

# Taşkın çalışmaları açısından topografik haritalardan ve DEM'den üretilmiş akarsu morfometrik özelliklerin karşılaştırılması

Hasan ÖZDEMİR<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ordu Cad. No: 196, 34459, Laleli - İstanbul

## Özet

*Taşkınlar, meydana getirdikleri büyük can ve mal kaybından dolayı gerek ülkemizde gerekse dünya üzerinde tahrip edici afet türleri arasında yer alırlar. Taşkınların anlaşılması için meydana gelmesinde önemli yeri olan birçok neden araştırılır (yağış özellikleri, arazi kullanımındaki değişiklikler, akarsu yatak özellikleri, bitki örtüsündeki değişim vb.). Bu özellikler yanında havzanın sahip olduğu akarsu morfometrik özelliklerinin de büyük önemi vardır. Havzalara ait akarsu ağlarını, mevcut topografik haritalar (1/25000, 1/100000), uydu görüntüleri ve DEM'lerden üretmek mümkündür.*

*Bu çalışmada, havzanın akarsu ağı, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı kullanılarak 1/25000 ölçekli topografik harita üzerindeki akarsulardan ve 10m. grid aralıklı DEM'den üretilmiştir. Çalışma alanı olarak Havran çayı havzası (Balıkesir) seçilmiştir. Bu iki veri kaynağından elde edilen akarsu morfometrik özellikleri, Havran çayı ve alt kollarının havzada meydana gelebilecek olası taşkınlara etkileri bakımından karşılaştırılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** DEM, akarsu morfometrisi, coğrafi bilgi sistemleri, Havran çayı,

## Comparison of drainage morphometries driven from topographic sheets and DEM in the view of flood studies

### Abstract

*Floods are among the most devastating natural hazards in our country and the world, causing the largest amount of lives and property damage. To understand of floods, many reasons are investigated such as rains, landuse change, river bed, vegetation change etc.. Drainage morphometry of basin is also important factor to understand the floods. Drainage network in a basin can be driven from topographic sheets (1/25000, 1/100000), satellite images and Digital Elevation Model (DEM). In this study, drainage network of a basin, have been driven both topographic sheets scaled 1/25000 and DEM grided 10m using GIS. Havran river basin (Balıkesir) has been chosen. Drainage morphometries of Havran river basin which were driven two different data sources, have been compared from the point of view of effects to the probable floods in the basin.*

**Keywords:** DEM, drainage morphometry, geographic information system, Havran river

---

\* Yazışmaların yapılacağı yazar: Hasan ÖZDEMİR, [ozdemirh@istanbul.edu.tr](mailto:ozdemirh@istanbul.edu.tr), Tel: (212)455 57 00-15752



Havzanın alanı 570.40 km<sup>2</sup> olup yükseltisi 0-1290 m. arasında değişmektedir. 138.8 km. çevre uzunluğuna sahip havzada Havran çayı, Edremit grabeni içinde kabaca doğu – batı doğrultusunda akış gösterir. Havran çayı'na kuzey ve güneyden bir çok kol katılmaktadır. Bunlar; kuzeyde Küçükçay, Karahayit, Bent, Pınar, Değirmen, Ağıl dereleri, güneyde ise Tosun, Kabaklık, Kışla, Değirmen ve Kızıklı dereleridir. Çalışmada, ana kola katılan yan derelerin herbirinin havzası alt havza olarak değerlendirilmiştir. Fakat bunlardan Pınar, Değirmen, Ağıl, Tosun, Kabaklık dereleri, Havran çayının yukarı kolu olan Gelin deresine akmaları ve bu derenin üzerinde İnboğazı mevkiinde baraj yapımı çalışmalarından dolayı tek bir alt havza olarak değerlendirilmiştir (Şekil 1).

Havran çayı üzerinde geçmiş dönemlerde taşkınlar meydana gelmiştir. Bunlar daha çok tarihi taşkınlar olup, en büyük zarara neden olan taşkın 25 Aralık 1981 taşkıdır. Bu taşkında 1 kişi hayatını kaybetmiş, Havran köprüsü yıkılmış, 6485 dekar tarım arazisi ve yüzlerce hayvan zarar görmüştür (DSİ, 1988; Özdemir, 1998). 1981 yılından sonra, Havran çayı üzerinde büyük can ve mal kaybına neden olacak taşkına rastlanmamasının önemli bir nedeni, yağış yoğunluğunun 1981'den günümüze azalmasıdır.

## Metodoloji

Akarsu morfometrik özellikleri olarak çalışmada çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, tekstür oranı gibi akarsu dizin analizleri, drenaj yoğunluğunun etkilediği engebelilik değeri, relief ve akarsu uzunluğunun baz alındığı akım toplanma zamanı gibi parametreler ele alınmıştır. Bu morfometrik parametreler ve matematiksel formülleri Tablo 1 de verilmiştir. Bu parametreler iki ayrı veri kaynağı üzerine uygulanmıştır. Bunlar, manuel olarak sayısallaştırılan 1/25000 ölçekli topografik haritalardaki mevsimlik ve sürekli akarsular ile, sahanın 10 m. grid aralıklı DEM'inden üretilen akarsu verileridir. DEM den akarsu üretimi için ArcGIS 9 yazılımı kullanılmıştır. Bununla ilgili aşamalar Şekil 2 de gösterilmiş olup açıklamaları aşağıda verilmiştir.

