

# Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

## Journal of Geomorphological Researches



© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238


### Araştırma Makalesi / Research Article

## ERGENE NEHRİ HAVZASI İÇİN HİDROMORFOMETRİK ANALİZLERLE TAŞKIN DUYARLILIK DEĞERLENDİRMESİ

### Flood Susceptibility Assessment through Hydromorphometric Analysis for Ergene River Basin

Hüseyin TUROĞLU<sup>a</sup> & Tunahan AYKUT<sup>b</sup>

<sup>a</sup> İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fatih / İstanbul - Türkiye  
turogluh@istanbul.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-0173-6995>

<sup>b</sup> İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Fatih / İstanbul - Türkiye  
tunahan\_aykut\_official@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-0503-3859>

#### Makale Tariğesi

Geliş 12 Mart 2019

Düzenleme 20 Mart 2019

Kabul 31 Mart 2019

#### Article History

Received 12 March 2019

Received in revised form 20 March 2019

Accepted 31 March 2019

#### Anahtar Kelimeler

Ergene Nehri havzası, Taşkın duyarlılığı,  
Hidromorfometri, CBS

#### Keywords

Ergene River basin, Flood susceptibility,  
Hydromorphometry, GIS

#### Atıf Bilgisi / Citation Info

Turoğlu, H. & Aykut, T. (2019) Ergene Nehri havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2019 (2): 1-15

#### ÖZET

Bu çalışmanın amacı Ergene Nehri'nin 14 alt havzası için taşkın duyarlılık analizi sınıflamasının yapılmasıdır. Taşkın duyarlılık sınıflaması hidromorfometrik parametrelere ait analizlere dayandırılmıştır. Çalışma; Çizgisel Analizler (Akarsu düzeni, Çatallanma oranı, Akarsu uzunluk oranı), Alansal Analizler (Tekstür oranı, Havza uzunluk oranı, Havza şekli, Akarsu sıklığı, Drenaj yoğunluğu) ve Rölyef Analizleri (Rölyef oranı, Akım toplanma süresi, Engebелilik değer, Havza rölyefi, Hipsometrik integral) olmak üzere 3 boyutlu bir metodolojiye dayandırılmıştır. Analizlerde; yersel çözünürlüğu 12,5m olan, 2006 ve 2008 tarihli, ALOS Raster DEM uydu verisi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri ile kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, 14 alt havza kendi içinde taşkın duyarlılığı hedefli olarak; çok düşük dereceden çok yüksek derece aralığında 5 seviyede sınıflandırılmıştır. 3 alt havzanın taşkın duyarlılığı "orta" derecededir. 1 alt havza "düşük" ve 5 alt havza ise "çok düşük" taşkın duyarlılığına sahiptir. 2 alt havza "yüksek" ve 3 alt havza "çok yüksek" taşkın duyarlılığına sahiptir.

#### ABSTRACT

The aim of this study is to calculate the flood susceptibility for the 14 subbasins of the Ergene River. Flood susceptibility classifications were derived from the analysis of hydromorphometric parameters. The study was based on a 3 dimensional methodology; Linear Analysis (Stream order, Bifurcation ratio, Stream length ratio), Aerial Analysis (Texture ratio, Basin length ratio, Basin shape, Stream frequency, Drainage density) and Relief Analysis (Relief ratio, Time of concentration, Ruggedness number, Basin relief, Hypsometric integral). ALOS Raster DEM satellite data of 12,5 m resolution, dated 2006 and 2008, was used in conjunction with Geographic Information Systems (GIS) technologies. Flood susceptibility of the 14 river sub-basins were categorized in 5 levels from very low to very high degree based on the outcome of the hydromorphometric analysis. While 3 subbasins classified as "moderate", 1 as "low" and 5 others as "very low" in flood susceptibility. 2 subbasins rated "high" and 3 "very high" flood susceptibility.

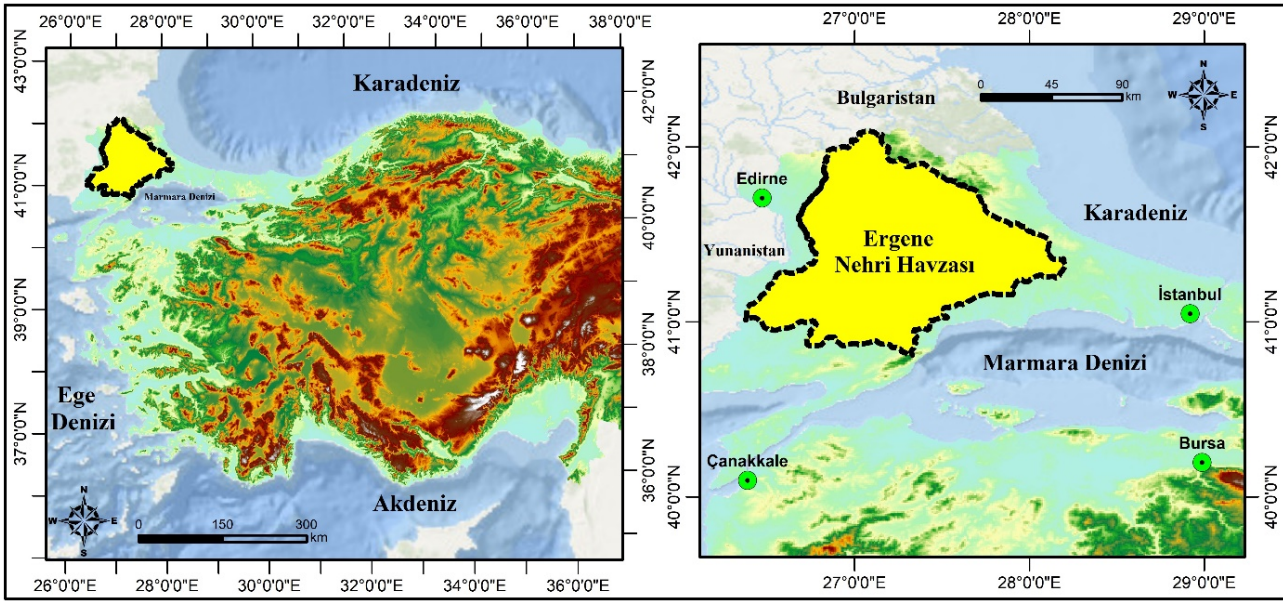
© 2019 Jeomorfoloji Derneği. Tüm hakları saklıdır. All rights reserved.

## GİRİŐ

Çevre Düzeni Planları; arazi kullanım kararlarını genel hatları ile belirler ve ayrıca imar planları için bağlayıcı ve yönlendiricidir. Fiziksel planlama da benzer bir yaklaşıma sahiptir ve arazi kullanım planı için koruma kullanma dengesi içinde doğal kaynaklardan faydalanma ve doğal tehlikelerden korunma hedefleri gözetilir. Ekolojik planlama ile de ifade edilen kapsam, çıkış noktası itibarıyla aslında yukarıdaki yaklaşım temellerinden çok farklı değildir. Akarsu Havza Yönetimi yaklaşımları da bu tür planlama yaklaşımları ile benzer hedeflere sahiptir. Adı her ne olursa olsun, bu planlama ve yönetim mantığında dikkate alınması gereken temel unsurları; doğal kaynaklardan sürdürülebilir kullanımı gözeterek, optimum faydalanma sağlamak ve

doğal tehlikelerden korunun ya da en az etkilenecek tercihler yapmaktır. Akarsu taşkınları; yukarıda belirtilen planlama ve yönetim yaklaşımları kapsamında olan ve dikkate alınması gereken, planlamanın, yönetimin başarısı üzerinde önemli rol oynayan "hidrografik tehlike" dir. Bu yüzden planlama, yönetim çalışmalarında altlık oluşturmak üzere, uygun ölçekte ve yersel çözünlüklerdeki mekânsal veriler kullanılarak "taşkın duyarlılık analizleri" nin yapılmasına ihtiyaç vardır.

Ergene Nehri havzası (kabaca; Doğu 26°24' - 27°54' ve Kuzey 40°59' - 41°42') (Şekil 1); meydana geliş sıklıkları ve Őiddet özellikleri giderek artan bir eğilim içindeki akarsu taşkınları ile her geçen gün daha fazla gündeme gelmektedir.



Şekil 1: Ergene Nehri havzasının lokasyon özellikleri.

