**Şekil 4**). Alt havzaların akarsu ağları Strahler (1952) yöntemine göre dizinlere ayrılmış (**Şekil 4**) ve buna bağlı hesaplamalar yapılmıştır (**Tablo 2**). Althavzalara bu çalışmada uygulanan havza morfometrik parametrelerine ait matematiksel ifadeler ve açıklamaları ise **Tablo 3**'te verilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Taşkın üretme potansiyeli açısından değerlendirilen Biga Çayı havzasında 4 alt havza belirlenmiştir. **Tablo 3**'te verilen morfometrik parametreler; çizgisel, alansal ve relief morfometrisi olarak 4 alt havzaya uygulanmıştır. Elde edilen değerler **Tablo 4**'te, açıklama ve değerlendirmeleri ise aşağıda verilmiştir.

#### 3.1. Çizgisel Morfometrik Özellikler

Çatallanma oranı ( $R_b$ ), özellikle havzaların akarsu üretme ve mevcut durumların belirlenmesi açısından önemlidir. Çatallanma oranının ( $R_b$ ) yüksek veya düşük çıkması havzalardaki yağışın

topoğrafya, yüzey geçirimsizliği ve bitki örtüsü ile olan ilişkisini ortaya koyar. Buna göre düşük  $R_b$  değeri gösteren havzalarda, düşük geçirimsizlik kapasitesi, yüksek yüzeysel akışı ve aynı zamanda daha yüksek ve keskin bir akım hidrograf özellikleri hakimdir. Buna karşın yüksek  $R_b$  değeri gösteren havzalarda yüksek oranda infiltrasyon ve daha az ve devamlı bir akım özelliği gösteren hidrograf karakteri sergiler (Özdemir, 2011; Strahler, 1964). Bu özellikler de havzanın şeklinin de önemli bir etkisi bulunmaktadır (Verstappen, 1983). Alt havza  $R_b$  değerleri 3.92 – 4.49 arasında değişmektedir. Bu oranlar homojen bir yapıdaki havzaya karşılık gelmektedir.  $R_b$  değeri bakımından Kocabaş ve Kirazlıdere alt havzalarının düşük  $R_b$  değerine sahip olması havzaların şekilsel özellikleri de dikkate alındığında sel ve taşkın üretme potansiyelleri diğer havzalara göre daha fazladır. Dolayısıyla taşkın dönemlerinde Kocabaş ve Kirazlıdere havzalarında daha yüksek ve keskin bir akım hidrografi ortaya çıkacaktır.

Akarsu uzunluk oranı ( $R_l$ ), ana akarsu ve kollarındaki suyun uzunluklarına bağlı olarak kanal içindeki oyalanmaları ve tutulmaları bakımından önemlidir. Böylece üst kollarından gelecek olan suyun taşınmasında, alt kolların uzunluklarının yeterli olup olmaması konusundan bilgi sahibi olmamızı sağlar (Özdemir, 2011; Patton, 1988). Değerlerin yüksek çıkması alt kollara su

**Tablo 3:** Havza morfometrik parametreler ve matematiksel açıklamaları.**Table 3:** Havza morfometrik parametreler ve matematiksel açıklamaları.

No	Parametre	Formül	Kaynak
<b>Çizgisel Morfometri</b>			
1	Çatallanma Oranı ( $R_b$ )	$R_b = N_u/N_{u+1}$ $N_u =$ akarsu havzasındaki dizin sayısı $N_{u+1} =$ bir sonraki toplam dizin sayısı	Schumm, 1956
2	Akarsu Uzunluk Oranı ( $R_l$ )	$R_l = L_u/L_{u+1} + 1$ $L_u =$ dizin sayısı toplam uzunluğu m. $L_{u+1} =$ sonraki dizin sayısı uzunluğu m.	Patton, 1988
3	Tekstür Oranı (T)	$T = N_{u1}/P$ $N_{u1} = 1.$ Dizinlerin toplam sayısı $P =$ Havza çevre uzunluğu km.	Horton, 1945
4	Drenaj Tekstür Oranı ( $R_t$ )	$R_t = N_u/A$ $N_u =$ Havzadaki dizinlerin toplam sayısı $A =$ Havza alanı $km^2$	Horton, 1945
<b>Alansal Morfometri</b>			
5	Uzunluk Oranı ( $R_e$ )	$R_e = \frac{2}{L_m} \times \left[ \frac{A}{\pi} \right]^{0.5}$ $L_m =$ Havza çevresi uzunluğu km. $A =$ Havza alanı $km^2$	Schumm, 1956
6	Havza Şekli ( $R_f$ )	$R_f = A/Lb^2$ $A =$ Havza alanı $km^2$ $Lb =$ Havza uzunluğu	Horton, 1932
7	Gravelius İndeks ( $K_g$ )	$K_g = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}}$ $P =$ Havza çevresi uzunluğu km. $A =$ Havza alanı $km^2$	Gravelius, 1914
8	Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ )	$D_d = \sum L/A$ $\sum L =$ Toplam akarsu uzunluğu $A =$ Havza alanı $km^2$	Horton 1932, 1945
9	Akarsu Sıklığı ( $F_s$ )	$F_s = N/A$ $N = 1.$ Dizinlerin toplam sayısı $A =$ Havza alanı $km^2$	Horton 1932, 1945
<b>Relief Morfometri</b>			
10	Akim toplanma zamanı ( $T_c$ )	$T_c = 0.0195 \times L^{0.77} / S^{0.385}$ $L =$ Maksimum ana akarsu uzunluğu $S =$ Havza eğimi	Kirpich, 1940
11	Hipsometrik İntegral ( $H_i$ )	$H_i = \frac{(H_{ort} - H_{min})}{(H_{maks} - H_{min})}$ $H_{ort} =$ Ortalama yükselti $H_{maks} =$ Maksimum yükselti $H_{min} =$ Minimum yükselti	Pike and Wilson (1971) Mayer (1990)
12	Hipsometrik Eğri ( $H_c$ )	$H_c = h/H$ ve $a/A$ $h =$ rölatif yükseklik $H =$ Toplam yükseklik $a =$ rölatif alan $A =$ toplam alan	Pike and Wilson (1971) Mayer (1990)
13	Havza Reliefi ( $B_h$ )	$B_h = H_{maks} - H_{min}$ $H_{min} =$ Minimum yükselti	Schumm, 1956
14	Relief Oranı ( $R_h$ )	$R_h = H/L$ $H =$ Havza reliefi $L =$ Maksimum havza uzunluğu	Schumm, 1956
15	Engbelilik Değeri ( $R_n$ )	$R_n = B_h \times D_d$ $B_h =$ Havza reliefi $D_d =$ Drenaj yoğunluğu	Schumm, 1956