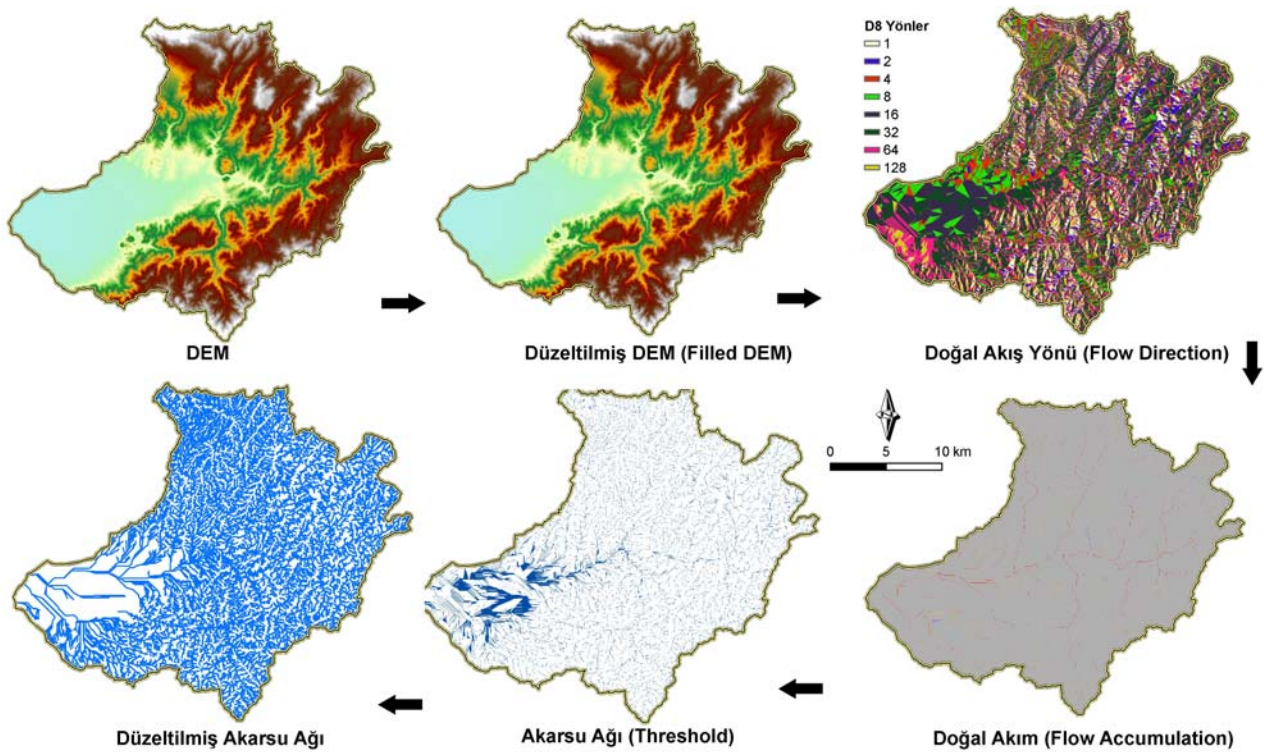
*Tablo 1: Morfometrik parametreler ve matematiksel tanımlamalar\**

Morfometrik Parametreler	Formül	Tanım
Toplam Dizin Sayısı (N)	$(\sum N_u)$	Havzadaki toplam dizin sayısıdır.
Toplam Dizin Uzunluğu (L)	$(\sum L)$	Havzadaki dizinlerin toplam uzunluğudur (km)
Çatallanma Oranı (R <sub>b</sub> )	$R_b = N_u / N_{u+1}$	Havzadaki herhangi bir dizin sayısının kendisinden daha yüksek dizine oranıyla elde edilir.
Drenaj Yoğunluğu (D <sub>d</sub> )	$D_d = \sum L / A$	Havzadaki dizinlerin toplam uzunluğunu havzanın alanına bölünmesiyle elde edilir. (km/km <sup>2</sup> )
Akarsu Sıklığı (F <sub>u</sub> )	$F_u = \sum N_u / A$	Havzadaki toplam dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilir.
Tekstür Oranı (T)	$T = N_{D1} (1 / P)$	Havzadaki 1. dizin sayısının havza çevre uzunluğuna oranıdır.
Havza Reliefi (B <sub>h</sub> )	$B_h = H_{max} - H_{min}$	Havzanın en yüksek ve en alçak noktası arasındaki yükselti farkıdır.
Engebelilik Değeri (R <sub>n</sub> )	$R_n = B_h \times D_d$	Havza reliefi ve drenaj yoğunluğunun çarpımıdır.
Akım Toplanma Zamanı (T <sub>c</sub> )	$T_c = 6.95 * (L^{1.15} / B_h^{0.385})$	Ana akarsu uzunluğunun havza reliefine oranıyla elde edilir.