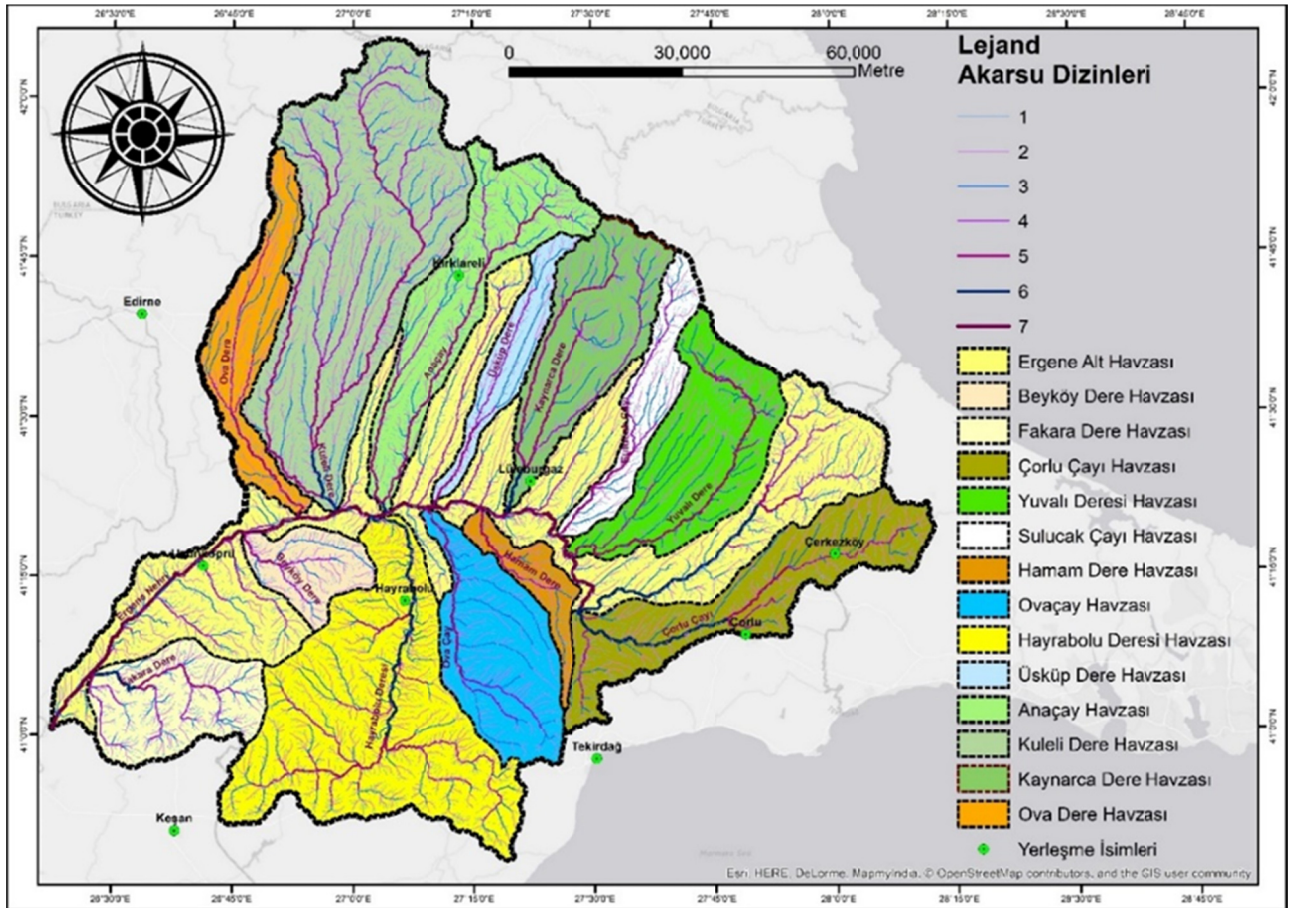
Akarsu taşkınlarnın meydana gelmesinde arazinin jeomorfolojik, hidrografik, iklimik, özellikleri, toprak ve bitki örtüsü özellikleri, Őehirleřme, yapılaşmalar ve sert zeminler gibi birden çok faktör rol oynamaktadır (Turoğu, 2005; Turoğu & Özdemir, 2005; Turoğu, 2010a; Turoğu, 2010b; Turoğu, 2011a; Turoğu, 2011b; Turoğu, 2011c; Turoğu & Dölek, 2011). "Trakya Alt Bölgesi Ergene Havzası 1/100.000 Ölçekli Revizyon Çevre Düzeni Planı" 24/08/2009 tarihinde onaylanarak uygulamaya konulmuştur (ÇŞB, 2009). Bu plan incelendiğinde; Ergene Havzası için bir taşkın duyarlılık analizinin

yapılmasının, planın başarılı olmasına katkı sağlayacağı düşünölmüştür. Bu çalışmada; Ergene Nehri havzası için hidromorfometrik analizlerin uygulanmasına dayalı bir taşkın duyarlılık seviye sınıflamasının yapılması hedeflenmiştir. Bu amaç için konu, jeomorfoloji ve hidrografya perspektifinde ele alınmıştır. Araştırma kapsamında, Ergene Nehri havzası, alt havzaları ölçeğinde; alt havza hidromorfometrik taşkın risk analizleri, alt havzaların taşkın duyarlılıklarının sınıflandırılması, duyarlılık haritasının yapılması gerçekteştirilmiştir.

## VERİ ve YÖNTEM

Hidromorfometrik analizler, akarsuların hidrografik ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir (Turoğlu, 1997; Cürebal, 2006; Gharde & Kothari, 2016; Satheesh, 2017; Biswas vd., 2018; Kabite & Gessesse, 2018). Akarsuların hidromorfometrik özellikleri ise akarsu taşkınlarının meydana gelme olasılıkları ve akarsuların taşkın duyarlılıklarının belirlenmesindeki önemli göstergeler olarak kabul edilir ve kullanılır (Özdemir, 2011; Turoğlu & Dölek, 2011; Mirzavand & Ghasemieh, 2013; Farhan vd., 2016; Saha & Singh, 2017; Biswas vd., 2018; Utlı & Özdemir,

2018). Jeomorfolojik ve hidrografik yüzey analizleri için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri veri tabanı oluşturulması ve analizlerin yapılmasında son derece avantajlı imkânlar sunmaktadır (Kumar, 2000; Farhan vd., 2016; Turoğlu, 2016; Manjunatha, 2017; Satheesh, 2017). Bu çalışmada da CBS teknolojileri yöntem olarak tercih edilmiş olup, hidromorfometrik analizler ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler için temel veri kaynağı; Ergene havzasına ait yersel çözünürlüğü 12,5 m olan, 80 km swath genişliğinde, 2006 ve 2008 tarihli, 7 çerçeve olarak, tiff formatında temin edilen, ALOS Raster DEM uydu verisidir (ALOS, 2018).



Şekil 2: Ergene Nehri havzası, akarsu dizinleri ve analiz yapılan alt havzalar.

Ergene Nehri havzası topografik sayısal veri tabanı, ALOS Raster DEM uydu verisinden üretilmiştir. Hidromorfometrik analizler, bu veritabanı kullanılarak; ArcGIS, Arc Toolbox, Mekânsal Analiz araçlarından olan “Hydrology” imkânları ile gerçekleştirilmiştir. Doğal akım yönleri, Doğal akım birikimi, Akarsu dizinleri, Havza bölümlendirmeleri bu kapsamdaki

mekânsal analizlerdendir. Akarsu dizinleri için Strahler yöntemi (Strahler, 1952a; Strahler, 1964) tercih edilmiş ve 7 dizin sınıflandırılmıştır. 7. dizin Ergene Nehri ana kolu olup, 7. dizine bağlanan 5. ve 6. dizin alt havzaları ayrtlanarak belirlenen, toplam 14 alt havza analize tabi tutulmuştur (Şekil 2). 14 alt havzaya hidromorfometrik analiz türlerinden;

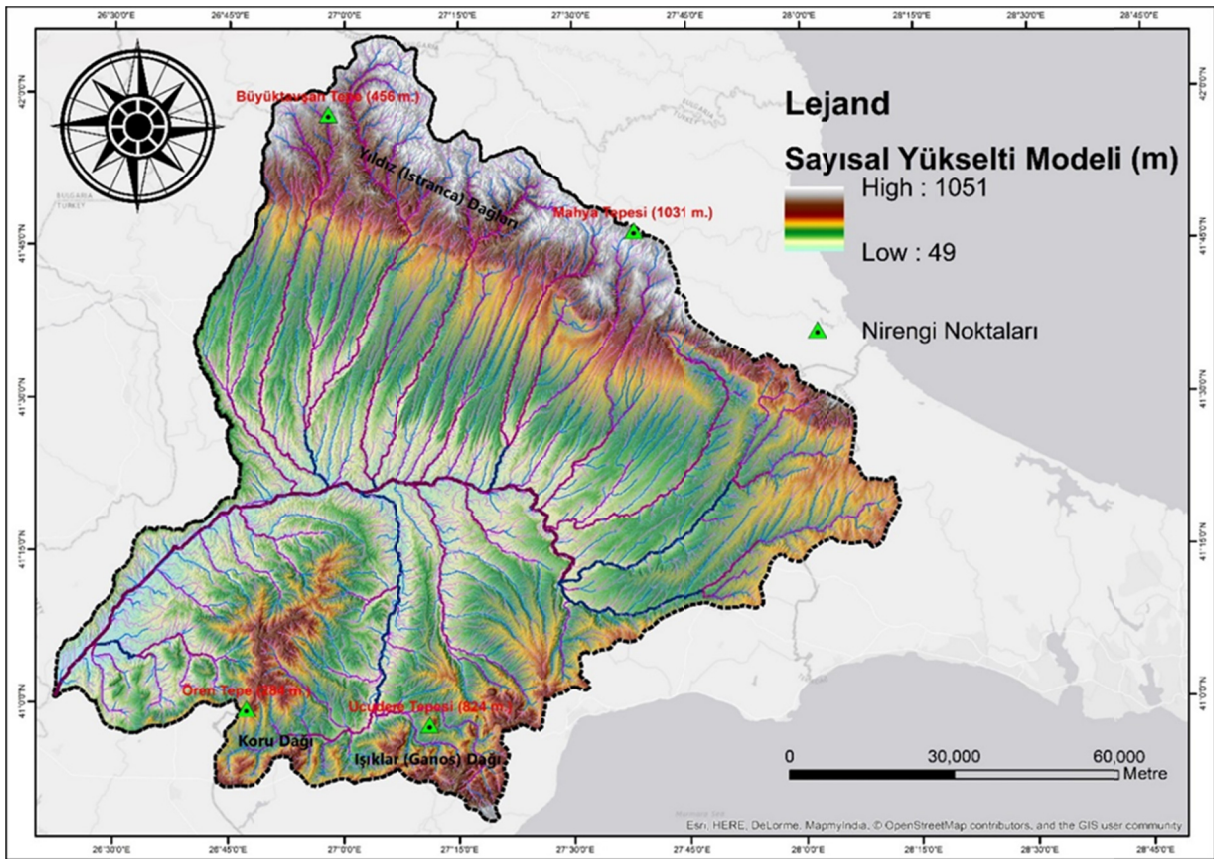


Akarsu düzeni ( $R_o$ ) Çatallanma Oranı ( $R_b$ ), Akarsu Uzunluk Oranı ( $R_L$ ), Tekstür Oranı ( $T$ ), Uzunluk Oranı ( $R_e$ ), Havza Şekli ( $R_f$ ), Akarsu Sıklığı ( $F_s$ ), Drenaj Yoğunluğu ( $D_d$ ), Rölyef Oranı ( $R_h$ ), Akım Toplanma Süresi ( $T_c$ ), Engelbelilik Değeri ( $R_n$ ), Havza Rölyefi ( $B_h$ ) ve Hipsometrik İntegral ( $H_i$ ) analizleri uygulanmıştır. Her bir alt havza için elde edilen analiz sonuç verisi daha sonra taşkın duyarlılık perspektifinde değerlendirilmiştir.