taşıyan üst kolların fazlalığını ve alt kolların da yetersizliğini ortaya koyar. Buna göre alt havzaların elde edilen  $R_l$  değerleri incelendiğinde en fazla değere sahip havza Kirazlıdere alt havzasıdır (Tablo 4). Kirazlıdere alt havzasında ana kola su gönderen 1 ve 2. Dizinlerin fazlalığının yanısıra alt kolların yetersiz ve kısa olma durumu mevcuttur. Bu bakımdan Kirazlıdere alt havzası ana kola su gönderen 1 ve 2 dizinlerin fazlalığına bağlı olarak diğer alt havzalara göre daha fazla taşkın üretme potansiyeline sahiptir.

Tekstür oranını (T), havzanın litolojisi, sızma kapasitesi, relief özellikleri belirlemektedir (Rana, Singh, Sundriyal, Rawat ve Juyal, 2016). “T” değeri 10.24 ile 25.45 arasında değişmektedir. Değerin en fazla olduğu alt havza ise 25.45 ile Biga alt havzası ve 21.97 ile Kirazlıdere alt havzasıdır. Bu değerler, havzalara 1. düzeyde su toplayan kolların fazlalığını gösterir (Tablo 4). Aynı miktarda yağışın düştüğü iki havzadan, tekstür oranının fazla olduğu havzada suyun 1. düzeyden toplanması ve ana kola katılımı daha hızlı olacaktır.  $R_l$  değerinde Biga ve Kirazlıdere alt havzasında yüksek oluşu bu sonucu desteklemektedir.

Drenaj tekstür oranı ( $R_t$ ), havza infiltrasyon kapasitesini gösteren önemli parametrelerden birisidir (Horton, 1945). Smith (1950) sınıflandırmasına göre, düşük değerler yüksek geçirgenlik ve düşük yüzeysel akışın olduğu havzaları, yüksek değerler ise

**Tablo 4:** Biga Çayı alt havzalarına ait morfometrik analiz sonuçları.**Table 4:** Morphometric analysis results of the sub-basins.

	Çizgisel Morfometri			
	Biga alt havzası	Kirazlıdere alt havzası	Kocadere alt havzası	Kocabaş alt havzası
Çatallanma Oranı ( $R_b$ )	4,47	4,14	4,49	3,92
Akarsu Uzunluk Oranı ( $R_l$ )	1,95	2,01	1,82	1,9
Tekstür Oranı (T)	25,45	21,97	16,23	10,24
Drenaj Tekstür Oranı ( $R_t$ )	6,59	7,1	7,04	6,16
<b>Alansal Morfometri</b>				
Uzunluk Oranı ( $R_e$ )	0,65	0,57	0,5	0,7
Havza Şekli ( $R_f$ )	0,34	0,26	0,19	0,36
Gravelius İndeks ( $K_g$ )	1,82	1,7	1,99	1,74
Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ )	2,77	2,89	3,01	2,64
Akarsu Sıklığı ( $F_s$ )	6,59	7,1	7,03	6,16
<b>Relief Morfometri</b>				
Relief Oranı ( $R_h$ )	0,02	0,016	0,018	0,012
Havza Reliefi ( $B_h$ )	1097,6	760,51	848,93	267,32
Engbelilik Değeri ( $R_n$ )	3,04	2,2	2,55	0,71
Akim toplanma zamanı ( $T_c$ )s.	9,44	8,00	10,51	5,32
Hipsometrik İntegral ( $H_i$ )	0,26	0,25	0,32	0,18



düşük geçirgenlik ve yüksek yüzeysel akışların olduğu havzaları temsil eder. Buna göre çalışma alanı içerisinde en yüksek değerlere sahip Kocadere alt havzası akım üretme potansiyeli en fazla olan alt havzadır, bunu Kirazlıdere alt havzası takip eder (**Tablo 4**). Kocadere alt havzası  $R_f$  değerlerinin diğer alt havzalara oranla yüksek olması havza infiltrasyon kapasitesinin düşük, yüzeysel akışın yüksek olduğunu göstermektedir.