\* (Verstappen, 1983; Reddy et al., 2004; Macka, 2001; Baker et al., 1988; Biswas et al., 1999; Sherman, 1932; Horton, 1945; Strahler, 1964; Ritter et al., 1995)

DEM den üretilecek olan akarsuların gerçeğe yakın olması için DEM'in iyi çözünürlükte olması gerekmektedir, aksi takdirde büyük düzlük alanlar doğal olmayan bir drenaj ağının oluşmasına neden olurlar (Maidment, 2002). Bu bakımdan sahamız için seçilen DEM çözünürlüğü, havzanın iç kesimleri ve yükseltinin fazla olduğu alanlar için yeterli olurken, havzanın aşağı kesimindeki

düzlük alan için yeterli gelmemiştir. DEM in seçiminden sonra, DEM deki çukurluk ve normalden fazla olan yükseklikler giderilmiştir. Bunun nedeni, oluşacak akarsu ağındaki kesiklikleri engellemektir (Tarboton, Bras et al., 1991). Düzeltilmiş DEM verisinden doğal akış yönleri belirlenmiştir. Bu yönlerin belirlenmesinde D8 metodu kullanılmıştır. Buna göre pixellerin sahip olduğu yükseklik değeri esas alınarak, 3x3 komşuluk ilişkisindeki alan içinde, merkezdeki pixel suyun kendisi kabul edilerek, eğimin en fazla olduğu yöne doğru akışın gerçekleşeceği pixellere akış yönü kodları atanmıştır (Şekil 2). Üretilen doğal akımda yüzey sularının hiç bir şekilde kayba uğramadan, direk yüzeysel akışa geçtiği kabul edilmektedir. Doğal akış yönlerinin toplanmasıyla elde edilen doğal akım, bize sahada oluşabilecek maksimum akarsu ağını verir. Son olarak da doğal akım olarak elde edilen haritaya threshold “ $con (flowacc > 75, 1)$ ” değeri verilerek akarsu ağı üretilmiştir. Formülden de anlaşılacağı gibi eşik değeri olarak 75 esas alınmıştır. Düz alanlar için yeterli çözünürlüğe sahip olmayan DEM de gerçeğe uygun olmayan akarsu ağı oluşmuştur. Bunların düzenlenmesi manuel olarak yapılmıştır (Şekil 2).



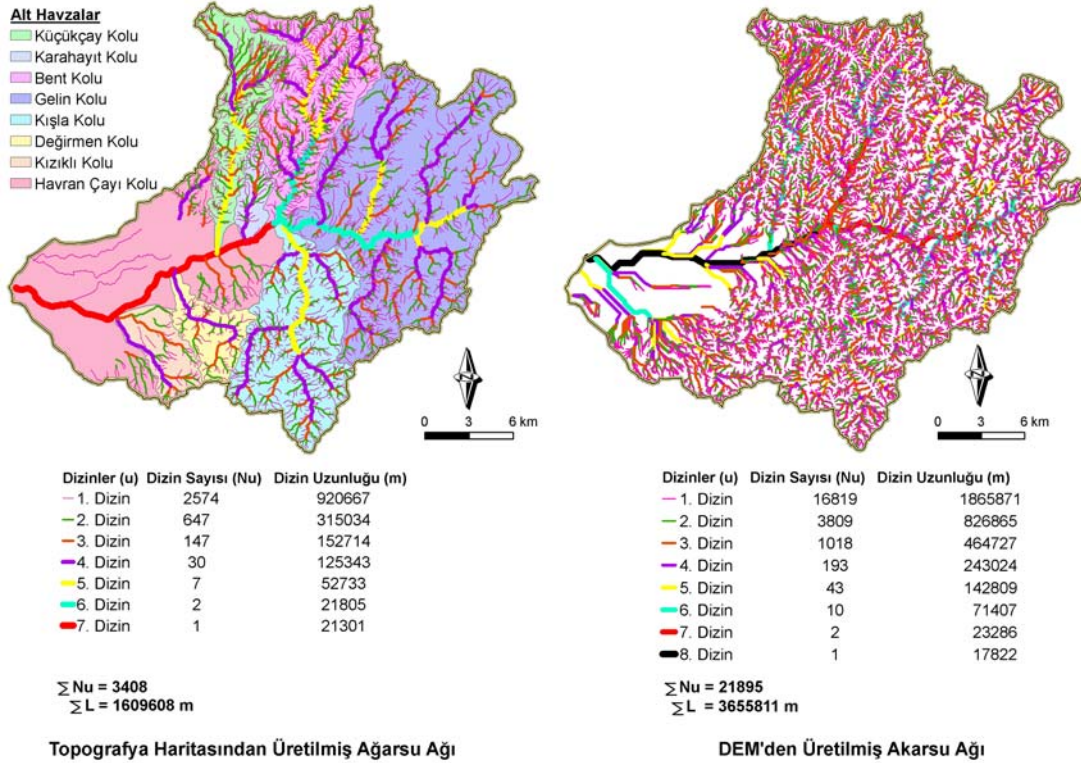
Şekil 2: DEM den akarsu üretim aşamaları

Bu iki veri kaynağından elde edilen akarsu ağına, akarsu morfolojik özellikleri uygulanmış olup sonuçlar alt havzaların kendi aralarında değerlendirilmiştir. Etki sırasına göre değer ataması yapılmış ve CBS ortamında haritalanmıştır.