### 3. ANALİZLER ve BULGULAR

Çalışma sahası; kuzeyden Istranca Dağları, güneyden ise Kuru Dağı ve Işıklar Dağı kütleleri ile çevrilidir. Ergene Nehri ana kolu bu yüksek kütleler arasındaki kabaca doğu-batı doğrultusundaki çanak içine yerleşmiştir (Şekil 3). Havzanın genel eğim koşulları; kuzeyde Istrancalar'ın zirvelerinden güney

istikametinde, güneyde ise Kuru Dağı ve Işıklar Dağı kütlelerinin kuzey yamaçları yüksek kesimlerinden kuzey istikametinde Ergene çanağına doğrudur (Şekil 2, Şekil 3). Ergene çanağında ise genel eğim; önce kabaca doğudan batı yönünde ve Uzunköprü civarında ise kuzeydoğudan güneybatı yönündedir. Ergene Nehri ve yan kolları drenaj sistemi de bu genel eğim koşullarına uygun olarak gelişme göstermiştir (Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4). Ergene Nehri alt havzalarında; drenaj sistemi 1., 2. ve 3. dizinlerinin genellikle yüksek eğimli arazileri drene ettikleri görülmektedir (Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4). Bu dizinlerin yamaçları dik segment uzunlukları da genel olarak kısadır. Bu durum su toplanma süresinin kısaltmasına, yüksek debi ile hızlı bir akışa fırsat vermektedir. 5., 6. ve 7. dizinler ise genellikle daha az eğimli ( $0-3^\circ$ ) sahalardan dizinleri olarak dikkat çekmektedir (Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4).



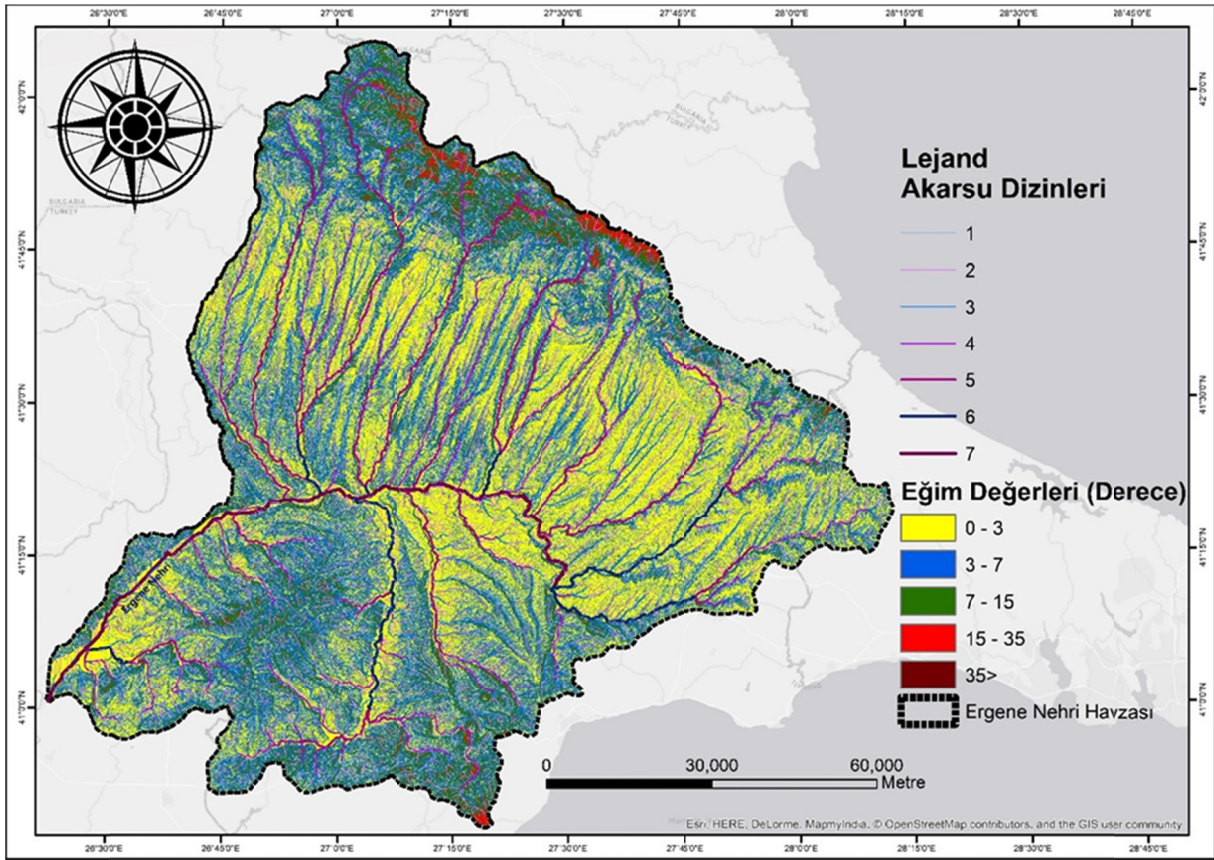
Şekil 3: Ergene Nehri Havzası topografik ve hidrografik özellikleri

Ergene Nehri 7. dizine bağlanan 5. ve 6. dizin alt havzalarını drene eden akarsuların 8 tanesi, kaynaklarını kuzeydeki Istranca kütesinin güney akları yüksek kesimlerinden alırlar. Bunlar paralel-subparalel karakterdeki drenaj sistemi ile güney yönünde akışa sahiptir. 5 alt

havza ise güneydeki Kuru Dağı ve Işıklar (Ganos) Dağı kuzey akları yüksek kesimlerinden alıp, kuzey yönünde Ergene çanağındaki ana kola (7. Dizin) birleşecek şekilde akış gösterirler (Şekil 2, Şekil 3). Ergene Nehri havzasının kuzey ve güney

yamaçlarındaki alt havzalarının Şekil, dađılıő ve eğim özellikleri; hidromorfik özelliklerinin önemli belirleyici faktörleri olup, aynı zamanda yüzeysel akış karakterini de yönlendirirler. Bu yüzden hidromorfometrik analizler taşkın duyarlılığına katkıları önemsenmektedir (Patton, 1988; Turoğlu, 1997; Turoğlu, 2005; Turoğlu & Özdemir 2005; Turoğlu, 2010b; Özdemir, 2011; Turoğlu, 2011b; Turoğlu & Dölek 2011; Mirzavand & Ghasemieh, 2013; Bhatt & Ahmed, 2014; Goudar, 2015; Farhan vd., 2016; Samson vd., 2016; Satheesh, 2017; Saha & Singh, 2017; Kabite & Gessesse, 2018; Biswas vd., 2018; Utlı & Özdemir 2018).

Ergene Nehri havzası taşkın duyarlılık sınıflaması; Hidromorfometrik parametre analiz sonuçları itibarıyla yapılmıőtır. Bu amaçla, 14 alt akarsu havzası için analizler; Çizgisel, Alansal ve Rölyef içerikli olmak üzere 3 grupta gerçekteőirilmıőtır (Strahler, 1975; Bhatt & Ahmed, 2014; Farhan vd., 2016; Gharde & Kothari, 2016; Samson vd., 2016; Manjunatha, 2017; Satheesh, 2017; Biswas vd., 2018; Kabite & Gessesse, 2018). Bu kapsamda; toplam 12 farklı morfometrik parametre analizi yapılmıőtır. Parametreleri hesaplamak için kullanılan matematiksel ifadeler Tablo 1, hesaplanan değerler ise Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4 te verilmiőtir.



Şekil 4: Ergene Nehri havzasının genel eğim özellikleri

### 3.1. Çizgisel Morfometrik Özellikler

Akarsu düzeni ( $R_0$ ), belirlenmesi; akarsu havzası hidromorfometrik analizlerinin ilk adımındır ve analizlerde kullanılan akarsu dizinleri ile ilgili veriler bu belirlemenin ürünleridir. Akarsu düzeni sıralaması; Strahler (1964) tarafından önerilen yöntem esas alınarak yapılmıőtır. Bu sıralamadaki her bir segment bir dizine aittir. İlk dizin, yüzeysel akışın göreceli olarak en kısa boyutunun ölçümünü temsil eder (Strahler,

1975; Knighton, 1984; Turoğlu, 1997). İlk dizinin besleyeni yoktur. Her alt dizin bir üst dizinin besleyenidir. Böylece, dizine ait segmentler birleőerek üst sıralı dizinleri oluőtururlar. Akarsu düzeni ( $R_0$ ); en kısa segmentlerden oluőan 1. dizinden itibaren, her dizine ait segment sayıları ve akarsu havzasına ait dizin sayıları ve uzunlukları ile temsil edilir. Dizin sayısı arttıkça, dizin segment sayısındaki azalmanın gerçekteőmesi; akarsu düzeni hiyerarşik geliőiminin, su toplanması ve büyük

hacimli su kütlesinin oluşması potansiyelinin göstergesidir (Tablo 2).  $R_o$  hiyerarşisi içinde; göreceli olarak daha büyük su kütlesi potansiyeline sahip alt havzaların taşkın duyarlılığı daha yüksektir.

Çatallanma oranı ( $R_b$ ), akarsuyun dizinlerinden birinin toplam sayısının bir sonraki daha üst dizin toplam sayısına oranını gösterir (1) (Tablo 1). Akarsu havzasının genişleme seviyesini de

temsil eden (Turoğlu, 1997) çatallanma oranı değeri; dizinler arası çatallanma oranlarının ortalamasının hesaplanmasıyla elde edilir (Strahler, 1964; Schumm, 1956). Ortalama bir değer olup, bir akarsu havzasındaki akarsu dizin sayısının genel durumunu yansıtır (Knighton, 1984; Turoğlu, 1997). Horton (1945) çatallanma oranını bir tür topografya indeksi olarak değerlendirmiştir.