### 3.2. Alansal Morfometrik Özellikler

*Uzunluk oranı ( $R_e$ )*, havzanın infiltrasyon kapasitesi ve yüzeysel akışı hakkında birtakım bilgiler vermektedir. Ayrıca değerin 1'e yaklaşması havzanın dairesel bir şekle sahip olduğunu gösterir (Biswas, Sudhaka ve Desai, 1999). Düşük  $R_e$  değerleri, yüksek geçirgenliğe ve düşük yüzeysel akış özelliğini gösterirken, yüksek değerler ise erozif faaliyetlerin ve sediment taşınımının yüksek olduğu havzaları göstermektedir (Özdemir, 2011; Reddy, Maji, Gajbhiye, 2004). Alt havzaların  $R_e$  değerleri 0.5-0.7 arasında değişiklik göstermektedir (**Tablo 4**). Buna göre  $R_e$  değeri düşük olan Kocadere alt havzası (0.5) uzunlamasına bir havza olup düşük yüzeysel akış özelliğine sahiptir. Değerin yüksek olduğu Kocabaş alt havzası (0.7) yüksek yüzeysel akış özellikleri gösterirken, aynı zamanda dairesel bir görünüme sahiptir.

*Havza şekli ( $R_f$ )*, havzanın dairesel veya uzunlamasına olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir. Düşük  $R_f$  değeri havzada kısa zamanda yan kollardan gelen az akımla, uzun süreli meydana gelecek yüksek ana akımın görüleceği bir şekil gösterir. Yüksek  $R_f$  değerine sahip olan havzalarda ise bu durumun tam tersi olarak uzun zamanda yan kollardan gelen yüksek akımla, kısa süreli düşük ana akımın görüldüğü ve kısa süreli maksimum akıma neden olan bir şekil ortaya koyar (Özdemir, 2011). Alt havzalarda  $R_f$  değeri 0.19 ile 0.36 arasında değişmektedir (**Tablo 4**). 0.19  $R_f$  değerine sahip Kocadere alt havzasında kısa zamanda yan kollardan gelen az akımla yüksek ana akımın görüleceği bir hidrograf sunmasının yanı sıra uzunlamasına bir havza karakteri gösterirken, 0.36 değerine sahip Kocabaş alt havzası dairesel bir şekil sunar.

*Gravelius indeksi ( $K_g$ )*, havzanın dairesel bir görünümde olup olmadığı hakkında bilgi veren bir indistir. Değerin küçüklüğü havzanın dairesel bir görünümde olduğunu ortaya koyarken, değerlerin yüksekliği sahanın uzunlamasına bir görünümde ve yüksek erozyon potansiyeline sahip bir alan olduğu sonucunu çıkarır (Ajay vd., 2014).  $K_g$  değeri en yüksek orana sahip ve uzunlamasına özellik sunan 1.99 ile Kocadere alt havzası'dır. Kirazlıdere alt havzası ise 1.7 en düşük  $K_g$  oranına sahip dairesel bir havza görünümünü sunmaktadır.

*Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ )*, sahanın genel olarak strüktürel yapısının bir yansıması olarak (Al Saud, 2009; Eesterbrooks, 1969) karşımıza çıkarken, aynı zamanda sahanın, jeolojisini, iklim özelliklerini, havzaların akarsular tarafından yarıma derecesini, bitki örtüsü dağılışı ve özellikleri hakkında da bilgi verir (Horton, 1932; Rana vd., 2016; Tarboton, vd., 1992). Drenaj yoğunluğu ve taşkınlar arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Yüksek drenaj yoğunluğuna sahip havzalar uzun süreli pik akımlarda yüksek hidrograflar vermektedir. Biga Çayı alt havzalarının  $D_d$  değerleri 2.64-3.01 arasında değişmektedir. Sahada yüzeysel akışın yüksek, zemin sızma kapasitesinin düşük, havzanın parçalanma derecesinin yüksek ve havzanın suyu iletme kapasitesinin yüksek olduğu  $D_d$  değerinin en fazla olduğu alt havza Kocadere (3.01) dir. Bunu sırasıyla Kirazlıdere (2.89), Biga (2.77) alt havzaları takip eder. Bu değerlerin en düşük olduğu alt havza ise 2.64 değeri ile Kocabaş alt havzasıdır (**Tablo 4**).  $D_d$  ve taşkın hidrografi arasında akarsu ağlarının önemli bir ilişkisi vardır. Kocadere alt havzası uzun süreli pik akımlarda meydana gelecek taşkın hidrografi uzun süreli ve keskin olacakken,  $D_d$  değerinin küçük olduğu Kocabaş alt havzasında kısa süreli ve düşük hidrograflar oluşacaktır.

*Akarsu sıklığı ( $F_s$ )*, bakımından yüksek  $F_s$  değerleri, seyrek bitki örtüsü, yüksek relief, düşük infiltrasyon kapasitesi özelliğine sahip havzaları temsil ederken, düşük  $F_s$  değerleri tam tersini sunmaktadır (Patil ve Mali, 2013). Akarsu sıklığı ve drenaj yoğunluğu arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Biga Çayı alt havzalarına ait  $F_s$  değerleri 6.16 ile 7.1 arasında değişmektedir.  $F_s$  oranı Kirazlıdere alt havzasında 7.1, Kocabaş alt havzasında 6.16'dır. Kirazlıdere alt havzasında  $F_s$  değerlerinin yüksek olması sahadaki infiltrasyon oranının düşük, bitki örtüsünün seyrek, yüksek relief özelliklerine, Kocabaş alt havzasında düşük  $F_s$  oranı ise yüksek geçirgenlik, alçak relief özelliklerine karşılık gelmektedir.