## Sonuç

Topografya haritasından ve DEM den üretilen akarsu ağına ait özelliklerin incelenmesinde Strahler akarsu dizinleri metodu kullanılmıştır (Şekil 3). Havran çayı havzasının gerek toplamda gerekse alt havzaları bazında sahip olduğu akarsu morfolojik özellikleri Tablo 2 ve 3'te ele alınmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde Havran çayı alt kolu, ana akarsuya ait kol olmasından değerlendirilmeye katılmamıştır. Alt kollar, ana kola etkisi açısından kendileri içinde karşılaştırılmıştır.

Tablo 2 ve 3'e göre alt havzalar içinde yükseklik ve alansal büyüklük olarak Gelin, Kışla, Bent, Küçükçay alt havzaları ilk sırayı alırlar. Alansal büyüklüklere de bağlı olarak her bir dizin sayısı ve toplamdaki dizin sayısı değişkenlik göstermektedir. Fakat Kışla alt havzasının Bent alt havzasından alansal olarak daha büyük olmasına rağmen Bent alt havzasındaki dizin sayısı ve dizinlerin kümülatif uzunluk değerleri daha fazladır. Bu da havza asimetrisine bağlı havzanın kuzeyinin yükselti şartlarının daha fazla olmasına ve geçirimsiz zemin özelliklerine bağlanabilir (Reddy et al., 2004). Buna karşın yüzeye düşen bütün yağmur sularının herhangi bir kayba uğramadan akışa geçtiği varsayımıyla oluşturulan, DEM'den üretilmiş akarsu ağında ise büyüklüğe paralel bir sıralanışın devam ettiğini görmekteyiz (Tablo 3). Bunun yanında toplam dizin sayısı ve dizin uzunluk değerleri de çok fazla artış göstermiştir.



Şekil 3: Strahler akarsu dizinleri metodunun iki akarsu ağına uygulanması

Dizin çatallanma oranı ( $R_b$ ) bakımından, havza geneli ve alt havzalar olarak Verstappen'in havzaların 3.0 – 5.0 arasında değişen değerler gösterdiği görüşünü destekler nitelikte olup (Verstappen, 1983), Havran Çayı alt havzası dikkate alınmazsa değerlerin 3.8 – 4.5 arasında değiştiğini görmekteyiz (Tablo 2). Havza içindeki çatallanma oranlarında birinci ve ikinci dizinler arasında çıkan değerlerin, en yüksek dizin ve bir önceki dizin arasında çıkan değerden fazlalığı oranında havza içinde gully'lerin ve dar-derin vadilerin oranında bir artış olmaktadır (Verstappen, 1983). Buna göre, Bent alt havzasında fark değeri 1.9 kat fazla olduğu görülmektedir. Bunu Gelin (1.1) ve Küçükçay (0.8) alt havzaları takip eder. Yapısal kontrol altında olan ve paralel ve sub-paralel drenaj özelliği gösteren havzalarda çatallanma oranı 4 ve üzeri değerler gösterir (Verstappen, 1983). Bu özelliğe göre ise havza genelinde dentritik bir ağ gibi görülmekte alt havzaların ana kollarının Havran çayına katılma şekillerine dikkat edildiğinde paralel ve sub-paralel bir şekil sergilerler.

Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ ), havzanın akarsular tarafından parçalanma derecesini gösteren bir ölçüdür (Verstappen, 1983; Reddy et al., 2004; Macka, 2001; Baker et al., 1988). Diğer yandan da drenaj

yoğunluğu, yüzeysel akışı kontrol eden faktörlerin bir sonucudur ve havzadaki sediment ve su çıkışını etkiler (Macka, 2001). Yoğunluğu etkileyen faktörler olarak zeminin geçirgenlik özelliği, bitki örtüsünün seyreklik veya sıklığı, relief özellikleri ve iklimatik faktörler olarak sıralanmaktadır (Reddy et al., 2004; Baker, et al., 1988; Verstappen, 1983). Havza genelinde  $D_d$  değeri 2.8 olurken, alt havzalardan Bent alt havzası en yüksek değere sahiptir (4.6). Bunu sırasıyla Küçükçay (3.9), Karahayıt (3.6), Kışla (3.4) ve Gelin (2.7) alt havzaları takip eder (Tablo 2). Bu değerler genel havza değerinin üzerinde olup, bu alt havzalarda infiltrasyonun diğerlerine göre daha az olduğu sonucunu verir.