**Tablo 1:** Hidromorfometrik parametreler, hesaplanması için kabul edilen formüller.

<b>Çizgisel Morfometri</b>	<b>Matematiksel ifade</b>	
Çatallanma Oranı ( $R_b$ ) (Strahler, 1964; Schumm, 1956) ( $N_u$ = Toplam Dizin Sayısı, $N_{u+1}$ = Bir Sonraki Toplam Dizin Sayısı).	$R_b = N_u / N_{u+1}$	(1)
Akarsu Uzunluk Oranı ( $R_L$ ) (Horton, 1945; Strahler, 1964) ( $L_u$ = Dizin Toplam Uzunluğu (m), $L_{u+1}$ = Bir Sonraki Dizin Toplam Uzunluğu (m))	$R_L = L_u / L_{u+1}$	(2)
<b>Alansal Morfometri</b>		
Tekstür Oranı (T) (Horton, 1945) ( $N_{u+1}$ = 1. Dizinlerin Toplam Sayısı, P = Havza Çevre Uzunluğu (km))	$T = N_{u+1} * (1/P)$	(3)
Uzunluk Oranı ( $R_e$ ) (Schumm, 1956) ( $L_m$ = Havza Çevre Uzunluğu (km), A = Havza Alanı (km <sup>2</sup> ))	$R_e = 2/L_m * (A/\pi)^{0.5}$	(4)
Havza Şekli ( $R_f$ ) (Horton, 1932; Horton, 1945) (A = Havza Alanı (km <sup>2</sup> ), $L_b$ = Havza Uzunluğu (km))	$R_f = A/L_b^2$	(5)
Akarsu Sıklığı ( $F_s$ ) (Horton, 1945) (N = Toplam Dizin Sayısı, A = Havza Alanı (km <sup>2</sup> ))	$F_s = N/A$	(6)
Drenaj Yoğunluğu (Dd) (Horton, 1945) ( $\sum L$ = Drenajın Toplam Uzunluğu (m), A = Havza Alanı (km <sup>2</sup> ))	$D_d = \sum L/A$	(7)
<b>Rölyef Morfometri</b>		
Rölyef Oranı ( $R_h$ ) (Schumm, 1956; Patton, 1988) (H = Havza Rölyefi, L = Maksimum Havza Uzunluğu)	$R_h = H/L$	(8)
Akım Toplanma Süresi ( $T_c$ ) (Verstappen, 1983; Kirpich, 1940) (L = Maksimum Ana Akarsu Uzunluğu, S = Havza Eğimi)	$T_c = 0.0195 * L^{0.77} / S^{0.385}$	(9)
Engelibellik Değeri ( $R_n$ ) (Schumm, 1956; Melton, 1957) ( $B_h$ = Havza Rölyefi, $D_d$ = Drenaj Yoğunluğu)	$R_n = B_h * D_d$	(10)
Havza Rölyefi ( $B_h$ ) (Schumm, 1956) ( $H_{max}$ = Maksimum Yükselti, $H_{min}$ = Minimum Yükselti)	$B_h = H_{max} - H_{min}$	(11)
Hipsometrik İntegral ( $H_i$ ) (Strahler, 1952a, b) ( $H_{max}$ = Maksimum Yükselti, $H_{min}$ = Minimum Yükselti, $H_{ort}$ = Ortalama Yükselti)	$H_i = (H_{ort} - H_{min}) / (H_{max} - H_{min})$	(12)



**Tablo 2:** Ergene Nehri 4. ve daha alt dizin havzalarının çizgisel özellikleri (HÇU: Havza Çevre Uzunluğu).

Havza Adı	Alan (km <sup>2</sup> )	HÇU (km)	1. Dizin	2. Dizin	3. Dizin	4. Dizin	5. Dizin	6. Dizin	Toplam
Ova Dere Havzası	670,12	183,4	549	75	11	3	1	-	639
Kaynarca Dere Havzası	1.002,13	164,8	708	132	26	7	2	1	876
Kuleli Dere Havzası	2.506,51	215,7	1.917	342	63	13	3	1	2.339
Anaçay Havzası	1.110,47	177,7	870	66	27	5	2	1	971
Üsküp Dere Havzası	358,56	122,6	272	44	5	2	1	-	324
Hayrabolu Deresi Havzası	2.390,70	210,5	1.847	346	67	12	3	1	2.276
Ova Çay Havzası	1.012,24	121,8	723	113	17	2	1	-	856
Hamam Dere Havzası	278,77	94,1	205	35	6	2	1	-	249
Sulucak Çay Havzası	486,25	125,3	337	55	14	3	1	-	410
Yuvalı Dere Havzası	1.151,31	136,5	854	149	38	7	1	-	1.049
Çorlu Çayı Havzası	1.080,85	193,9	891	143	29	6	2	1	1.072
Fakara Dere Havzası	790,77	92,3	571	115	28	6	3	1	724
Beyköy Dere Havzası	382,93	69,3	300	51	9	2	1	-	363
Ergene Alt Havzası	3.509,65	751,1	2.582	409	90	19	3	2	3.105

Ortalama çatallanma oranları genel olarak; litolojik özelliklerin homojen olduğu ve topografik engebeliklerin ön plana çıkmadığı akarsu havzaları için ( $R_b$ ) 3,0-5,0 arasında değişmektedir (Strahler, 1964; Shumm, 1956; Verstappen, 1983; Goudar, 2015). Bu çatallanma oranı aynı zamanda, tektonizmanın akarsu drenaj sistemi üzerinde bozucu ya da yönlendirici etkisinin belirgin olmadığına da işaret etmektedir. Ayrıca, düşük  $R_b$  değerleri; akarsu havzalarının az geçirimli, düşük infiltrasyon potansiyeline sahip yüzeylerin ve dolayısıyla da yoğun yüzeysel drenajın, daha yüksek ve etkili bir debiye sahip drenaj sisteminin göstergesidir (Strahler, 1964; Strahler, 1975; Verstappen, 1983). Yüksek  $R_b$  değerleri gösteren akarsu havzalarında ise genellikle yüksek sızma kapasiteli yüzeyler ve çoğunlukla devresel akışa sahip akarsular yaygındır (Strahler, 1964). Dolayısıyla, Çatallanma oranının ( $R_b$ ) düşük çıkması; sel ve taşkına duyarlılığın yüksek olduğu anlamı taşır. Ergene Nehri alt havzalarının  $R_b$  oranları 3,74 ile 5,88 arasında değişmektedir (Tablo 3; Tablo 4). Yapılan hesaplamalarda;  $R_b$  oranı en düşük havza Fakara Dere havzası,  $R_b$  oranı en yüksek havza Ova Çay havzası çıkmıştır.  $R_b$  analiz sonuçlarına göre, Ergene Nehri havzasında; Fakara Dere havzası taşkın tehlikesine en duyarlı havza, taşkın üretme potansiyeli en düşük havza ise Ova Çay havzasıdır.

**Akarsu Uzunluk Oranı ( $R_L$ )**, hesaplamalarında akarsu dizinleri esas alınır (Horton, 1945; Strahler, 1964). Akarsu drenaj sistemi içinde, dizin sayısı, her bir dizin grubu içindeki dizin

segment sayısı ve dizinlerin segment uzunlukları; akarsu uzunluk oranı için belirleyici unsurlardır (Turoğlu, 1997). Dizin segment uzunluklarının, bir üst dizin segment uzunluğuna oranı ile hesaplanır (2) ve havza için ortalama akarsu uzunluk oranı ( $R_L$ ) bulunur (Tablo 1) (Patton, 1988; Goudar, 2015). Akarsu uzunluk oranı; akarsu havzasına ait yüzeysel akış karakterini temsil eder. Genel olarak kısa boylu ve sık dizin segmentleri; eğim değerleri yüksek yüzeylere işaret ederler (Strahler, 1975). Buna karşın daha uzun ve seyrek segmentlerin bulunması ise daha az eğimli havzaların hidrografik göstergeleridir. Ayrıca akarsu segment uzunlukları, dolayısıyla akarsu uzunluğu; su bölümü çizgisinin ve dolayısıyla akarsu havzasının sınır ve şekil özelliğinin belirlenmesinde rol oynar. Yüzeysel akışın toplanması ve yönelimi bu özelliklerin kontrolünde gerçekleşir. Zira prensip olarak; dizinlere ait akarsu uzunluk oranı ( $R_L$ ) dağılışı; akarsu havza şeklinin göstergesidir. Başlangıç dizinleri olan alt dizinlerin segment ortalama uzunlukları düşük çıkar ve segment ortalama uzunlukları üst dizinlerde artış gösterirse, bu sonuçlar dar ve uzun bir akarsu havzasını, diğer bir deyiş ile paralel, subparalel drenaj sistemini tanımlar. Akarsu havzasında alt dizinlerin sayısının fazla olması; akarsu uzunluk oranı ortalama değerini alt dizin değerlerine yakın olmasına neden olacaktır. Bu durumda, genel prensip olarak; akarsu uzunluk oranı ( $R_L$ ) değeri düşük olan havzalar dar ve uzun,  $R_L$  değeri yüksek olan akarsu havzaları ise genişlik ve uzunlukları birbirine yakın olan havzalardır.  $R_L$  değeri yüksek olan akarsu

havzalarında; alt dizinlerden gelen suların aynı anda bir araya gelmesi, kolayca büyük hacimdeki su kütlesine ulaşılması ve kanal sutaşıma kapasitesinin üstüne çıkılması nedeni ile taşkınlara duyarlılık derecesi yüksektir. Ergene havzasındaki  $R_L$  analizi yapılan havzalar içinde;  $R_L$  değeri en yüksek olan havza 10,82

ile Anaçay alt havzası, en düşük  $R_L$  değerine sahip havza 1,62 ile Üsküp Dere Havzası'dır. Diğer havzaların  $R_L$  değerleri bu iki değer arasında çıkmıştır (Tablo 3; Tablo 4). Bu değerlere göre; Anaçay havzasının taşkın duyarlılığı en fazla olan havza olduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo 3:** Ergene Nehri'ne kuzeyden katılan alt dizin havzalarının hidromorfometrik parametre analiz sonuçları.