### 3.3. Relief Morfometrik Özellikleri

*Relief oranı ( $R_h$ )*, maksimum ve minimum havza reliefi arasındaki farkın, ana akarsuya paralel maksimum havza uzunluğuna olan oranıdır (Schumm, 1956; Strahler, 1964; Zavoinu, 1985). 7 farklı akarsu havzası üzerinde uygulan bu indisin (Schumm, 1956, Zavoinu, 1985) drenaj yoğunluğu, uzunluk oranı, asılı yük, akarsu yatak eğimi arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca, litolojik olarak homojen sahalarda, çatallanma oranının yüksek oluşu, relief oranı değerinin düşmesine sebep olmakla birlikte çatallanma oranı ve relief oranı arasında negatif bir ilişkiden söz edilebilir.  $R_h$  değeri en fazla olan alt havza Biga alt havzası'dır (0.020). En düşük

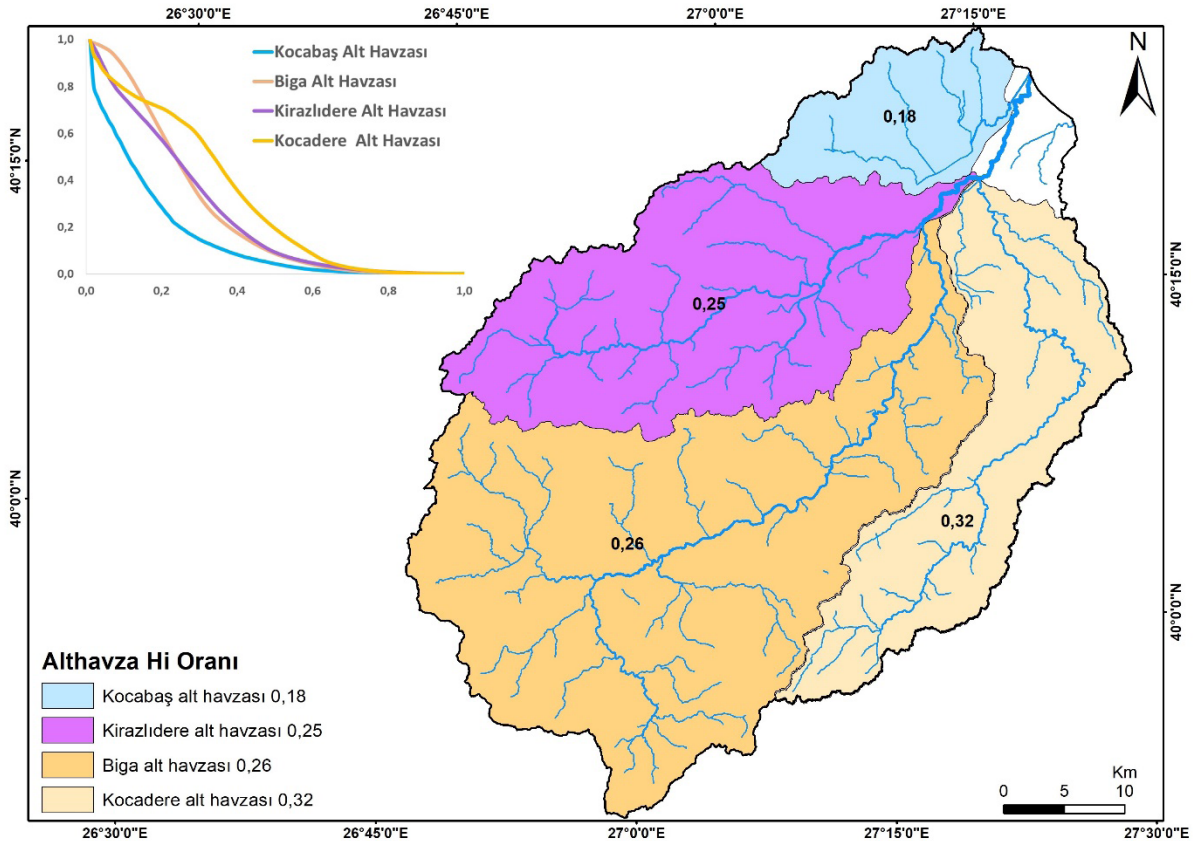
değerler ise Kocabaş (0,012), Kirazlıdere (0.016) ve Kocadere alt havzalarıdır (0.018).  $R_h$  değerinin Biga alt havzasında yüksek çıkması havzada drenaj yoğunluğunun, genel eğim özelliklerinin ve uzunluk oranının değerlerinin fazla olduğunu akışa geçen su miktarının yoğun olduğunu göstermektedir.

*Havza reliefi ( $B_h$ )*, havzanın maksimum ve minimum yükseltileri arasındaki fark olarak ifade edilir (Schumm, 1956; Pareta ve Mali, 2011). Hidrolojik açıdan havza reliefi ( $B_h$ ), drenaj ağının kuruluş ve gelişimi, yüzeysel akış ve miktarı, akım toplanma zamanı ve taşkın pik değerlerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Havzanın en üst ve alt kısımları arasındaki yükselti farkının fazla olması akımı doğrudan arttıran etmen olarak karşımıza çıkar. Çalışma alanındaki alt havzalar arasında havza relief değeri en yüksek olan 1097,6 m ile Biga alt havzasıdır. En düşük değer de 267,32 m ile Kocabaş alt havzasıdır. Biga alt havzası yüksek havza reliefi değerlerine sahip olması akım toplanma zamanının kısalmasına, taşkın pikinin artmasına, akışa geçen suyun tutulmadaki azalmaya ve infiltre olmadan akışa geçmesini sağlamaktadır.

*Engebelilik değeri ( $R_n$ )*, yüzeysel akış, sızma kapasitesi ve havzadaki aşındırma ve etmen süreçleri üzerinde hakkında bilgi

vermektedir (Özdemir, 2007; Reddy vd., 2004). Ayrıca, yüksek  $R_n$  oranına sahip havzalar yüksek sel meydana gelme olasılığı olan sahalardır (Baker, vd., 1988; Ritter vd., 1995; Özdemir, 2007). Çalışma alanı içerisinde  $R_n$  değeri en fazla olan alt havzalar Biga (3.04) ve Kocadere (2.55) alt havzalarıdır. En düşük değer ise 0.71 değeriyle Kocabaş alt havzasıdır. Dolayısıyla sahada Biga alt havzası taşkın üretme potansiyeli en fazla olan alt havza karakterindedir.