Tablo 2: Topografya haritasından üretilmiş akarsu morfometrik özellikleri

	Çevre Uzunluğu (km)	Alan (km <sup>2</sup> )	Havza Uzunluğu (km)	Min. Yükseklik (m)	Max. Yükseklik (m)	Akarsu Dizinleri (N <sub>n</sub> )							Toplam Dizin Sayısı (ΣN <sub>n</sub> )	Toplam Dizin Uzunluğu (ΣL) (km)
						D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7		
1 Küçükçay	45.4	43.4	19.8	35	1290	271	71	18	3	1	-	-	364	171.4
2 Karahayıt	17.5	11.0	8.2	50	349	55	25	4	1	-	-	-	85	40.0
3 Bent	51.4	73.7	23.1	60	1260	671	170	37	9	2	1	-	890	344.1
4 Gelin	79.3	190.6	22.2	70	984	792	193	48	9	3	1	-	1046	519.4
5 Kışla	48.3	82.8	19.1	60	1110	470	117	24	7	1	-	-	619	283.5
6 Değirmen	25.3	21.5	12.5	25	765	93	22	4	1	-	-	-	120	57.3
7 Kızıklı	22.7	21.0	8.0	15	680	68	17	5	1	-	-	-	91	52.9
8 Havran Çayı	79.4	126.1	22.3	0	611	154	32	9	1	-	-	1	197	141.5
9 Havza Genel	138.8	570.4	44.5	0	1290	2574	647	147	30	7	2	1	3408	1609.6

	Dizin Çatallanma Oranı	Drenaj Yoğunluğu	Akarsu Sıklığı	Tekstür Oranı	Havza Reliifi	Engebelilik Değeri	Akım Toplanma Zamanı
1 Küçükçay	3.8, 3.9, 6, 3, 4.1	3.9	8.3	5.9	1255	4.8	13.8
2 Karahayıt	2.2, 6.2, 4, 4.1	3.6	7.7	3.1	299	1.0	8.7
3 Bent	3.9, 4.5, 4.1, 4.5, 2, 3.8	4.6	12.0	13.0	1200	5.5	16.7
4 Gelin	4.1, 4.0, 5.3, 3, 3, 3.8	2.7	5.4	9.9	914	2.4	17.8
5 Kışla	4.0, 4.8, 3.4, 7, 4.8	3.4	7.4	9.7	1050	3.5	14.1
6 Değirmen	4.2, 5.5, 4, 4.5	2.6	5.5	3.6	740	1.9	9.9
7 Kızıklı	4, 3.4, 5, 4.1	2.5	4.3	2.9	665	1.6	6.2
8 Havran Çayı	4.8, 3.5, 9, 5.7	1.1	1.5	1.9	611	0.6	20.8
9 Havza Genel	3.9, 4.4, 4.9, 4.2, 3.5, 2, 3.8	2.8	5.9	18.5	1290	3.6	30.6

Tablo 3: DEM'den üretilmiş akarsu morfometrik özellikleri

	Çevre Uzunluğu (km)	Alan (km <sup>2</sup> )	Min. Yükseklik (m)	Max. Yükseklik (m)	Akarsu Dizinleri (N <sub>n</sub> )								Toplam Dizin Sayısı (ΣN <sub>n</sub> )	Toplam Dizin Uzunluğu (ΣL) (km)
					D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8		
1 Küçükçay	45.4	43.4	35	1290	1379	304	67	14	3	1	-	-	1768	326.1
2 Karahayıt	17.5	11.0	50	349	362	76	25	9	1	-	-	-	473	83.1
3 Bent	51.4	73.7	60	1260	2326	533	153	23	5	2	1	-	3043	515.7
4 Gelin	79.3	190.6	70	984	6847	1537	423	77	14	5	1	-	8904	1310.0
5 Kışla	48.3	82.8	60	1110	2870	606	178	22	7	1	1	-	3685	568.7
6 Değirmen	25.3	21.5	25	765	780	163	36	7	1	-	-	-	987	140.2
7 Kızıklı	22.7	21.0	15	680	676	141	31	9	2	-	-	-	859	141.0
8 Havran Çayı	79.4	126.1	0	611	1608	459	113	34	14	1	2	1	2232	568.6
9 Havza Genel	138.8	570.4	0	1290	16819	3809	1018	193	43	10	2	1	21895	3655.8