Hidromorfometrik parametreler	Ova Dere	Kaynarca Dere	Kuleli Dere	Anaçay	Üsküp Dere	Sulucak Çayı	Çorlu Çayı
<b>Çizgisel Morfometri</b>							
Çatallanma Oranı ( $R_b$ )	5,19	3,92	4,63	5,08	4,87	4,42	4,19
Akarsu Uzunluk Oranı ( $R_L$ )	2,12	2,90	4,25	10,82	1,62	1,80	2,04
<b>Alansal Morfometri</b>							
Tekstür Oranı (T)	2,99	4,31	8,91	4,91	2,22	2,69	4,61
Uzunluk Oranı ( $R_e$ )	0,37	0,53	0,56	0,35	0,34	0,37	0,42
Havza Şekli ( $R_f$ )	0,11	0,22	0,25	0,16	0,09	0,11	0,14
Akarsu Sıklığı ( $F_s$ )	1,40	1,33	1,37	1,32	1,27	1,29	1,41
Drenaj Yoğunluğu ( $D_d$ )	1,46	1,52	1,46	1,51	1,40	1,53	1,42
<b>Rölyef Morfometri</b>							
Rölyef Oranı ( $R_h$ )	0,008	0,017	0,008	0,008	0,012	0,017	0,002
Akım Toplanma Süresi ( $T_c$ ) (Dk.)	356,13	162,31	510,47	251,51	198,95	132,63	1096,19
Engebelilik Değeri ( $R_n$ )	0,38	1,42	1,06	1,07	0,89	1,41	0,29
Havza Rölyefi ( $B_h$ )	567	941	730	711	649	926	213
Hipsometrik İntegral ( $H_i$ )	0,20	0,23	0,30	0,31	0,23	0,19	0,46

**Tablo 4:** Ergene Nehri'ne güneyden katılan alt dizin havzalarının hidromorfometrik parametre analiz sonuçları.

Hidromorfometrik parametreler	Hamam Dere	Ova Çay	Yuvalı Dere	Hayrabolu Deresi	Fakara Dere	Beyköy Dere	Ergene Alt Havzası
<b>Çizgisel Morfometri</b>							
Çatallanma Oranı ( $R_b$ )	4,17	5,88	5,51	4,61	3,74	4,51	4,23
Akarsu Uzunluk Oranı ( $R_L$ )	2,00	2,17	2,34	2,12	2,20	2,09	3,56
<b>Alansal Morfometri</b>							
Tekstür Oranı (T)	2,18	5,97	6,27	8,79	6,20	4,34	3,43
Uzunluk Oranı ( $R_e$ )	0,40	0,56	0,63	0,71	0,83	0,77	0,36
Havza Şekli ( $R_f$ )	0,12	0,25	0,31	0,39	0,54	0,47	0,10
Akarsu Sıklığı ( $F_s$ )	1,36	1,36	1,44	1,49	1,48	1,44	1,35
Drenaj Yoğunluğu ( $D_d$ )	1,52	1,61	1,58	1,57	1,62	1,51	1,53
<b>Rölyef Morfometri</b>							
Rölyef Oranı ( $R_h$ )	0,006	0,006	0,009	0,012	0,011	0,010	0,003
Akım Toplanma Süresi ( $T_c$ ) (Dk.)	285,35	375,39	240,24	186,18	112,62	86,35	2.281,05
Engebelilik Değeri ( $R_n$ )	0,33	0,48	0,71	1,25	0,53	0,36	0,73
Havza Rölyefi ( $B_h$ )	229	306	453	807	331	246	471
Hipsometrik İntegral ( $H_i$ )	0,29	0,33	0,23	0,15	0,25	0,36	0,21



### 3.2. Alansal Morfometrik Özellikler

Tekstür Oranı (RT), akarsu dizinlerinin nispi aralıklarını, sıklık derecelerini temsil eden sayısal bir ifadedir. Bu sayısal değer; 1.dizinlerin sayısının, havza su bölümü çizgisi uzunluğuna oranını temsil eder (3) (Horton, 1945). Smith (1950), drenaj yoğunluğuna göre beş farklı drenaj tekstür oranı sınıflandırmıştır. Bu sınıflamaya göre;  $RT < 2$  ise “çok geniş”,  $RT = 2-4$  ise “Geniş”,  $RT = 4-6$  arasında ise “Orta”,  $RT = 6-8$  arasında ise “Dar” ve  $RT > 8$ ’den büyük ise “Çok dar” drenaj dokusu olduğuna işaret etmektedir. Bu durumda, genel prensip olarak; Tekstür Oranı (RT) değeri büyüdükçe dizin sıklığı artar ve taşkın duyarlılığı yükselir. Tekstür oranı, geniş ölçüde havzanın geçirimsizlik özelliği, litolojisi ve rölyef özelliklerine bağlıdır (Rana vd., 2016). Ergene Nehri havzasındaki alt akarsu havzalarının Tekstür Oranı (RT) değerleri, 2.18 ile 8.91 arasında hesaplanmıştır (Tablo 3; Tablo 4). Buna göre; Hayrabolu Dere havzası, Kuleli Dere havzası, Fakara Dere havzası, Yuvalı Dere havzası gibi yüksek RT değerine sahip havzalarda taşkın tehlikesi riski daha fazla iken; Üsküp Dere havzası, Hamam Dere havzası ve Ova Dere havzası gibi alt havzalarda taşkın tehlike riski nispeten daha azdır.

Havza Uzunluk Oranı (Re), havzayla aynı alana sahip bir dairenin çapı ile havzanın maksimum uzunluğu arasındaki oranla (4) tanımlanır (Schumm, 1956). Yüksek Re değerine sahip havzalar düşük infiltrasyon kapasitesi ve yüksek yüzey akışına, düşük Re değerine sahip havzalar yüksek infiltrasyon kapasitesi ve düşük yüzey akışına sahiptir. Aynı zamanda, yüksek Re değeri gösteren havzalar daha yüksek erozyon yaratabilir ve daha fazla sediment taşıyabilir, düşük Re değerine sahip havzalar düşük erozyona neden olurlar ve daha az miktarlarda sediment nakledebilir (Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004). Buna ek olarak, değer 1’e yaklaştıkça havzanın daha dairesel bir şekle sahip olduğu çıkarımı yapılabilir (Biswas, vd., 1999). Re değeri 1’e yaklaştıkça, taşkına duyarlılık da artacaktır. Bu kapsamda; Ergene Nehri alt havzaları için hesaplanan Re değerleri 0.34 ile 0.83 arasında bulunmuştur. Yüksek değerlere sahip Fakara Dere havzası, Hayrabolu Dere Havzası ve

Beyköy Dere havzası gibi havzalar yüksek taşkın duyarlılığına sahipken; Üsküp Dere havzası, Anaçay havzası, Hamam Dere havzası gibi havzalarda taşkın meydana gelme riskleri nispeten daha düşüktür.

Havza Şekli (Rf), sayısal değeri havza alanının, havza uzunluğunun karesine oranını temsil eder (5) (Horton, 1932). Bu özellik ile havzanın dairesel mi uzunlamasına mı olduğu konusunda çıkarım yapılabilmektedir (Strahler, 1975). Rf değeri 0,8 den büyük ve 1,0 e ne kadar yakın ise o havza şeklinin dairesel o derece yakın olduğu anlaşılır. Rf değeri düşük havza şekilleri ise uzunlamasına bir formu tanımlar. Bu havza tipinde, yan kollar genellikle kısa ve daha az dizine sahip, daha küçük su toplama havzaları ile dikkat çekerler ve ana kola aralıklı olarak bağlanırlar. Bu drenaj yapısı, sıra dışı yağışlarla gelen suyun aynı anda bir araya gelmesini ve büyük hacimli su kütlelerine dönüşmesini engeller. Rf değeri kabaca 0,8 veya 1,0 ne kadar yakın olursa bu şekil özelliğine sahip havzalarda yan kollar kısa aralıklarla bir ana kola bağlanırlar ve bu kollardan gelen akım aynı zamanda bir araya gelerek çok büyük hacimlere ulaşır, maksimum akıma ulaşır. Bu tip havzaların taşkın duyarlılığı yüksektir. Ergene Nehri Alt Havzaları için hesaplanan Rf değerleri 0,09 ile 0,54 arasında bulunmuştur (Tablo 3, Tablo 4). Ergene Nehri havzası için ortalama havza şekli değeri 0,31 dir. Bu Rf değeri itibarıyla 4 alt havza Ergene Nehri diğer alt havzalarına göre daha yüksek taşkın duyarlılığı göstermektedir (Tablo 3, Tablo 4).

Akarsu Sıklığı (Fs), drenaj sisteminin havzadaki gelişme seviyesinin sayısal göstergesidir. Bu sayısal değer; drenaj sistemine ait toplam dizin sayısının havza alanına bölünmesi ile hesaplanır (6) (Horton, 1945) (Tablo 1). Havza içindeki litolojik değişikliklerden etkilenmesine rağmen, akarsu sıklığı (Fs), yarılma derecesi ve erozyonel süreçlerin etkinliği hakkında çıkarımlar yapmamızı sağlar (Rana vd., 2016). Akarsu sıklığı sayısal değeri; yüzeysel akış ve taşkın duyarlılığına ilişkin anlamlı çıkarımların yapılmasına da imkân verir. Akarsu Sıklığı (Fs) nin yüksek çıkması; yağış ile gelen suyun; infiltrasyon, intersepsiyon, vb. sebeplerle minimum kayıpla yüzeysel akışa geçmesine, yüksek akım potansiyeline ve dolayısıyla da

yüksek taşkın potansiyeline işaret eder. Ergene Nehri alt havzalarının Fs değerleri 1,27-1,49 arasında hesaplanmıştır (Tablo 3; Tablo 4). Ergene Nehri havzası için ortalama akarsu sıklık değeri 1,38 dir. Bu değerin üzerinde 6 tane, bu değere çok yakın olan (1,38 - 1,36) 3 adet alt havza olduğu görülmektedir (Tablo 3, Tablo 4). Bu durum; 14 alt havzanın 9 tanesinin, 6 tanesinin çok daha fazla olmak üzere, akarsu sıklığı (Fs) özelliği itibarıyla taşkın duyarlılığı yüksek olduğu kabul edilebilir.