*Akım toplanma zamanı ( $T_c$ )*, yağış sonrası akışa geçen suyun bir akarsu havzasının en yüksek noktasından denize veya ana kola ulaşıncaya kadar geçen zamanı ortaya koymaya yarayan ampirik metotlardan bir tanesidir (Grimaldi, Petroselli, Tauro ve Porfiri, 2012). Akım toplanma zamanının hesaplanmasında Kirpich (1940) formülü kullanılmıştır. Bu formül üzerinde birçok faktör etkilidir. Havza eğim özellikleri, litoloji, toprak tipleri, bitki örtüsü özellikleri suyun tutulmasında aktif rol oynamaktadır. Çalışma alanı içerisinde en düşük akım toplanma zamanı Kocabaş Çayı alt havzasındadır (5.32 saat). En fazla akım toplanmadaki gecikme ise Kocadere alt havzasındadır (10.51 saat). Bunu 9.44 saat ile Biga, 8.00 saat ile de Kirazlıdere alt havzaları takip etmektedir (Tablo 4). Ancak bu alt havzaların ana akarsu koluna bağlanma noktaları arasında fazla bir farkın



**Şekil 5:** Biga Çayı alt havzaları ve hipsometrik eğri ve integral sonuçları.  
**Figure 5:** Hypsometric curve and integrals of the Biga River sub-basins.

olmaması, sularının hemen hemen aynı zaman aralıklarında ana kola boşaltmalarına neden olacaktır.

*Hipsometrik eğri ( $H_c$ ) ve integrali ( $H_i$ )*, Hipsometrik eğri, bir drenaj havzasının toplam yükseklik değerinin, toplam alana oranlamasıyla elde edilir (Strahler, 1952). Hipsometrik eğriler, drenaj ağında meydana gelen aşındırma etmen süreçlerinin devam edip etmediğinin (Keller ve Pinter, 2002) yanında havzanın iklimatik, yapısal, litolojik özellikleri hakkında da bilgi verir (e.g., Huang ve Niemann, 2006; Moglen ve Bras, 1995; Sarp, Geçen, Toprak ve Düzgün, 2011; Willgoose ve Hancock, 1998). Ayrıca havza alanının, jeomorfik yüzey olarak hangi devrede (genç-yaşlı-olgun) olduğu hakkında bilgi sağlar (Mahmoud ve Gloguen, 2012). Hipsometrik integral ise, 0-1 arasında bir değere sahip olup, hipsometrik eğri altında kalan alan olarak ifade edilir (Keller ve Pinter, 2002; Mayer, 1990). Hipsometrik integral değerinin, 0.6-1 arasında olması sahanın gençlik devresinde, 0.35-0.6 arasında ise olgunluk, 0.3'ten daha düşük bir değerde ise sahanın yaşlı bir araziye sahip olduğu bilinmektedir (Ramu ve Mahalingam, 2012). Bu değerlerin yüksek ya da düşük çıkması havzanın aşınım süreçlerinden aşındırma, taşıma, biriktirme faaliyetlerinden

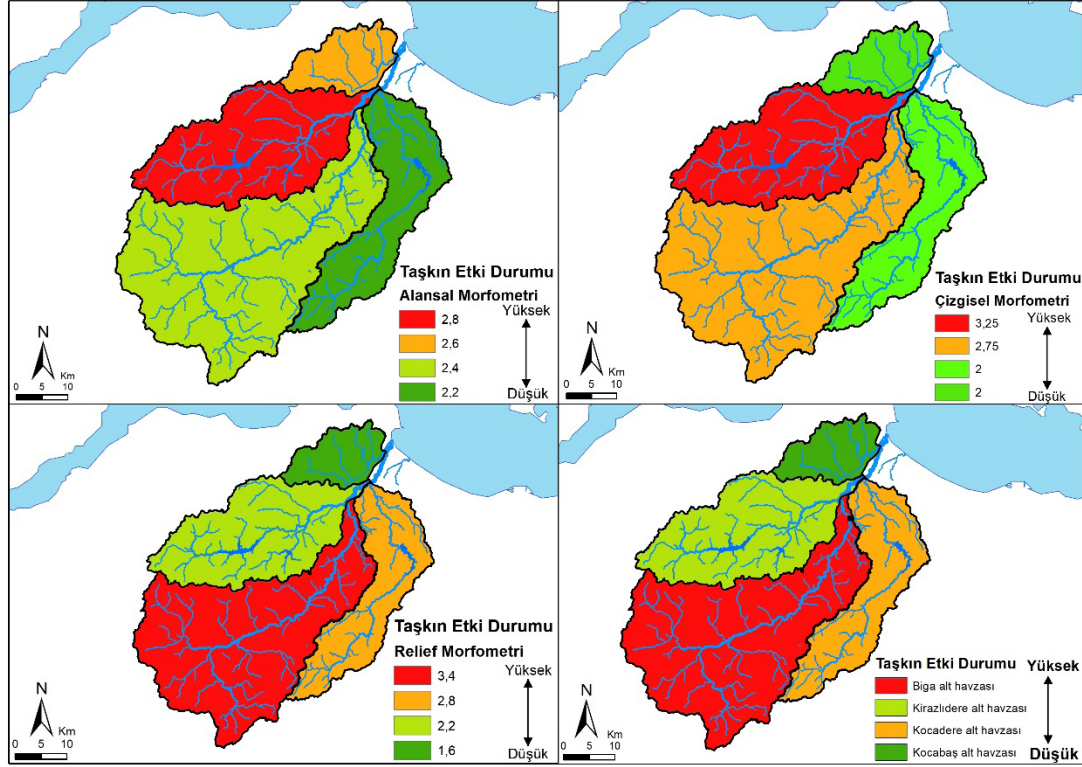
hangisine karşılık geldiğine işaret etmektedir. Alt havza hipsometrik integral değeri Kocadere alt havzasında 0.32, Biga alt havzasında 0.26 Kirazlıdere alt havzasında 0.25, Kocabaş alt havzasında 0.18 çıkmıştır. Kocadere havzası dışbükey eğriye sahipken, diğer havzalar iç bükey bir görünüme sahiptir (**Şekil 5**). Ramu ve Mahalingam 2012'ye göre Biga Çayı alt havzaları yaşlı bir araziye sahiptir. Kocadere havzasında diğer havzalara nispeten aşındırma süreçleri devam etmektedir.