	Dizin Çatallanma Oranı	Drenaj Yoğunluğu	Akarsu Sıklığı	Tekstür Oranı	Havza Reliifi	Engebelilik Değeri
1 Küçükçay	4.5, 4.5, 4.7, 4.6, 3, 4.2	7.1	40.7	30.3	1255	8.9
2 Karahayıt	4.7, 3.0, 2.0, 9, 4.6	7.5	43	20.6	299	2.2
3 Bent	4.3, 3.4, 6.6, 4.6, 2.5, 2, 3.9	6.9	41.2	45.2	1200	8.2
4 Gelin	4.4, 3.6, 5.4, 5.5, 2.8, 5, 4.4	6.8	46.7	86.3	914	6.2
5 Kışla	4.7, 3.4, 8.0, 3.1, 7, 1, 4.5	6.8	44.5	59.4	1050	7.1
6 Değirmen	4.7, 4.5, 5.1, 7, 5.3	6.5	45.9	30.8	740	4.8
7 Kızıklı	4.7, 4.5, 3.4, 4.5, 4.2	6.7	40.9	29.7	665	4.4
8 Havran Çayı	3.5, 4.0, 3.3, 2.4, 14, 0.5, 2, 4.2	4.5	17.7	20.2	611	2.7
9 Havza Genel	4.4, 3.7, 5.2, 4.4, 4.3, 5, 2, 4.1	6.4	38.3	121.1	1290	8.2

Gelin alt havzasının alansal büyüklüğüne rağmen yoğunluğun düşük olması, havzanın fiziki özelliklerinin, yüzeye düşen suların yüzeysel akışa geçmeden önce kayba uğraması için elverişli koşullar sunduğu sonucunu ortaya çıkartır. DEM'den üretilmiş akarsu ağı için drenaj yoğunluğuna bakıldığında bu değerlerin daha fazla olduğunu görmekteyiz (Tablo 3). Bunun nedeni, yüzeye düşen yağmur sularının hiçbir kayba uğramadan akışa geçtiği varsayımındandır. Bu değerlerde yoğunluğun fazla olduğu alt havza Karahayıt ve Küçükçay alt havzalarıdır. Bunları Bent, Gelin ve Kışla alt havzaları takip etmektedir (Tablo 3).

Akarsu sıklığı ( $F_u$ ) olarak, yüksek sıklık değerleri, geçirgen olmayan zemin özelliklerini, seyrek bitki örtüsü ve yüksek relief özelliklerini gösterirken, düşük sıklık değerleri ise geçirgen olan litolojik özellikleri ve alçak relief özelliklerini ortaya koyar (Reddy et al., 2004). Buna göre havza genelindeki akarsu sıklığı 5.9 luk bir değer gösterirken, havzada en fazla değer Bent alt havzasında (12.0) karşımıza çıkar. Bunu takiben Küçükçay (8.3), Karahayıt (7.7), Kışla (7.4) gelmektedir (Tablo 2). Alansal büyüklük olarak Gelin alt havzası en büyük değere sahip olmasına rağmen sıklık bakımından havza genelinden de düşük bir değere sahiptir (5.4). Bunun nedeninin, geçirgen zemin özelliklerinden ve düşük relief özelliklerinden kaynaklandığını söylemek mümkündür. Diğer şartların etkisiz olması koşuluyla, oluşturulan DEM'den üretilmiş akarsuların oluşturduğu sıklık değerinin Gelin alt havzasında en yüksek değere sahip olduğu görülür (Tablo 3).

Tekstür oranı ( $T$ ), alt havzalar için 1.9 ile 13.0 arasında değişiklik gösterir. Havza genelinde ise bu değer 18.5 gibi yüksek bir değerdir. Değerin fazla olduğu alt havzalar sırasıyla Bent, Gelin, Kışla ve Küçükçay alt havzalarıdır (Tablo 2). DEM'den üretilmiş akarsu ağı için alt havzalarda 20.2 ile 86.3 arasında bir aralığa sahipken, havza genelinde 121.1 olarak karşımıza çıkar (Tablo 3). Bu da çok yüksek değer demektir ki, havzaya düşen bütün suların akışa geçmesiyle yüksek bir akımın ortaya çıkacağını bize gösterir.

Havza relief özelliklerinin ( $B_n$ ) ve havza eğiminin hidrolojik parametre olarak önemi bilinmektedir (Sherman, 1932; Horton, 1945; Strahler, 1964; Baker, et al., 1988). Relief değerinin artmasıyla daha dik yamaçların ortaya çıkmasına ve daha fazla eğimli yatağa sahip akarsulara, yüzeysel akışın toplanma zamanındaki azalmaya ve bunların beraberinde taşkın değerlerinin artmasına neden olur (Baker, et al., 1988). Bu bakımdan Küçükçay, Bent ve Kışla alt havzaları relief özellikleri bakımından en yüksek değere sahiptirler (Tablo 2).