Drenaj Yoğunluğu (Dd), bir akarsu havzasındaki toplam drenaj uzunluğunun, toplam havza alanına bölünmesi ile elde edilir (7) (Horton, 1932; Strahler, 1975). Hesaplanan Dd değeri; akarsu havzasına ait birim alandaki akarsu uzunluğunu verir (Turoğlu, 1997). Drenaj yoğunluğunu fazla olması, bir başka ifade ile Dd değerinin yüksek çıkması; o havzadaki drenajın gelişmişliğinin, birim alandaki fazla kanal uzunluğuna bağlı yüzeysel akışın etkili ve akarsu kanal yaygınlığının fazla olduğunun sayısal değeridir (Knighton, 1984). Bu karakter; yağış ile gelen suyun, yüzeysel akışa geçen miktarında çok fazla kayıp olmamasına işaret eder. Sonuç itibarıyla, drenaj yoğunluğu değerinin yüksek çıktığı havzalar taşkın duyarlılığının da yüksek olduğu havzalar olarak kabul edilebilir. Drenaj yoğunluğunun şekillenmesinde litoloji, tektonik, iklimik ve bitki örtüsü özellikleri önemli rol oynar (Horton, 1932; Verstappen, 1983; Patton, 1988; Rana vd., 2016). Ergene Nehri alt havzalarının Dd değerleri 1,40-1,62 arasında hesaplanmıştır (Tablo 3; Tablo 4). Ergene Nehri havzası için ortalama drenaj yoğunluğu değeri 1,51 dir. Bu değer ve üzerinde 10 tane alt havza olduğu (Tablo 3; Tablo 4), dolayısıyla Ergene Nehri havzasındaki alt havzaların 2/3 ünün drenaj yoğunluğu (Dd) özelliği itibarıyla yüksek taşkın duyarlılığına sahip olduğu kabul edilebilir.

### 3.3. Rölyef Morfometrik Özellikler

Rölyef Oranı (Rh); havza rölyefinin maksimum havza uzunluğuna oranlaması ile hesaplanır (8) (Schumm, 1956; Patton, 1988). Ana akarsu kanalı boyunca genel yamaç eğimlerinin ölçüsünü temsil eder. Yan kolların, en uzun akarsu drenaj kanalına bağlandığı mesafe ve bunun eğim değeri; buradaki yüzeysel akışın

karakterini büyük oranda belirleyen iki temel faktördür. Rölyef artışı, daha dik yamaçlar ve daha yüksek bir yüzeysel akış hızı demektir. Dolayısıyla rölyef oranının yüksek çıkması; yağış ile gelen suyun daha kısa süre içinde kanalize olarak akması, deşarj olması anlamına gelir. Böylece taşkın duyarlılığı artar. Bu parametre değerlerine göre Ergene Nehri alt havzalarının Rh değerleri 0,002-0,017 arasında hesaplanmıştır (Tablo 3; Tablo 4). Ergene Nehri havzası için ortalama drenaj yoğunluğu değeri 0,0095 dir. Bu değer ve üzerinde 5 tane, bu değere çok yakın olan (0,0080-0,0095) 4 adet alt havza olduğu görülmektedir (Tablo 3; Tablo 4). Bu değerler itibarıyla Ergene Nehri havzasındaki alt havzaların 2/3 ünün, rölyef oranı (Rh) özelliği itibarıyla yüksek taşkın duyarlılığına sahip olduğu kabul edilebilir.

Akım Toplanma Süresi (Tc), havzaya düşen yağışın en uzak mesafeden deşarj olduğu mansabına kadar gitmesi için gerekli olan süredir (Mockus, 1961; Kirpich, 1940; Fang, 2007). Hidrografik olarak drenaj sistemi içinde akarsu mansabına en uzak nokta, suyun bu noktadan mansaba kadar gitmesi için en uzun süreye ihtiyaç duyulan mesafe olmalıdır. Ancak bu süre; arazinin eğim, engebelilik, bitki örtüsü, zeminin geçirimsizliği, sert ve örtüden yoksun çıplak zeminler, vb. koşullara göre değişir. Sadece yüzeysel akış için uygulanabilen akım toplanma süresinin hesaplanmasında farklı yöntemler (Mockus, 1961; Kirpich, 1940; NRCS, 1990) kullanılmaktadır. Kirpich (1940) yöntemi yapılan hesaplamada (9); Ergene Nehri alt havzalarının Tc değerleri 86,35-2281,05 arasında hesaplanmıştır (Tablo 3; Tablo 4). Tc değeri ile taşkın duyarlılık seviyesi arasında ters orantı vardır. Yüksek Tc değerlerine sahip akarsu havzalarının taşkın duyarlılığı düşük olur. Hesaplama sonuçlarına göre Ergene alt havzası (Tc=2281,05) ve Çorlu Çayı havzası (Tc=1096,19) Tc değerleri diğer alt havza değerlerinden çok yüksek çıkmış ve ortalamanın da yükselmesine neden olmuştur. Ergene Nehri havzası için akım toplanma süresi ortalama değeri 1183,7 dir. Bu değer ve üzerinde sadece "Ergene alt havzası vardır (Tablo 3; Tablo 4). Tc değeri 86,35 ile 510,47 arasında 12 alt havza vardır. Bu sonuçlar, Ergene Nehri havzasındaki alt havzaların %87

si “akım toplanma süresi” itibarıyla taşkın yüksek duyarlılığına sahiptir.

Engebelilik Değeri (Rn); havza rölyefi ile drenaj yoğunluğu değerlerinin çarpılması ile hesaplanır (10) (Melton, 1957) ve havzanın yarılma derecesinin göstergesi sayılabilir. Yüksek rölyef ve drenaj yoğunluğunun fazla olması engebelilik değerini artıran faktörlerdir. Bu indis; suyun yüzeyde kalma süresi, infiltrasyon ve havzanın yarılma derecesi hakkında bilgi verir (Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004). Yüksek Rn değerleri; yüzeysel akışın fazla, su kaybının az olduğuna, düşük Rn değerleri ise tam tersi bir duruma işaret eder. Ergene Nehri alt havzaları'nda Rn değeri 0,29 ile 1,42 arasında değişmektedir. Ortalama Rn değeri 0,85 olup, 5 tanesi kuzey sektörlü olmak üzere 6 alt havza ortalama Rn değerinin üstünde ve 2 alt havza ise ortalama değere çok yakın (0,70-0,85 arası) bir Rn değerine sahiptir (Tablo 3, Tablo 4). Yüksek engebelilik değerine sahip alt havzalar, düşük engebelilik değerine sahip olanlara göre taşkına karşı daha fazla duyarlıdır.

Havza Rölyefi (Bh), akarsu havzası içindeki maksimum ve minimum yükseltiler farkını ifade eder (11) (Schumm, 1956). Bir akarsu havzasında Bn değerinin yüksek çıkması engebelilik derecesinin fazla, yamaçların dik ve akarsu yatak eğimlerinin de fazla olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Bu jeomorfolojik karakter; yüzeysel akışın hızını ve kısa sürede büyük hacimlerde su toplanma potansiyelinin artmasını teşvik ederek, havzanın taşkına duyarlılık derecesini yükseltir. Ergene Nehri havzası için havza rölyefi (Bh) değeri 213 ile 941 arasında değişmekte olup, ortalama Bh değeri 577 dir. 5 tanesi kuzey sektörlü olmak üzere 6 alt havza ortalama Bh değerinin üstünde ve 2 alt havza ise ortalama değere çok yakın (470-577 arası) bir Bh değerine sahiptir (Tablo 3; Tablo 4).

Hipsometrik İntegral (Hi), değeri esas olarak aşınma ve tektonik hareketler arasındaki etkileşimin gelişimine ait bir göstergedir. Hipsometrik eğri (Hc); akarsu havzasına ait yükseklik/alan dağılımını grafik olarak gösteren eğridir. Yükselti kademelerinin alansal dağılımını tanımlar (Turoğlu, 1997). Hipsometrik integral (Hi) ise hipsometrik eğri

altındaki alanı rakamsal olarak ifade eder (12) (Strahler, 1952a). Yükseklik kazanmış yüzeyler, çevresine oranla daha düşük düzeyde aşınmaya uğramış diklikler ve seviyeler olarak kabul edilir ve bir akarsu havzasının hipsometrik integral değerinin hesaplanmasıyla yamaç gelişim derecesi hakkında değerlendirme yapılabilir (Andreani vd., 2014).

Akarsu havzaları; jeomorfolojik gelişim aşamalarına göre üç kategoride değerlendirilir. Bu sınıflamada Hipsometrik eğrinin (Hc) şekli ve Hipsometrik integralinin (Hi) sayısal değeri belirleyici olur. Bunlar; (A) Gençlik aşaması (dışbükey Hc eğrisi,  $Hi \geq 0.60$ ) ki burada havza erozyona karşı oldukça hassastır; (B) Denge veya olgunluk aşaması (S şeklinde Hc eğrisi,  $0.30 \leq Hi \leq 0.60$ ), (C) İleri derecede yamaç erozyonu, alçak aşınım yüzeyleri veya monadnok aşaması (içbükey Hc eğrisi,  $Hi < 0.30$ ) (Strahler, 1952b; Strahler, 1964; Singh, 2008). Ergene Nehri alt havzalarının Hi değerleri 0,19-0,46 arasında hesaplanmıştır (Tablo 3; Tablo 4). Yukarıdaki sınıflama dikkate alındığında; Denge veya olgunluk aşamasında olan ( $0.29 \leq Hi \leq 0.60$ ) alt havza sayısı 6 tanedir. Buna karşın 8 alt havza ( $Hi < 0,29$ ); içbükey yamaçlara sahip, ileri derecede erozyona uğramış ve yatıklaşmış alt havzalardır (Tablo 3; Tablo 4). Bu değerler itibarıyla Ergene Nehri havzasındaki alt havzaların Hi değerlerine göre taşkın duyarlılık sıralamasında havza integral değeri ( $0.30 \leq Hi \leq 0.60$ ) olan 6 alt havza öne çıkmaktadır.