Yukarıda Biga Çayı'nın alt havzalarının çizgisel, alansal ve relief morfometrik özellikleri Biga Çayı ana kolu üzerinde taşkın üretme potansiyelleri bakımından değerlendirilmiştir. Ele alınan dört alt havza, kendi içerisinde her bir morfometrik parametre kapsamında ana kola etki düzeyleri bakımından sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada dört havza olduğu için 1 (en düşük etki düzeyi) ve 4 (en yüksek etki düzeyi) arası değerler kullanılmıştır (**Tablo 5**). Bütün parametrelerin sınıflandırılması yanında her bir çizgisel, alansal ve relief morfometrik parametreler de kendi içerisinde sınıflandırılmıştır (**Tablo 5**). Elde edilen ortalama değerler de haritalanmıştır (**Şekil 6**). Buna göre çizgisel ve alansal morfometride Kirazlıdere alt havzası ana kol üzerindeki taşkınların

**Tablo 5:** Biga Çayı alt havzalarının taşkın üretme potansiyeli.

**Table 5:** The potential of flood producing capabilities of the Biga River sub-basins.

	Çizgisel Morfometri			
	Biga alt havzası	Kirazlıdere alt havzası	Kocadere alt havzası	Kocabaş alt havzası
Çatallanma Oranı ( $R_b$ )	2	3	1	4
Akarsu Uzunluk Oranı ( $R_l$ )	3	4	1	2
Tekstür Oranı (T)	4	3	2	1
Drenaj Tekstür Oranı ( $R_t$ )	2	3	4	1
Toplam	11	13	8	8
Ortalama	2,75	3,25	2	2
	Alansal Morfometri			
	Biga alt havzası	Kirazlıdere alt havzası	Kocadere alt havzası	Kocabaş alt havzası
Uzunluk Oranı ( $R_e$ )	3	2	1	4
Havza Şekli ( $R_f$ )	3	2	1	4
Gravelius İndeks ( $K_g$ )	2	4	1	3
Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ )	2	3	4	1
Akarsu Sıklığı ( $F_s$ )	2	3	4	1
Toplam	12	14	11	13
Ortalama	2,4	2,8	2,2	2,6
	Relief Morfometri			
	Biga alt havzası	Kirazlıdere alt havzası	Kocadere alt havzası	Kocabaş alt havzası
Relief Oranı ( $R_h$ )	4	2	3	1
Havza Reliefi ( $B_h$ )	4	2	3	1
Engebililik Değeri ( $R_n$ )	4	2	3	1
Akım toplanma zamanı ( $T_c$ )s.	2	3	1	4
Hipsometrik Integral ( $H_i$ )	3	2	4	1
Toplam	17	11	14	8
Ortalama	3,4	2,2	2,8	1,6
<b>Genel Toplam</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>29</b>
<b>Genel Ortalama</b>	<b>2,86</b>	<b>2,71</b>	<b>2,36</b>	<b>2,07</b>



Şekil 6: Biga çayı alt havzaları taşkın etkinlik haritası.

Figure 6: Mapping of influences of Biga river subbasins.

oluşmasında öne planda iken, relief morfometrisinde ise Biga alt havzası ön plana geçmektedir. Alt havzaların toplamdaki etki düzeylerinde ise Biga alt havzası en üst düzeyde etkiye sahip iken, bunu Kirazlıdere alt havzası takip etmektedir (Şekil 6).

#### 4. SONUÇ

Biga Çayı havzasında meydana gelen taşkınlar, yapılan ıslah çalışmalarına rağmen çözüme kavuşturulamamıştır. Biga Çayı havzası geniş su toplama alanına sahip olması ve yüksek yağış dönemlerinde artan debisi nedeniyle taşkına meyilli bir akarsu havzası olmaya devam edecektir. Yapılan ıslahların sadece Biga ilçe merkezi ve yakın çevresinde sınırlı kalması taşkınları önleyememektedir. Akarsu havzalarında meydana gelen sel ve taşkınların anlaşılması ve bunlara ait problemlerin çözüme ulaştırılması için değişik düzey ve içeriklerde çalışmalar yapılmaktadır. Burada yapılan çalışma ile özellikle ana akarsu koluna su taşıyan alt havzaların havza morfometrik özelliklerine bağlı farklılıklarından kaynaklı bir takım özelliklerin nasıl değerlendirilebileceği ve taşkın çalışmalarında nasıl kullanılabileceği üzerinden durulmuştur. Bu kapsam çerçevesinde, Biga Çayı havzasındaki alt havzaların çizgisel, alansal ve relief morfometrik analizleri yapılmış ve alt havzalar kendi arasında sınıflandırılmıştır. Buna göre alt havzalar içerisinde Biga Çayı ana