Relief özellikleri ve drenaj yoğunluğunun bir sonucu olarak ortaya çıkan havzanın Engebelilik değeri ( $R_n$ ), havza hakkında su akım gravitesi, sızma ve yüzeysel akış şartları, havzadaki erozif faaliyetler hakkında bize bilgi verir (Reddy et al., 2004). Yüksek değerlerin olduğu alanlar, su kaybının az olduğu ve yüzeysel akış için şartların uygun olduğu alanları bize gösterir. Ayrıca yüksek engebelilik değerine sahip havzalar yüksek sel potansiyeline sahip alanlardır (Baker, et al., 1988; Ritter et al., 1995). Buna göre havza genelinde engebelilik değeri 3.6 gibi bir değer gösterirken, havzada en yüksek değeri Bent alt havzası sahiptir (5.5). Bunu, Küçükçay (4.8), Kışla (3.5) ve Gelin (2.4) takip eder (Tablo 2). DEM den oluşturulmuş engebelilik değerlerine göre ise, havza geneli için 8.2 gibi bir değer gösterirken, alt havzalardan Küçükçay 8.9 gibi havza genelinden de yüksek bir değer gösterir. Bunu ise Bent (8.2) ve Kışla (7.1) alt havzaları takip eder (Tablo 3).

Havza geneli ve alt havzalardaki akım toplanma zamanı olarak adlandırılan Time of Concentration ( $T_c$ ), suyun havzanın en uzak mesafesinden ana kola veya denize döküldüğü yere kadarki geçen zamanı ortaya koyar (Verstappen, 1983). Bu değer en fazla havza geneli için ortaya çıkarken (30.6), alt havzalarda ana kola katılan Gelin, Bent, Kışla ve Küçükçay alt havzaları yaklaşık değerler gösterir (Tablo 2). Ana kola katılma zamanı olarak en düşük değeri Küçükçay olup, zaman olarak

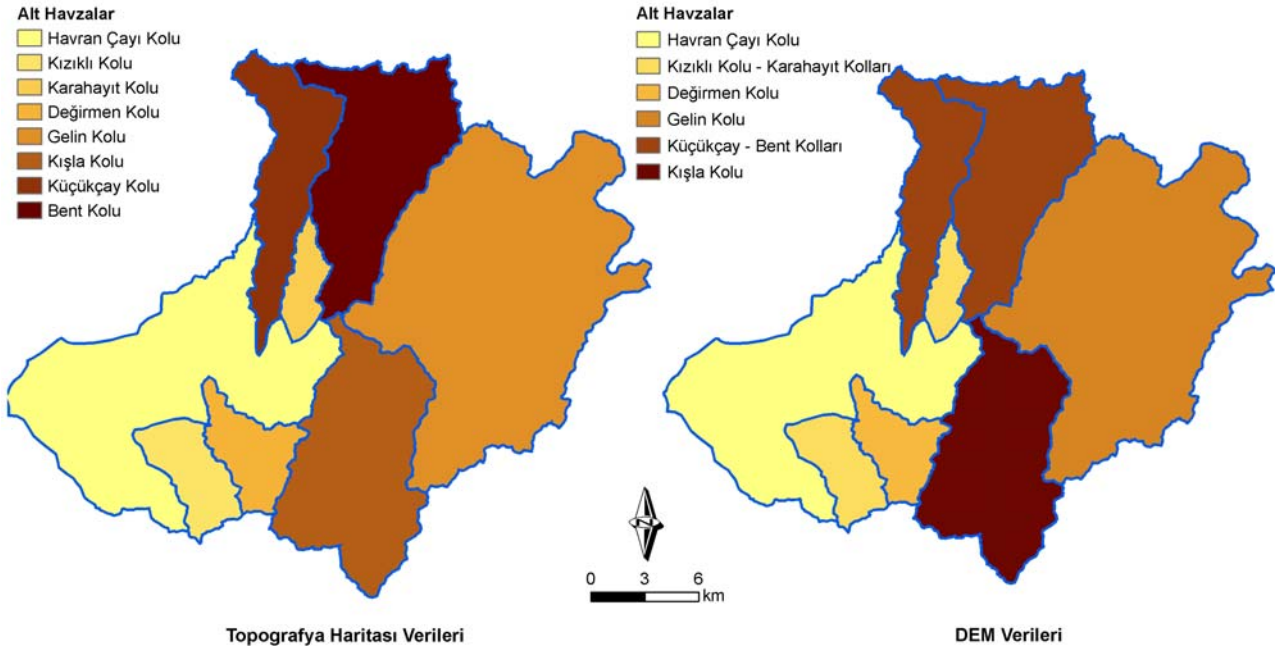
önce ana kola sularını katarken, bunu Kışla, Bent ve Gelin alt havzaları takip eder. Diğer alt havzaların alanlarının ve boylarının küçük değerler göstermesinden dolayı, daha önce ana kola dahil olurlar.

Alt havzalara ait yukarıda değinilen akarsu morfometrik özellikleri kendi içlerinde ana kol olan Havran çayı üzerindeki etkinliği bakımından sıralandığında Tablo 4 deki sonuç ortaya çıkmaktadır. İki ayrı veri kaynağına ait bu değerler, CBS ortamında değerlendirildiğinde ise ortaya çıkan sonuç haritalar Şekil 4 te verilmiştir. Buna göre, topografya haritasından elde edilen akarsu morfometrik özelliklerine bağlı olarak, havzada meydana gelebilecek taşkınları etkileme derecesi en fazla olan alt havzalar Bent, Küçükçay ve Kışla'dır. Gelin alt havzası ise 4. sırada yer almaktadır. DEM den elde edilen morfometrik özelliklerde ise Kışla, Küçükçay ve Bent alt havzaları taşkınlar açısından en fazla etkiye sahiptir. Burada da Gelin kolu yine 4. sırada yer alır (Şekil 4).