#### 3.4. Taşkın Duyarlılık Sınıflaması

Ergene Nehri havzasına ait toplam 14 alt havza için yapılan ve bu havzaların jeomorfolojik ve hidrografik özelliklerinin farklı parametreler itibarıyla test edilmesi amaçlı olarak gerçekleştirilen hidromorfometrik parametre analiz sonuçları taşkın duyarlılığı açısından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede; her havza için hesaplanan her bir analiz sonucu, 14 havza sıralamasına konularak, ilgili analiz yöntemine ait duyarlılık sayısal etki faktörü belirlenmiştir. Daha sonra her alt havzanın hidromorfometrik analiz sonuçlarına ait sayısal etki faktörleri toplanarak o alt havza için taşkın duyarlılık değeri elde edilmiştir (Tablo 5). Eğer iki veya daha fazla havza bir hidromorfometrik parametre için aynı değere hesaplanmış ise bu



havzalara hiyerarşik düzeni bozmamak kaydıyla aynı değerler atanmıştır. Bu şekilde hesaplanan taşkın duyarlılık değerleri, Ergene havzası içindeki 5. dizin ve altı havzalarının kendi içindeki 1-14 arası taşkına duyarlılık sıralamasını oluşturmaktadır. Taşkın duyarlılık değeri en yuksek olan alt havza taşkın riskinin

en yuksek, duyarlılık değerinin en duşuk olduğu alt havza ise taşkın riskinin en duşuk alt havza olarak sınıflanmıştır. Bu kapsamda; taşkın duyarlılığı değerleri 52 ile 115 arasında değişmektedir. Tüm alt havzaların değerleri, Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 5:** Hidromorfometrik parametre analiz sonuçlarının taşkın duyarlılık değerlendirmesi.

Havzalar	R <sub>b</sub>	R <sub>L</sub>	T	R <sub>e</sub>	R <sub>f</sub>	F <sub>s</sub>	D <sub>d</sub>	R <sub>h</sub>	T <sub>c</sub>	R <sub>n</sub>	B <sub>n</sub>	H <sub>t</sub>	Toplam
skp Dere Havzası	5	1	2	1	1	1	1	8	9	9	9	5	52
Ova Dere Havzası	3	6	4	4	3	8	3	4	5	4	8	3	55
Hamam Dere Havzası	12	3	1	5	4	6	5	3	6	2	2	7	56
orlu ayı Havzası	11	4	8	6	5	9	2	1	2	1	1	12	62
Ergene Alt Havzası	10	11	5	3	2	5	6	2	1	8	7	4	64
Ova ay Havzası	1	7	10	8	8	6	9	3	4	5	4	10	75
Sulucak ayı Havzası	9	2	3	4	3	2	6	9	12	13	13	2	78
Anaay Havzası	4	13	9	2	6	3	4	4	7	11	10	9	82
Yuvalı Dere Havzası	2	9	12	9	9	10	8	5	8	7	6	5	90
Beyköy Dere Havzası	8	5	7	11	11	10	4	6	14	3	3	11	93
Kuleli Dere Havzası	6	12	14	8	8	7	3	4	3	10	11	8	94
Kaynarca Dere Havzası	13	10	6	7	7	4	5	9	11	14	14	5	105
Hayrabolu Deresi Havzası	7	6	13	10	10	12	7	8	10	12	12	1	108
Fakara Dere Havzası	14	8	11	12	12	11	10	7	13	6	5	6	115

**Tablo 6:** Hidromorfometrik analiz sonuçları itibarıyla, Ergene Nehri 5. ve daha duşuk dizin alt havzaları ile 7. dizin Ergene alt havzası taşkın duyarlılık sınıflaması.

Alt Havzalar	Duyarlılık Değerleri	Seviye aralığı	Tanım
Üsküp Dere Havzası	52		
Ova Dere Havzası	55		
Hamam Dere Havzası	56	52-64	çok duşuk
orlu ayı Havzası	62		
Ergene Alt Havzası	64		
Ova ay Havzası	75	65-77	Duşuk
Sulucak ayı Havzası	78		
Anaçay Havzası	82	78-90	Orta
Yuvalı Dere Havzası	90		
Beyköy Dere Havzası	93	91-103	Yuksek
Kuleli Dere Havzası	94		
Kaynarca Dere Havzası	105		
Hayrabolu Dere Havzası	108	104-115	çok yuksek
Fakara Dere Havzası	115		

## SONUÇLAR

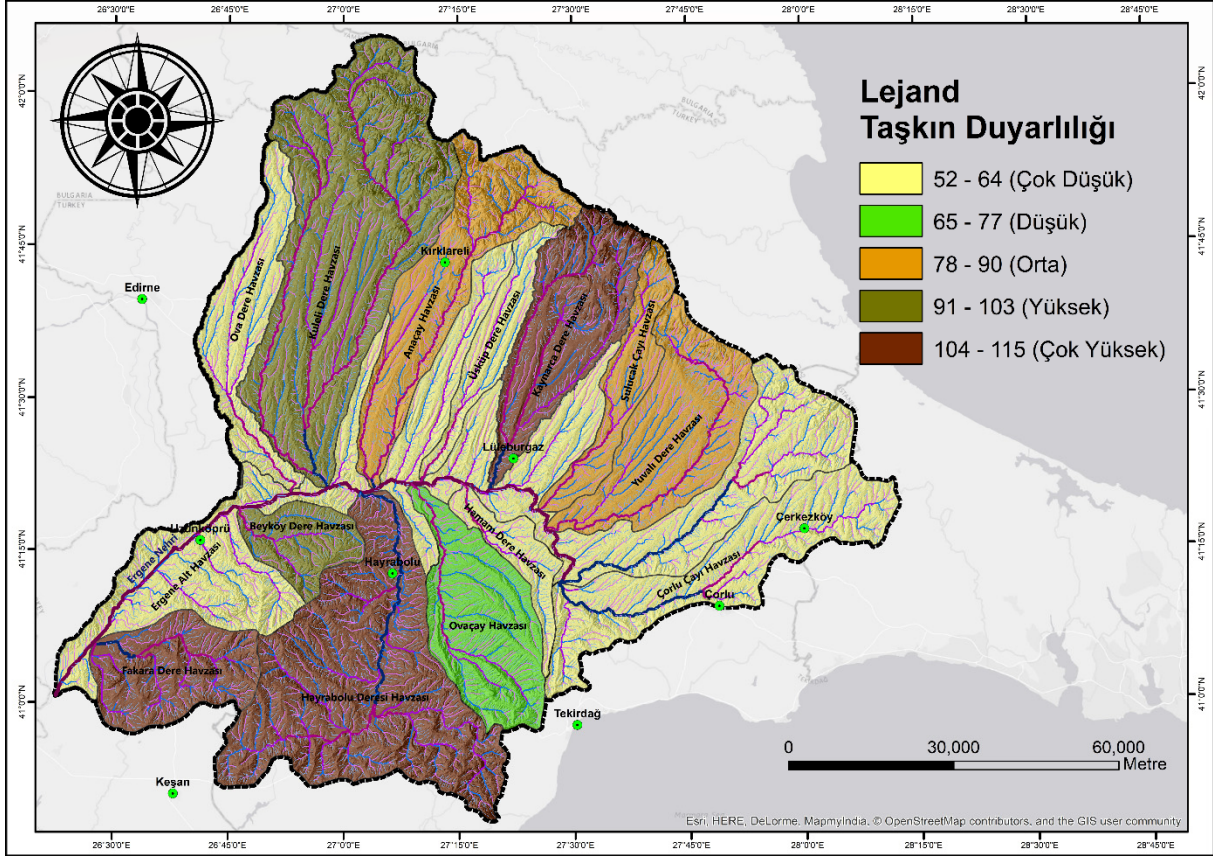
Ergene Nehri 5. ve daha duşuk dizin alt havzaları ile 7. dizin Ergene alt havzasından oluşan 14 alt havza; jeomorfoloji ve hidrografya perspektifinde, hidromorfometrik parametre analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları esas alınarak; Ergene havzasının 14 alt havzası için taşkın duyarlılık seviye

sınıflaması yapılmıştır. Bu alışma bir "taşkın risk analizi" araştırması değildir.

Hidromorfometrik parametre analiz sonuçlarına göre; Fakara Dere, Hayrabolu Dere, Kaynarca Dere havzaları en yuksek, Kuleli Dere ve Beyköy Dere havzaları yuksek taşkın duyarlılığına sahip alt havzalar olduğu görülmüştür. Sulucak ayı, Anaçay, Yuvalı Dere havzalarının taşkın duyarlılığı orta derecede çıkmıştır. Ergene alt havzası, orlu

Çayı,Hamam Dere, Ova Dere, Üsküp Dere havzaları hidromorfometrik parametre analiz

sonuçlarına göre çok düşük, Ovaçay havzası ise düşük taşkın duyarlılığı göstermektedir.



**Şekil 5:** Hidromorfometrik analiz sonuçlarına dayandırılan; Ergene Nehri 5. ve daha düşük dizin alt havzaları ile 7. dizin Ergene alt havzası taşkın duyarlılık seviye sınıflaması.

Alt havzaların taşkın duyarlılık değerlerinin belirlenmesinde rol oynayan hidromorfometrik parametre analiz sonuçlarının hiyerarşik bir uyum içinde olmaması dikkat çekicidir. Yüksek taşkın duyarlılık değerine sahip bir alt havzada, bazı parametre sonuçları düşük taşkın duyarlılığına işaret etmektedir. Ya da tam tersine, parametre analiz sonuçlarının bir kısmı yüksek taşkın duyarlılığını tanımlamasına karşın, toplamdaki taşkın duyarlılık değerinin düşük çıktığı alt havzalar da vardır. Bu itibarla, taşkın duyarlılık sınıflaması sonuçlarının; Ergene Nehri havzasındaki alt havzaların kendi içindeki genel bir taşkın duyarlılık sıralaması olduğu unutulmamalıdır. Parametrelerdeki mevsimsel ya da yıllık değişikliklerin taşkın duyarlılık derecesini değiştireceği dikkate alınması gereken bir başka önemli konudur.

Alt havzaların şekil özellikleri, yükseklik, engebelilik, eğim, yamaç gelişimleri ve erozyon dereceleri gibi jeomorfolojik özelliklere ait parametre değişkenlikleri her alt havzanın taşkın duyarlılık değerinin belirlenmesinde rol

oynamıştır. Ayrıca bu havzaların litoloji, arazi kullanımı, bitki örtüsü, toprak gibi diğer coğrafi parametrelerin de taşkın duyarlılık değerleri üzerinde önemli yönlendirici rolü vardır.