kolu üzerinde meydana gelebilecek taşkınların üretilmesinde en büyük etkiye Biga alt havzası ve Kirazlıdere alt havzası sahiptir. Bu iki alt havza ana kol üzerinde taşkın üretme potansiyeli bakımından, havzaların fiziksel özellikleri nedeniyle önem taşımaktadır. Ancak unutulmamalıdır ki, bu özellikler taşkın oluşturan diğer sebepler (bölgesel aşırı yağış, arazi kullanımı, yanlış mühendislik uygulamaları vb.) göz ardı edilerek yalnızca havza morfometrisine bağlı oluşturulmuştur. Bu nedenle taşkınlarla ait kalıcı çözümlerde mutlaka havza morfometrisi yanından diğer taşkın üreten faktörlerin de mutlaka ele alınması gerekmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), havza morfometrisi çalışmalarında analizlerin ve değerlendirmelerin kolay yapılabilmesi açısından kullanım kolaylığı sunmuştur. Dolayısıyla hem morfometrik parametrelerin hesaplanması, hem de yapılan analiz ve değerlendirmelerin alt havzalar arasındaki mekânsal dağılımını gerçekleştirmesi bakımından bu tür çalışmalarda büyük kullanım kolaylığı sunmaktadır.

#### Katkı Belirtme

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından 57898 nolu proje kapsamında desteklenmektedir. Sultan Bolat'a çalışmadaki yardımından dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Alaghmand, S., Bin-Abdullah, R., Abustan, I., Vosoogh, B. (2010). GIS-based River Flood Hazard Mapping in Urban Area: A Case Study in Kayu Ara River Basin, Malaysia. *Int. J. Eng. Technol.* 2, 488–500.
- Ajay, P., Mahmoud, K., Vijay, S., Paru, T. P., Joy, J., Nayan, P., & Kalubarme, M. H. (2014). Morphometric and land use analysis for watershed prioritization in Gujarat State, India. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(2), 1–7.
- Al Saud, M. (2009). Morphometric analysis of wadi aurnah drainage system, Western Arabian Peninsula. *The Open Hydrology Journal*, 3, 1–10.
- Altaf, F., Meraj, G., & Romshoo, S. (2013). Morphometric analysis to infer hydrological behaviour of Lidder watershed. *Western Himalaya, India, Geography Journal*, 2013, 1–14.
- Baker, V.R., Kochel, R.C., Paton, P.C. (1988). *Flood geomorphology*. New York, NY: Wiley-Interscience
- 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(3), 155–166.
- Deniz, O., Baba, A. ve Tarcan, G. (2010). Çan jeotermal alanı'nın hidrojeokimyasal ve hidrojeolojik incelenmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 53(2–3), 159–184.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2017). *Çınarköprü ve akkayrak akım gözlem istasyonu günlük akım verileri*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilir <http://www.dsi.gov.tr/>
- Diakakis, M. 2011. A method for flood hazard mapping based on basin morphometry: application in two catchments in Greece. *Natural Hazards*, 56, 803–814.
- Duong, N. V., & Gourbesville, P. (2016). Model uncertainty in flood modelling. Case study at Vu Gia Thu Bon catchment-Vietnam. *12th International Conference on Hydroinformatics. Procedia Engineering*, 154, 450–458.
- Efe, R. (1999). Güney Marmara Bölümü batısında toprak oluşumunu etkileyen faktörler ve toprakların özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 34, 193–209.
- Farhan, Y., Anaba, O., & Salim, A. (2016). Morphometric analysis and flash floods assessment for drainage basins of the Ras En Nawb Area, South Jordan using GIS. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4, 9–33.
- Grimaldi, S., Petroselli, A., Tauro, F., & Porfiri, M. (2012). Times of concentration: A paradox in modern hydrology. *Hydrological Sciences Journal*, 57(2), 217–228.
- Hijmans, R. J., Cameron, E. S., Parrai L. J., Jones, G. P., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surface for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965–1978.
- Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 13, 350–361.
- 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.
- Huang, X.J., & Niemann, J.D. (2006). Modelling the potential impacts of groundwater hydrology on longterm drainage basin evolution. *Earth Surface Processes and Landforms* 31(14), 1802–1823.
- Jenson S. K., & Domingue J. O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*, 54, 1593–1600.
- Keller, E. A., & Pinter, N. (Eds.). (2002). Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape. New Jersey, NJ: Prentice Hall.
- Keskin, F. (2012). *Quantitative flood risk assessment with application in Turkey*. (Doctoral dissertation). Retrieved from <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12615024/index.pdf>
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*, 10(6), 362.
- Kleinen, T., & Petschel-Held, G. (2007). Integrated assessment of changes in flooding probabilities due to climate change. *Climate Change*, 81, 283–312.
- Kundzewicz Z.W, Schellnhuber H.J. (2004). Floods in the IPCC TAR perspective. *Nat Hazards*, 31(1), 111–128. <https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000020257.09228.7b>
- Mahmoud, A. S., & Gloaguen, R. (2012). Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis. *Geoscience Frontiers, China University of Geoscience*, 3(4), 407–428.
- Mayer, L. (1990). *Introduction to quantitative geomorphology*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prantice-Hall International
- Milly, P. C. D., Wetherald, R. T., Dunne, K. A., & Delworth, T. L. (2002). Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature*, 415(6871), 514–517.
- Maden Tetkik ve Arama. (2002). *1:500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, İstanbul-İzmir paftası*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Moglen, G. E., & Bras, R.L. (1995) The effect of spatial heterogeneities on geomorphic expression in a model of basin evolution. *Water Resources Research*, 31, 2613–2623.
- O'Callaghan J., & Mark D. M. (1984) The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision Graph Image Process*, 28, 323–344.
- Ouma, U. Y., & Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric ahp and GIS: Methodological overview and case study assessment. *Water*, 6, 1515–1545.
- Orounye, E. D., Ezekiel, B. B., Atiku, H. G., E. Baba, E., & Musa, N. I. (2016). Drainage basin morphometric parameter of river Lamurde: Implication for hydrologic and geomorphic process. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 5(2), 1–11.
- Orounye, E. D. (2016). Morphometry and flood in small drainage basin: Case study of Mayogwoi River Basin in Jalingo, Taraba State Nigeria. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 5(1), 1–12.

- Özdemir, H. (2007). *Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi*. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar, fiziki coğrafya araştırmaları: Sistemik ve bölgesel. D. Ekinci (Ed.), *Havza morfometrisi ve taşkınlar* içinde (s. 507–526). İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Yayınları.
- Özdemir, H., & Bird, D. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and dem in point of floods. *Environmental Geology*, 56, 1405–1415.
- Pachauri, R.K., & Reisinger, A. (2007). *IPCC fourth assessment report*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Patton, P. C. (1988). Drainage basin morphometry and floods. In V. Baker, C. Kochel and P. Patton (eds.), *Floods Geomorphology* (pp. 51–64). New York, NY: Wiley-Interscience.
- Patil., P. S. V., & Mali., P. S. (2013). Watershed characterization and prioritization of Tulasi subwatershed: A geospatial approach. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(6), 2182–2188.
- 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.
- Pike, R. J., & Wilson, S. E. (1971). Elevation-relief ratio, Hypsometric integral and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin*, 82, 1079–1083.
- Rana, N., Singh, S., Sundriyal, P. Y., Rawat, S. G., & Juyal, N. (2016). Interpreting the geomorphometric indices for neotectonic implications: An example of Alaknanda valley. *Journal of Earth System Science*, 125(4), 841–854.
- Ramu., & Mahalingam, B. (2012). Hypsometric properties of drainage basins in Karnataka using geographical information system. *New York Science Journal*, 5(12), 156–158.
- Reddy, G.P.O, Maji A.K., & Gajbhiye, K.S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in basaltic terrain, central India—a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6(1), 1–16.
- Ritter, D.F., Kochel, R.C., & Miller, J.R. (1995). *Process geomorphology*. Dubuque, IA: William C. Brown.
- Samela, C., Manfreda, S., Paola, D. F., Giugni, M., Sole, A., & Fiorentino, M. (2016). Dem-based approaches for the delineation of flood-prone areas in an ungauged basin in Africa. *Journal of Hydrologic Engineering*, 21(2), 1–10.
- Sanders, B. F. (2007). Evaluation of on-line DEMs for flood inundations modeling. *Advances in Water Resources*, 30, 1831–1843.
- Sarp, G., Gecen, R., Toprak V., & Duzgun, S. (2011, April). *Morphotectonic properties of Yenicaga Basin area in Turkey*. 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Sydney, Australia.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *GSA Bulletin*, 67, 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)
- Siyako, M., Bürkan, K. A. ve Okay, İ. A. (1989). Biga ve Gelibolu Yarımadalarının tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği*, 1(3), 183–199.
- Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248, 655–668.
- Strahler, A. N. (1952). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transamer Geophys Union*, 38, 913–920.
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V.T. (ed.), *Handbook of applied hydrology* (pp. 439-476). New York, NY: McGraw Hill.
- Şencan, A. (2007). *Biga çayı batı kesiminin jeomorfolojisi*. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Eesterbrooks, D. J. (1969). *Principles of geomorphology*. New York, NY: McGraw Hill.
- Tarboton, D.G., Bras, R. L., and Rodriguez-Iturbe. (1992). A physical basis for drainage density. *Geomorphology*, 5 59–76.
- Tekkanat, İ. S. (2015). *Porsuk çayı havzasında yağış şiddeti ile akarsu akımları arasındaki ilişki ve eğilimlerin analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Türkeş, M., Erginal, E., Demirci, A. ve Ekinci, Y. L. (2008). Çanakkale yöresi Ambaroba ve Mazılık heyelanlarının jeofiziksel, klimatolojik ve jeomorfolojik analizi. M. Kadioğlu & A. Duran Şahin (Ed.), 5. *Atmosfer Bilimleri Sempozyumu bildiriler kitabı* içinde (s. 461–474). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Türkeş, M., & Tatlı, H. (2011). Türkiye yağış bölgelerinin spektral kümeleme tekniğiyle belirlenmesi. In *Proceedings of the National Geographical Congress with International Participation* (CD-R). İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2002). *Guidelines for reducing flood losses*. Retrieved from <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/558>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction., & Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. (2015). *The human cost of weather related disasters 1995-2015*. Retrieved from [https://www.unisdr.org/2015/docs/climatechange/COP21\\_WeatherDisastersReport\\_2015\\_FINAL.pdf](https://www.unisdr.org/2015/docs/climatechange/COP21_WeatherDisastersReport_2015_FINAL.pdf)
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied geomorphology*. Enschede, NL: ITC.
- Willgoose, G., & Hancock, G. (1998). Revisiting the hypsometric curve as an indicator of form and process in transport-limited catchment. *Earth Surf Processes Landform*, 23(7), 611–623.
- Zavoianu, I. (1985). Morphometry of drainage basins. In *Developments in water science* (Vol. 20). Amsterdam, Netherlands: Elsevier.