Sonuç olarak, Havran çayı ana kolu üzerinde taşkın çalışmaları yapılırken, iki farklı akarsu ağından elde edilen akarsu morfometrik özelliklerine göre Küçükçay, Bent ve Kışla alt havzalarının dikkatle incelenmesi gerekmektedir. Akarsu ağ özellikleri olarak bu alt havzalar, ana kol üzerinde meydana gelmiş veya gelecek taşkınların oluşmasında önemli etkiye sahiptirler.

Tablo 4: Alt havzaların akarsu morfometrik özelliklerine bağlı taşkın etkinlik sıralaması

Alt Havzalar	Topografya Haritası Verisi							DEM Verisi						
	R <sub>b</sub>	D <sub>d</sub>	F <sub>u</sub>	T	B <sub>h</sub>	R <sub>u</sub>	T <sub>c</sub>	R <sub>b</sub>	D <sub>d</sub>	F <sub>u</sub>	T	B <sub>h</sub>	R <sub>n</sub>	T <sub>c</sub>
Küçükçay	5	6	6	4	7	6	4	5	6	1	3	7	7	4
Karahayıt	2	5	5	2	1	1	6	1	7	4	1	1	1	6
Bent	7	7	7	7	6	7	2	6	5	3	5	6	6	2
Gelin	6	3	2	6	4	4	1	3	4	7	7	4	4	1
Kışla	1	4	4	5	5	5	3	7	3	5	6	5	5	3
Değirmen	4	2	3	3	3	3	5	2	1	6	4	3	3	5
Kızıklı	3	1	1	1	2	2	7	4	2	2	2	2	2	7
Havran Çayı Kolu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Şekil 4: Alt havzalara ait etkinliklik sınıflarının haritalanması



## **Kaynaklar**

- Baker, V.R., Kochel, R.C., Paton, P.C., (1988). *Flood Geomorphology*, John Wiley & Sons, USA.
- 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*, Vol. 27, No.3, p. 155-166.
- CEOS, (2003). *The Use of Earth Observing Satellites for Hazard Support: Assessments and Scenarios*. Final Report of the CEOS Disaster Management Support Group (DMSG), November.
- Devlet Su İşleri, (1988). *Edremit-Havran Projesi Planlama Raporu*, DSİ XXV. Bölge Müdürlüğü, Balıkesir.
- Doornkamp, J.C., Cuchlaine, A.M.K., (1971). *Numerical Analysis in Geomorphology - An Introduction*, Edward Arnold, London.
- Horton, R.E., (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, *Bull. Geol. Soc. Am.* 56, 275–370.
- Krishnamurthy, J., Srinivas, G., Jayaram, V., Chandrasekhar, M.G., (1996). Influence of rock types and structures in the development of drainage networks in typical hardrock terrain, *ITC J.* 3–4, 252–259.
- 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 (3), 13–17.
- Leopold, L.B., Miller, J.P., (1956). *Ephemeral Streams: Hydraulic Factors and Their Relation to the Drainage Network*, U.S. Geological Survey, prof. pa 282-A.
- Macka, Z., (2001), Determination of texture of topography from large scale contour maps, *Geografski vestnik* 73-2, p. 53-62.
- Maidment, D.R., (2002). *ArcHydro GIS for Water Resources*, Esri Press, California.
- Morisawa, M E., (1959). *Relation of Morphometric Properties to Runoff in the Little Mill Creek, Ohio, Drainage Basin*, Tech. rep. 17. Columbia University, Department of Geology, ONR, New York.
- 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 Observation and Geoinformation*, 6, p. 1-16.
- Ritter, D.F., Kochel, R.C., Miller, J.R., (1995). *In Process Geomorphology*, William C. Brown, Dubuque.
- Sherman, L.K., (1932). The relation of hydrographs of runoff to size and character of drainage basin, *Trans. Am.Geophys. Union*, 13, 332-339.
- Strahler, A.N., (1952). Dynamic basis of geomorphology, *Bull. Geol. Soc. Am.* 63, 923–938.
- Strahler, A.N., (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Union* 38, 913–920.
- Strahler, A. N., (1964). *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks*, In “Handbook of Applied Hydrology” (V.T. Chow, ed.) pp. 4-40-4-74, Newyork.
- Tarboton D. G., Bras, R. L., Rodriguez-Iturbe, I., (1991). On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data, *Hydrological Processes*. Vol. 5, 81-100.
- Özdemir, Z., (1998). *Körfezdeki Zümrüt Havran*, Meltem Ofset, İzmir.
- Verstappen, H.Th., (1983). *Applied Geomorphology*, ITC, Enschede, The Netherlands.