Kuzey sektörlü havzaların taşkın duyarlılıklarının belirlenmesinde havzanın şekil, rölyef, yarıлма derecesi özellikleri taşkın duyarlılığı üzerinde etkili rol aldığı kabul edilebilir.

Kuzey sektörlü havzaların 1. ve 2. dizin sayılarındaki dikkat çekici fazlalık ve bu dizinlerin yüksek eğimli sahalarda olması; bu havzalarda suyun sel karakterli akışı ve bu akış tipinin olumsuz etkilerinin hesaba katılmasını düşündürmektedir.

5., 6. ve hatta 7. dizinlerin daha az eğim değerlerine sahip sahaları drene ediyor olması; buralarda toplanacak olan sıra dışı büyük hacimlere sahip su kütlelerinin çevreye yayılarak su basmalarına, tarım alanlarının su altında kalmalarına neden olma ihtimali oldukça yüksektir.

Hidromorfometrik parametre analiz sonuçları;

bölge, yöreye ait “Fiziksel Planlama”, “Çevre Düzeni Planı”, “Akarsu Havza Yönetimi” gibi geleceğe yönelik tasarımlar için katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

## KAYNAKÇA

- ALOS (2018) Satellite Imaging Corporation. ALOS (Advanced Land Observation Satellite). <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/alos/>
- Andreani L., Stanek, K.P., Gloaguen, R., Krentz, O. & Domínguez-González, L. (2014) DEM-based analysis of interactions between tectonics and landscapes in the Ore Mountains and Eger Rift. *Remote Sensing*, 6(9), pp. 7971-8001.
- Bhatt, S. & Ahmed, S.A. (2014) Morphometric analysis to determine floods in the Upper Krishna basin using Cartosat DEM. *Geocarto International*, 29(8), pp. 878–894. <http://dx.doi.org/10.1080/10106049.2013.868042>.
- 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), pp. 155-166.
- Biswas, R.N., Mia, M.J. & Islam, M.N. (2018) Hydro-Morphometric Modeling for Flood Hazard Vulnerability Assessment of Old Brahmaputra River Basin in Bangladesh. *Engineering Technology Open Access Journal*, 1(4), pp.01-05.
- Cürebali, İ. (2006) Strahler Yöntemiyle Komşu Akarsu Havzalarının Karşılaştırmalı Analizi: Mıhlı ve Şahin Dereleri (Comparative analysis of two neighboring basins using Strahler method: Mıhlı and Şahin Creeks). *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), pp. 71-84.
- ÇŞB (2009) *Trakya Alt Bölgesi Ergene Havzası 1/100 000 Ölçekli Revizyon Çevre Düzeni Planı*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, <http://mpgm.csb.gov.tr/trakya-alt-bolgesi-ergene-havzasi-i-82194>
- Fang, X., Thompson, D.B., Cleveland, T.G. ve Pradhan, P. (2007) Variations of Time of Concentration Estimates Using NRCS Velocity Method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-437, 133(4), pp. 314-322.
- Farhan, Y., Anaba, O. & Salim, A. (2016) Morphometric Analysis and Flash Floods Assessment for Drainage Basins of the Ras En Naqb Area, South Jordan Using GIS. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4, pp. 9-33. <http://dx.doi.org/10.4236/gep.2016.46002>
- Gharde, K.D. & Kothari, M. (2016) Hydromorphometric Analysis and Prioritization of Savitri Basin of Maharashtra, India Using GIS. *International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development (IJCSERD)*, 6(2), pp. 1-10.
- Goudar, M.B. (2015) Morphometric Analysis And Stream Network Characteristics in Gadag District. *Integrated watershed development in Gadag district*. Bölüm 4, pp. 147-167. <http://shodhganga.inflibnet.ac.in/handle/10603/36306>.
- Horton, R.E. (1932) Drainage basin characteristics. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 13, pp. 350–361.
- Horton, R.E. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins: l approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56, pp. 275–370
- Kabite, G. & Gessesse, B. (2018) Hydro-geomorphological characterization of Dhidhessa River Basin, Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research* 6, pp. 175–183. [www.elsevier.com/locate/iswcr](http://www.elsevier.com/locate/iswcr).
- Kirpich, Z.P. (1940) Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*, 10 (6), p. 362.
- Knighton, D. (1984) *Fluviyal Forms and Processes*. Edward Arnold, ISBN 0-7131-6405-0, UK.
- Kumar, R., Kumar, S., Lohani, A.K., Nema, R.K. & Singh, R.D. (2000) Evaluation of geomorphological characteristics of a catchment using GIS. *GIS India*, 9, pp. 13–17.
- Manjunatha, S., Dalwai, M., Sukhaye, R. & Davithuraj, R. (2017) Morphometric Analysis of Karanja River Basin, Bidar District, Karnataka, India, using Remote Sensing and GIS Techniques. *Journal of Geosciences Research*, 2(1), pp. 45 – 53.
- Melton, M.A. (1957) *An analysis of the relation among elements of climate, surface properties and geomorphology*, Department of Geology, Columbia University, New York. Technical Report, 11, Project NR 389-042. Office of Navy Research, New York.
- Mirzavand, M. & Ghasemieh, H. (2013) Analysis of hydro morphometric characteristics using GIS and statistical analysis (Case study: Maragh basin, Esfahan province, center of Iran). *Advances in Applied Science Research*, 4(4), pp. 22-29.
- Mockus, V. (1961) *Watershed lag*. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, ES–1015, Washington, DC.
- NRCS (1991) *Time of Concentration*. Engineering Hydrology Training Series Module 206A. Natural Resources Conservation Service, USDA.
- Özdemir, H. (2011) Havza morfometrisi ve taşkınlar. D. Ekinci (Ed.), *Fiziki coğrafya araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel*. Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, pp. 507–526, İstanbul.
- Patton, P.C. (1988) Drainage basin morphometry and floods. In: Baker VR, Kochel RC, Patton PC (Eds) *Flood geomorphology*, Wiley, pp. 51–65.
- 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), pp. 841–854.
- Reddy, G.Z.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, pp. 1-16.
- Saha, A. & Singh, P. (2017) Drainage Morphometric



- Analysis and Water Resource Management of Hindon River Basin, using Earth Observation Data Sets. *International Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 3(4), pp. 2051-2057,
- Samson, S.A., Eludoyin, A.O., Ogbale, J., Alaga, A.T., Oloko-Oba, M., Okeke, U.H. & Popoola, O.S. (2016) Drainage Basin Morphometric Analysis for Flood Potential Mapping in Owu Using Geospatial Techniques. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 4(3), pp. 1-8, Article no.JGEESI.22223.
- Satheesh, B. (2017) GIS Based on Morphometric Analysis of Part of Manair River Basin in Karimnagar District, Telangana State. *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics (IOSR-JAGG)*, 5(5), pp. 01-07.
- Schumm, S.A. (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67, pp. 597-646.
- Singh, O., Sarangi, A. & Sharma, M.C. (2008) Hypsometric Integral Estimation Methods and its Relevance on Erosion Status of Northwestern Lesser Himalayan Watersheds. *Water Resources Management*, 22, pp.1545-1560.
- Smith, K.G. (1950) Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248, pp. 655-668.
- Strahler, A.N. (1952a) Hypsometric (area-altitude curve) analysis analysis of erosional topography, *Geological Society of America Bulletin*, 63, pp. 1117-1141.
- Strahler, A.N. (1952b) Dynamic Basis of Geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, 63, pp. 923-938.
- Strahler, A.N. (1964) Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. *Chow VT (Ed) Handbook of applied hydrology*. New York, 4-40-4-74.
- Strahler, A. N. (1975) *Physical Geography (4th Edition)*. John Wiley & Sons Inc.
- Turoğlu, H. (1997) İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım, *Türk Coğrafya Dergisi*, 32, pp. 355-364.
- Turoğlu, H. (2005) Bartın'da meydana gelen sel ve taşkınlara ait zarar azaltma ve önleme önerileri". İ.T.Ü. *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, Bildiriler Kitabı*, pp.104-110, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2010a) Yapılaşmanın doğal akım yönü ve akım birikimi üzerindeki etkileri. Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi (TUCAM), VI. *Ulusal Coğrafya Sempozyumu 2010, Bildiriler Kitabı*, pp. 29-36, Ankara.
- Turoğlu, H. (2010b) 8-10 Eylül 2009 Tarihlerindeki yağışların Silivri-Selimpaşa sahil kuşağında neden olduğu sel ve taşkınlara. *DSİ Genel Müdürlüğü 2. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Afyon 22-24 Mart 2010, Tebliğler Kitabı*, pp. 31-43, Afyon.
- Turoğlu, H. (2011a) Flashfloods and Floods in İstanbul. *Ankara University Journal of Environmental Sciences*. 3(1), pp. 39-46.
- Turoğlu, H. (2011b) İstanbul'da Meydana Gelen Sel ve Taşkınlara. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel*, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, 6, pp. 411-430, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2011c) Şehirsel Gelişmenin İstanbul Selleri Üzerindeki Etkisi. İstanbul'un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu 2010. *İstanbul'un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İTO Yayınları, Yayın no:2011-13, pp. 46-56, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2016) *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları (Genişletilmiş 4. Baskı)*. ISBN 987-975-9060-51-0, Çantay Kitapevi, İstanbul.
- Turoğlu, H. ve Dölek, İ., 2011. Floods and their likely impacts on ecological environment in the Bolaman River Basin (Ordu, Turkey). *Research Journal of Agricultural Science*, 43 (4), pp. 167-173
- Turoğlu, H. & Özdemir, H. (2005) *Bartın'da Sel ve Taşkınlara; Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri*, ISBN 975-9060-04-3, Çantay Kitapevi, İstanbul.
- Utlu, M. & Özdemir, H. (2018) 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). *Coğrafya Dergisi - Journal of Geography*, 36, pp. 49-62.
- Verstappen, H.Th. (1983) *Applied geomorphology*. ISBN 0-444-42181-5, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands