

## TAHTAKÖPRÜ VE ZİLLİ ÇAYLARI HAVZALARININ KARŞILAŞTIRMALI JEOMORFOMETRİK ANALİZİ\*

**Reşat GEÇEN**

Doç. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Hatay, Türkiye  
rgecen@gmail.com  
Orcid ID: 0000-0002-4144-6645

**Kübra BALCI**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,  
Hatay, Türkiye  
blcikubra3@gmail.com  
Orcid ID: 0000-0001-7524-223X

**Makale Geliş Tarihi:** 14/10/2022

**Makale Kabul Tarihi:** 28/11/2022

**Makale Türü:** Araştırma Makalesi

**Atıf:** Geçen, R. ve Balcı, K. (2022). Tahtaköprü ve Zilli Çayları Havzalarının Karşılaştırmalı Jeomorfometrik Analizi. *Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(50), 201-225.

### Öz

*Yeryüzünde belli bir sahanın sahip olduğu sayısal özellikleri hesaplamak, geçmişteki oluşum ve gelişim sürecini, şekillendirilmesinde etkili olan faktörleri ve bu faktörlerin gücünü anlamaya yardımcı olmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) sağlamış olduğu olanaklar sayesinde bir sahanın morfolojik özellikleri sayısal olarak kolay ve hızlı bir şekilde hesaplanabilmekte ve son dönemlerde birçok farklı çalışma alanlarında kullanılabilir. Bu çalışmada Amanos dağlarının farklı yamaçlarında yer alan komşu iki havzanın jeomorfometrik özellikleri hesaplanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan hareketle, Amanos dağlarının iki yamacında tektonik ve morfolojik gelişimdeki benzerlik ya da farklılıkların ortaya koyulması amaçlanmıştır.*

*Çalışmada 1/25000 ölçekli topoğrafya ve hidroğrafya paftaları, 1/100000 ölçekli jeoloji paftaları ilgili kurumlardan temin edilmiş, CBS ortamına aktarılarak ham veri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın amacına göre ham veriler düzenlenmiş ve ihtiyaç duyulan veriler ayrı katmanlar halinde çizilerek oluşturulmuştur. Verilerin hazırlanmasından sonra amaca uygun Çizgisel, Alansal ve Yüzeysel jeomorfometrik indisler belirlenerek iki akarsu havzasına uygulanmış, her iki havza özelinde değerlendirmeler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.*

*Çalışmada elde edilen sonuçlar her iki havzada birbirine yakın değerler göstermiştir. Jeomorfometrik analizler ile elde edilen değerler her iki havzanın da olgunluk döneminde olduğunu göstermektedir. Tektonik açıdan ise çalışma sahasında topyekün bir yükselme hareketinin olduğu ve dolayısıyla her iki havzada da gençleşmenin görüldüğü tespit edilmiştir.*

\*- Bu çalışmada "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

- Bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve / veya yayınlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemektedir.

Ayrıca Amanos dağlarının bu kesimi (Güney Amanos dağlarının kuzey bölümü) için farklı iki yamacın karşılaştırılması bağlamında, tektonik ve morfolojik oluşum ve gelişimde etkili olan faktörlerin benzerlik gösterdiği ve dolayısıyla simetrik bir durum olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Jeomorfometrik İndisler, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Amanos Dağları, Zilli Çayı Havzası, Tahtaköprü Çayı Havzası

## COMPARATIVE GEOMORPHOMETRIC ANALYSIS OF TAHTAKÖPRÜ AND ZİLLİ STREAMS BASINS

### Abstract

Calculating the digital characteristics of a certain area on the earth helps to understand the formation and development process in the past, the factors that have been effective in shaping it, and the power of these factors. The possibilities provided by Geographic Information Systems (GIS) make it easy and quickly to calculate the morphological features of a field numerically, and GIS has been used in many different study areas recently. In this study, the geomorphometric characteristics of the two adjacent basins located on different slopes of the Amanos Mountains have been calculated and the results have been compared. Based on the results obtained, it is aimed to reveal the similarities or differences in the tectonic and morphological development on the two slopes of the Amanos Mountains.

In the study, topography and hydrography maps with scale of 1/25000, geology maps with scale of 1/100000 have been obtained from the relevant institutions, transferred to GIS environment and used as raw data. According to the purpose of the study, the raw data have been organized and the required data have been digitized in separate layers. After the preparation of the data, Linear, Areal and Relief geomorphometric indices relevant for the purpose have been determined and applied to two river basins, both basins have been evaluated specifically and the results have been compared.

The results obtained in the study have showed values close to each other in both basins. The values obtained by geomorphometric analyzes show that both basins are in the mature stages. In terms of tectonics, it has been determined that there is an uplift movement in the study area and therefore rejuvenation is observed in both basins. In addition, in the context of the comparison of two different slopes for this part of the Amanos Mountains (the northern part of the Southern Amanos Mountains), it has been concluded that the factors that are effective in tectonic and morphological formation and development show similarities and therefore a symmetrical situation.

**Keywords:** Geomorphometric Indices, Geographic Information Systems, Amanos Mountains, Zilli Stream Basin, Tahtaköprü Stream Basin

### 1. GİRİŞ

Yeryüzünün şekillenmesinde iç kuvvetler (tektonizma, volkanizma vb), dış kuvvetler (akarsu, rüzgâr, buzul, dalgalar vb.) ve özellikle son dönemlerde direk ya da dolaylı etki ile antropojenik olmak üzere birçok faktör etkilidir. Mekânsal ve zamansal açıdan değişmekle birlikte bu faktörlerin birçoğu aynı anda ve birlikte, farklı etki düzeyleri ile yeryüzünü şekillendirmektedir. Yeryüzünün oluşum ve gelişim sürecinin incelenmesi, yerbilimleri ile ilgilenen disiplinler için temel bir konu olup bu doğrultuda farklı yöntemler kullanılarak araştırmalar yürütülmektedir. Arazi çalışmaları ile yerinde inceleme ve gözlem, arazide alınan numunelerin laboratuvar ortamından incelenmesi gibi son dönemlerde teknolojik gelişmelerle ortaya çıkan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri de sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle arazinin modellenip çeşitli hesaplamaların yapılmasında CBS

önemli avantajlar sunmaktadır.

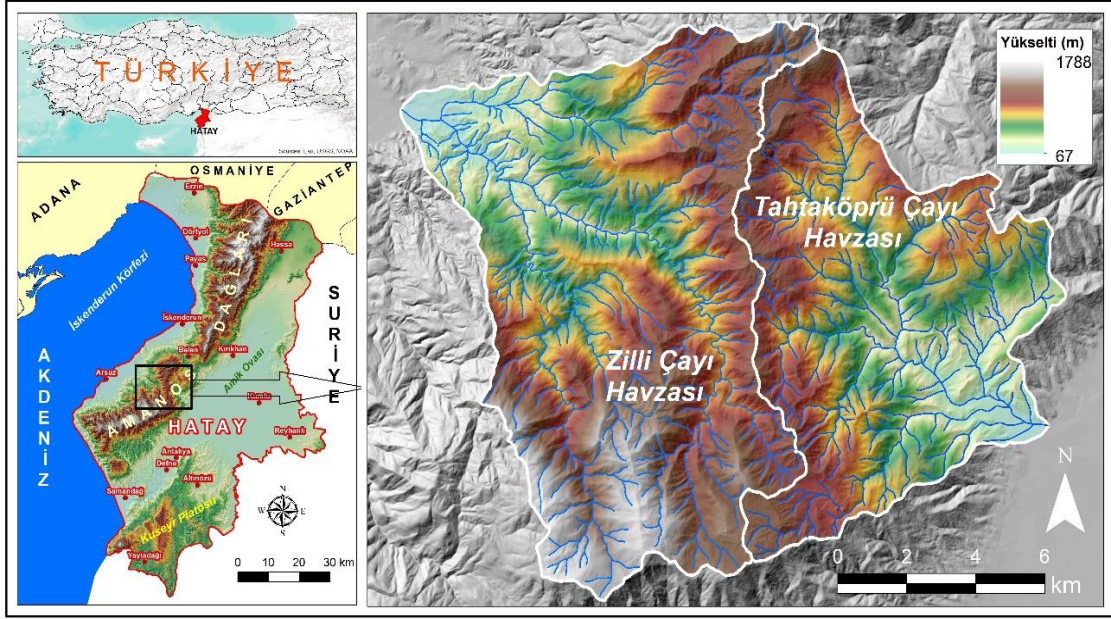
Yeryüzünün şekillenmesinde etkili olan faktörler, bu faktörlerin gücü ve süreci, arazinin oluşum ve gelişim durumu, incelenen alanın sahip olduğu özelliklerin ele alınması ile açıklanabilir. Arazinin çeşitli topoğrafik özelliklerini ortaya koymak için sayısal parametreler kullanarak istatistiksel yöntemler ile analiz edilmesi önem kazanmaktadır. Bu noktada “morfometri” ve “jeomorfometri” terimleri ortaya çıkmaktadır. Morfometri şekil bilimi anlamına gelmektedir ve jeomorfoloji çalışmalarında kullanımı Jeomorfometri olarak adlandırılmaktadır. Jeomorfometri terimi ilk defa 1957’de Chorley tarafından kullanılmış, arazinin yüzey ve topoğrafik özelliklerinin sayısal parametreler kullanılarak istatistiksel analizler ve hesaplamalar yürütülerek açıklamaya çalışılmasını kapsamaktadır. Jeomorfometrinin akarsu havzaları çalışmalarındaki kullanımının temeli Horton’a (1932) dayanmaktadır (Pike, 2000; Elbaşı ve Özdemir, 2018).

Günümüzde yer bilimleri ile ilgilenen araştırmacılar tarafından sıkça kullanılan jeomorfometrik analizler ve hesaplamalar sonucunda birçok indis üretilmiş ve kullanılmaktadır. Başta akarsu havzalarının jeomorfoljik özelliklerini, oluşum ve gelişim süreçlerini ortaya koymak amaçlı (Erginal ve Cürebal, 2007; Öztürk ve Erginal, 2008; Sarp vd., 2011; Özdemir, 2011, Karabulut vd., 2013; Karataş, 2017; Geçen ve Ölmez, 2017; Elebaşı ve Özdemir, 2018) olmak üzere buzul (Geçen vd., 2018; Öztürk vd., 2021), karst (Şimşek vd. 2021; Aydın ve Tuncer, 2021), kıyı (Şahin ve Bağcı, 2016) vb. topoğrafyalarında da kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Amanos dağlarının farklı iki yamacında yer alan komşu Tahtaköprü ve Zilli Çayı havzalarının jeomorfoljik özellikleri, oluşum ve gelişimi üzerinde etkili olan faktörleri morfometrik analizler yöntemi ile karşılaştırmalı olarak incelemektir. İnceleme sonucu, Amanos dağlarının çalışma sahası içerisinde yer alan kesimi için farklı yamaçlarında tektonik, morfolojik ve iklimik faktörlerin etkisiyle oluşum ve gelişim sürecinde benzerlik ya da farklılıkları ortaya koyarak simetriklik/asimetriklik gibi bir durumun olup olmadığını açıklamaya çalışmaktır.

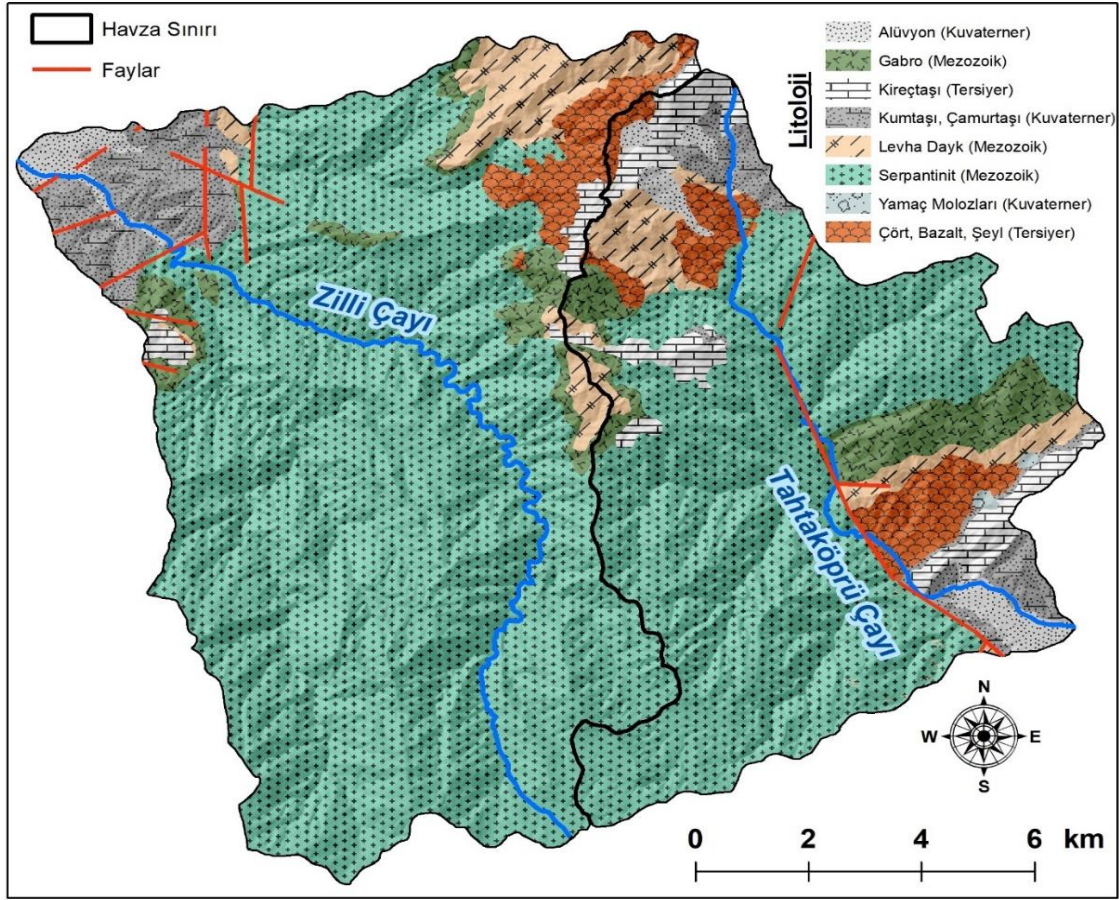
## 2. ÇALIŞMA ALANI VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Çalışma sahası Hatay ili sınırları içerisinde, güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda uzanan Amanos dağlarının Güney Amanoslar olarak adlandırılan (Yılmaz, 1984) bölümün kuzey kesiminde, farklı yamaçlarda yer alan komşu iki akarsu havzasının sınırlarından oluşmaktadır (Şekil 1). Biri Güney Amanos dağlarının kuzeybatı yamacında yer alan Zilli çayı havzası diğeri ise güneydoğu yamacında yer alan Tahtaköprü çayı havzasıdır. Su bölümü çizgisi ile birbirinden ayrılan havzalar arasında Amanos dağlarının zirve kesiminden geçen 19,4 km uzunluğunda ortak sınır bulunmaktadır. Zilli çayı Amanos dağlarının zirve kesiminden doğup kuzeybatı yönünden aktıktan sonra Arsuz kıyı ovası üzerinden devam ederek Akdeniz’e ulaşmaktadır. Tahtaköprü çayı ise Amanos dağlarının güneydoğu yamacından Amik ovasına ulaşmış, ovada belli mesafe akışını sürdürdükten sonra Asi nehrinin kolu olan Karasu çayına ulaşmaktadır. Çalışmada belirlenen amaç doğrultusunda her iki havza sınırı ovalara ulaşılan noktalar ile sınırlandırılmış ve havzaların Amanos dağlarının farklı iki yamacını kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Sınırları oluşturulan Zilli çayı havzası 117,7 km<sup>2</sup> alana sahip olup 1788 metre ile 67 metre yükselti aralığında yer almaktadır. Tahtaköprü çayı havzasının alanı 80,7 km<sup>2</sup>, en yüksek noktası 1393 metre, en alçak noktası ise 109 metredir.



Şekil 1: Çalışma sahasının lokasyon haritası.

Çalışma sahasını da içinde bulunduran Amanos dağları, kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan Antakya-Kahramanmaraş horst-graben sistemin batı kanadını oluşturan horsta karşılık gelmektedir. Amanoslar, graben ile İskenderun körfezi arasında yükselmeye devam etmektedir. Kuzeyden gelen doğu Anadolu Fay Zonu ile güneyden gelen Ölü Deniz Fay Zonu'nun karşılaşma sahasına karşılık gelen bölgede jeodinamik faktörlerin rolü büyüktür. Arabistan levhasının da güneyden sıkışmasıyla sahada ters faylar, bindirmeler ve kıvrımlanmalar meydana gelmiştir. Amanos dağlarının temelini Prekambriyen'den Devoniyen'e kadar uzanan, üzerinde Mesozoik yaşlı kalkerler ve ofiyolitler (serpantinit, diyabaz, gabro, diyorit, pirokсенit vb) ile Tersiyer yaşlı kalkerlerden oluşan bir istif oluşturmaktadır (Karataş ve Korkmaz, 2012: 28). Çalışmada ele alınan her iki havzanın büyük kesimini Mesozoik yaşlı serpantinitler oluşturmaktadır. Ayrıca Mesozoik ve Tersiyer yaşlı kireçtaşı, gabro, bazalt, çört gibi birimler yer yer yüzeylenmektedir. Her iki havzanın aşağı çığırında, Kuvaterner yaşlı alüvyon, kumtaşı ve çamurtaşı birimleri bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Çalışma sahasının jeoloji haritası.

Çalışma sahasında Akdeniz iklimi görülmektedir. İncelenen havzaların iklimik verilerini ölçen meteorolojik istasyon bulunmadığından en yakın istasyonlar olan İskenderun ve Antakya meteoroloji istasyonlarında elde edilen veriler alınmıştır. İskenderun istasyonuna göre yıllık ortalama sıcaklık değeri 20,2 °C yıllık toplam yağış değeri 785 mm iken Antakya istasyonunda ölçülen değerlere göre ise yıllık ortalama sıcaklık 18,2 °C yıllık toplam yağış miktarı ise 1173 mm'dir (MGM). Çalışma alanının bitki örtüsünü çam türleri, meşe, kayın, sedir gibi ağaç türleri ve maki oluşturmaktadır.

### 3. MATERYAL VE METOD

Çalışmada veri setleri bağlamında çeşitli kurumlardan ham veriler elde edilmiş, bu veriler gerek analiz edilerek ve gerekse altlık mahiyetinde kullanılarak amaca uygun yeni veriler üretilerek çalışmada kullanılmıştır. Harita Genel Müdürlüğünden (HGM) 1/25000 ölçekli vektör topoğrafya ve hidroğrafya paftaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünden (MTA) 1/100000 ölçekli jeoloji paftaları temin edilmiş ham veri olarak kullanılmıştır. Topoğrafya paftalarından çalışma alanında yer alan iki havzanın sınırları ve havzalara ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), Eğim ve Bakı haritaları üretilmiştir. Hidroğrafya paftalarında ve üretilen SYM'den faydalanarak her iki havzada yer alan akarsu dizinleri çıkarılmıştır. Jeoloji paftalarından ise çalışma alanına ait kesimin litoloji ve fay haritası üretilmiştir. Elde edilen bu veri katmanları amaca uygun indis hesaplamaları ve değerlendirmeler için görseller oluşturma bağlamında kullanılmıştır. Ayrıca materyal açısından çeşitli analiz ve hesaplamaların yapılması için CBS paket yazılımları kullanılmıştır.

Yöntem olarak CBS'nin sunduğu avantajlardan faydalanılmış, çeşitli analizler ve hesaplamalar yapılarak görseller hazırlanmıştır. Elde edilen ham veriler CBS ortamına aktarıldıktan sonra düzenlenmiş ve yeni veriler üretilmiştir. Çalışmanın amacına uygun veri katmanları oluşturulduktan sonra morfometrik indisler belirlenmiş ve hesaplanmıştır. Bu kapsamda çizgisel morfometrik indisler (akarsu dizini, akarsu sayısı, akarsu uzunluğu, ortalama akarsu uzunluğu, akarsu uzunluk oranı, çatallama oranı, yüzeysel akış uzunluğu, akarsu kıvrımlılık değeri), alansal morfometrik indisler (havza alanı, havza çevresi, dairesellik oranı, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, biçim faktörü, uzunluk oranı) ve yüzeysel morfometrik indisler (havza rölyefi, rölyef oranı, engebelilik oranı, hipsometrik eğri, hipsometrik integral, akarsu uzunluk-gradyan indeksi, vadi tabanı genişliği-vadi yüksekliği oranı) arasından, çalışmanın amacına uygun olanlar seçilmiş ve uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar çeşitli tablo, grafik ve haritala ile sunularak değerlendirilmiştir.

#### **4. İNDİS UYGULAMALARI VE BULGULAR**

Akarsu havzaları; çizgisel, alansal ve relief özellikleri itibariyle sayısal olarak nitelendirilebilen ve hesaplanabilen çeşitli geometrik özelliklere sahiptir. Havzaların karakterlerini ortaya koymak, jeomorfolojik oluşum ve gelişiminde etkili olan faktörleri açıklayabilmek ve iki havzayı karşılaştırabilmek için, havzaların çizgisel, alansal ve relief analizleri kapsamında amaca uygun indisler hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

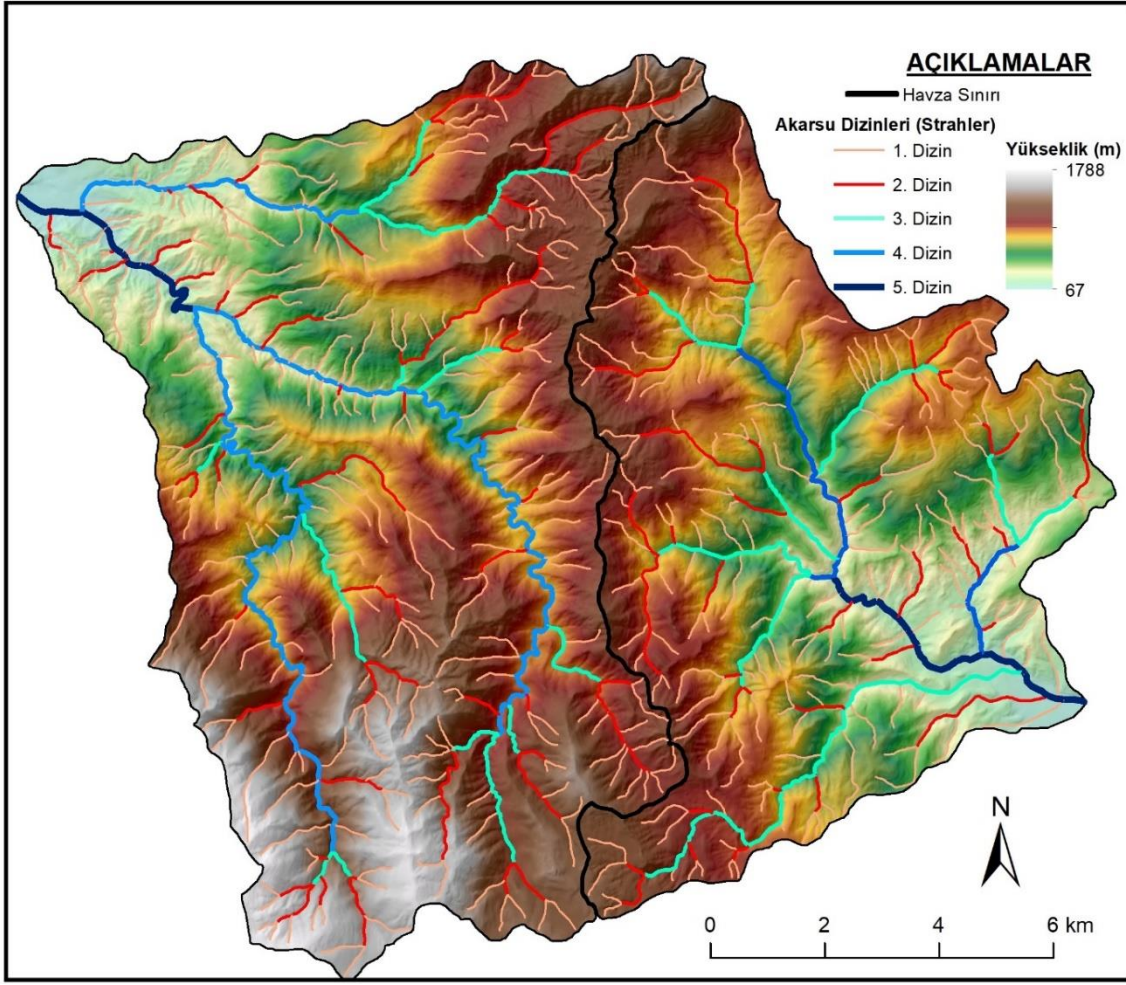
##### **4.1. Çizgisel Morfometrik Analizleri**

Çizgisel morfometrik analizler akarsu ve kolları, izohipsler gibi çizgi (line) olarak temsil edilen objeler temel alınarak yapılan analizleri oluşturmaktadır. Bu kapsamda çalışma alanındaki her iki havzada, akarsu ve kolları vektör veri formatında sayısallaştırıldıktan sonra sınıflandırılarak indislerde kullanılmıştır.

##### **4.1.1. Akarsu Dizini (Stream Order) (S)**

Akarsu dizini, akarsu ağını oluşturan segmentler arasındaki hiyerarşik ilişkiyi anlamak için kantitatif analizlerin ilk aşamasıdır. Akarsu derecelendirilmesi akarsuyun bölümleri arasındaki hiyerarşik ilişkiyi ortaya çıkarmak için yapılır ve drenaj havzalarının büyüklüklerine göre bir sınıflandırmanın yapılmasına olanak sağlar. Akarsu ve kollarının sınıflandırılması ilk kez Horton (1945) tarafından ortaya konulmuş ve daha sonra Strahler (1952) tarafından geliştirilmiştir. Strahler yönteminde, bir akarsu ağını oluşturan, yan kolu olmayan, ağın başlangıç segmentleri 1. dizin olarak sınıflandırılmaktadır. İki tane 1. dizin segmenti birleştiğinde birleşim noktasından itibaren 2. dizini, iki tane 2. dizin birleşince 3. dizini oluşturacak şekilde, akarsu ağının ağız konumuna kadar devam ederek sınıflandırma yapılmaktadır (Strahler, 1952). Bu sınıflandırmada daha küçük bir değere sahip dizin kendisinden büyük bir dizinle birleşince dizin değerinde bir değişme olmaz. Ancak iki eşdeğer dizin birleştiğinde dizin sıralamasında bir artış olmaktadır.

Çalışmada incelen her iki havzada yer alan akarsu ve kolları Strahler sınıflandırılmasına göre sınıflandırılmış ve Şekil 3'te verilmiştir. 1. dizin ile başlayan sınıflandırma her iki havzanın ağız kesimlerinde 5. dizini oluşturmuşlardır. Bu sınıflandırmada elde edilen dizin sayısı, uzunluğu gibi değerler, ilerleyen indislerde parametre olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3: Çalışma sahasındaki akarsu ve kollarının Strahler yöntemine göre sınıflandırılması.

#### 4.1.2. Akarsu Sayısı (Stream Number ) ( $N_u$ )

Akarsu segmentleri sınıflandırdıktan sonra her bir dizinde yer alan segment sayısı ve bunların da toplanarak bütün havzada toplam segment sayısı (Eşitlik 1), havzanın flüviyal süreci ve etkisiyle parçalanmışlık düzeyi hakkında temel bilgi vermektedir. Bunun yanında uzunlukları, yoğunlukları, kıvrımlılıkları, buldukları havzanın alansal ve rölyef özellikleri, havzaya göre konumu ve uzanışı vb. özellikleri birlikte değerlendirildiğinde daha anlamlı sonuçlar elde edilmektedir. Nitekim akarsu sayısı diğer bazı indislerde parametre olarak kullanılmaktadır.

$$N_u = N_1 + N_2 + \dots + N_n \quad (1)$$

(Formülde;  $N_u$ : Akarsu sayısını,  $N_1$ : 1. dizin akarsu segmenti,  $N_2$ : 2. dizin akarsu segmenti, ...,  $N_n$ : en yüksek değere sahip akarsu segmenti sayılarını ifade etmektedir.)

Akarsu sınıflandırılması sonucunda her bir havza için dizinlere göre ve havza genelinde toplam sayıları hesaplanmıştır (Tablo 1). Her iki havzanın ağız kesiminde en yüksek 5. dizin oluşmuştur. Tahtaköprü çayı havzasında toplam 225 adet akarsu segmenti, Zilli çayı havzasında ise toplam 316 akarsu segmenti olduğu sayılmıştır.

**Tablo 1:** Tahköprü çayı ve Zilli çayı havzalarında akarsu dizin sayıları.

Dizin No	Dizin Sayısı	
	Tahtaköprü Çayı	Zilli Çayı
1	171	243
2	41	57
3	9	12
4	3	3
5	1	1
<b>Toplam</b>	<b>225</b>	<b>316</b>

#### 4.1.3. Akarsu Uzunluğu (Stream Length) ( $L_u$ )

Akarsu uzunluğu, havzanın yüzeysel akışını ortaya koymak için kullanılan en önemli hidrolojik özelliklerinden biridir. Akarsu segment uzunlukları dizinlere göre gruplandırılarak toplam uzunlukları hesaplandıktan sonra havza geneli için bütün akarsu ağı uzunluğu hesaplanır (Eşitlik 2). Genellikle akarsu segmentlerinin toplam uzunluğu, dizinlere göre ilk dizinde en fazladır ve akarsu dizini arttıkça segmentlerin toplam uzunluğu düşmektedir.

$$L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_n \quad (2)$$

(Formülde;  $L_u$ : toplam akarsu uzunluğunu,  $L_1$ : toplam 1. dizin akarsu uzunluğunu,  $L_2$ : toplam 2. dizin akarsu uzunluğunu,.....,  $L_n$ : en yüksek değere sahip toplam akarsu uzunluğunu ifade etmektedir.)

Çalışma alanında yer alan Tahtaköprü çayı havzasında yaklaşık 198,5 km, Zilli çayı havzasında ise yaklaşık 273,6 km toplam uzunluklara sahip akarsu ağı hesaplanmıştır (Tablo 2).

**Tablo 2:** Tahköprü çayı ve Zilli çayı havzalarında akarsu dizin uzunlukları.

Dizin No	Dizin Uzunluğu (m)	
	Tahtaköprü Çayı	Zilli Çayı
1	122254,7	165066,7
2	35405,43	48876,81
3	27195,19	20342,32
4	7868,79	34691,5
5	5767,57	4582,39
<b>Toplam</b>	<b>198491,68</b>	<b>273559,72</b>

#### 4.1.4. Ortalama Akarsu Uzunluğu (Mean Stream Length) ( $L_{sm}$ )

Ortalama akarsu uzunluğu bir havzanın yüzey özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Arızalı bir yüzeye sahip havzalarda ortalama akarsu uzunluğu düşük çıkarken daha sade yüzeylere sahip havzalarda değer yüksek çıkmaktadır. Ortalama akarsu uzunluğu her bir dizin için ayrı ayrı hesaplanabildiği gibi bütün havza geneli için de hesaplanabilmektedir. Eşitlik 3'te görüldüğü gibi toplam akarsu uzunluğunun toplam akarsu sayısına bölünmesi ile hesaplanmaktadır.

$$L_{sm} = L_u / N_u \quad (3)$$

(Formülde;  $L_{sm}$ : Ortalama akarsu uzunluğunu,  $L_u$ : Toplam Akarsu Uzunluğunu,  $N_u$ : Toplam Dizin Sayısı ifade etmektedir.)

Havza genelinde ortalama akarsu uzunlukları itibariyle Tahtaköprü çayı havzasında 882,2 metre, Zilli çayı havzasında 865,7 metre çıkarak birbirine yakın değerler ortaya çıkmıştır (Tablo 3). Dizinelere göre değerlendirildiğinde 1., 2. ve 5. dizinlerde benzer değerler hesaplanmış 3. ve 4. dizinlerde ise farklılık görülmektedir. Özellikle 4. dizinde her iki havzada 3'er akarsu segmenti



bulunurken ortalama uzunlukları Zilli çayı havzasında 11.563,8 metre iken Tahtaköprü çayı havzasında 2622,9 metre hesaplanmıştır.

**Tablo 3:** Tahkörü çayı ve Zilli çayı havzalarında dizinlere ve havza geneline göre ortalama akarsu uzunlukları.

Dizin No	Ortalama Dizin Uzunluğu (m)	
	Tahtaköprü Çayı	Zilli Çayı
1	714,9	679,3
2	863,5	857,5
3	3021,7	1695,2
4	2622,9	11563,8
5	5767,6	4582,4
<b>Havza Ortalaması</b>	<b>882,2</b>	<b>865,7</b>

#### 4.1.5. Akarsu Uzunluk Oranı (River Length Ratio) ( $R_l$ )

Akarsu uzunluk oranı bir havzadaki suyun toplanma ve ana akarsuya ulaşma süresi hakkında bilgi verir. Bu veriye dayanarak taşkın riski ile ilgili değerlendirmede bulunulabilir (Özdemir, 2011; Karataş, 2017). Bu indiste her bir dizinde bulunan akarsu segmentlerin toplam uzunlukları ya da ortalama uzunluklarının bir üst dizindeki toplam ya da ortalama uzunluklarına bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Eşitlik 4). Ortalama uzunluklarının kullanılması daha doğru sonuç vermektedir. Bir havzada yan kolların dahil olmuş olduğu akarsu koluna oranıdır. Değerin yüksek çıkması her dizin için yan kolların ortalama uzunlukları dahil olduğu segmentten daha uzun olduğunu ifade eder ki bu durumda havza genelinde suyun toplanması ve ana akarsuya ulaşması daha uzun süre alacağını göstermektedir. Bu tür havzalarda taşkın riskinin daha düşük olacağı sonucu çıkarılabilir.

$$R_l = L_u / L_{u+1} \quad (4)$$

(Formülde;  $R_l$ : Akarsu uzunluk oranını,  $L_u$  = Dizin toplam veya ortalama uzunluğunu,  $L_{u+1}$  = Bir üst dizin toplam veya ortalama uzunluğunu ifade etmektedir.)

Çalışmada her iki havza için Strahler sınıflandırması sonucu elde edilen dizinlerin ortalama uzunlukları oranlanarak hesaplanmış ve Tablo 4'te verilmiştir. Tahtaköprü çayı havzasında 0,68, Zilli çayı havzasında ise 0,99 değerleri elde edilmiştir. Birbirine yakın ve genel anlamda düşük değerler ortaya çıktığı, buna bağlı olarak her iki havzada taşkın riskinin bu faktöre bağlı olarak düşük olacağı, kıyaslamak gerekirse Tahtaköprü çayı havzasında kısmen daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Tablo 4:** Tahkörü çayı ve Zilli çayı havzalarında akarsu uzunluk oranları.

	Akarsu Uzunluk Oranı	
	Tahtaköprü Çayı	Zilli Çayı
I/II	0,83	0,79
II/III	0,29	0,51
III/IV	1,15	0,15
IV/V	0,45	2,52
<b>Ortalama</b>	<b>0,68</b>	<b>0,99</b>

#### 4.1.6. Çatallanma Oranı (Bifurcation Ratio) ( $R_b$ )

Çatallanma oranı bir havzadaki akarsu dizin sayılarının bir üst dizin sayısına bölünmesi ile hesaplanır (Strahler, 1952) (Eşitlik 5). Havza geneli için ise elde edilen değerlerin ortalaması alınır. Bu indis değeri bir havzadaki topoğrafyanın parçalanmışlık düzeyini verir ki bu durum

klimatik faktörlerin yanında litolojik yapı ve arazinin topoğrafya özellikleri ile yakın ilişki içindedir. Özdemir (2011) bu indis sonucunu sabit bir değere göre yorumlamanın doğru olmayacağını, farklı havzaların karşılaştırılmasında göreceli değerlendirilmesinde kullanılmasının doğru olacağını ifade etmektedir.

$$R_b = N_u / N_{u+1} \quad (5)$$

(Formülde;  $R_b$ : Çatallanma oranını,  $N_u$ : dizin sayısını,  $N_{u+1}$ : Bir Sonraki Dizin Sayısını ifade eder.)

Çalışmada incelenen her iki havza için bu indis değerli hesaplanmış ve Tablo 5'te verilmiştir. Sırasıyla Tahtaköprü çayı havzasında 3,68, Zilli çayı havzasında 4 ortalama değerleri hesaplanmış ve her iki havzada birbirine yakın değerler elde edildiği görülmektedir.

**Tablo 5: Tahköprü çayı ve Zilli çayı havzalarında çatallanma oranları.**

	Çatallanma Oranı	
	Tahtaköprü Çayı	Zilli Çayı
I/II	4,17	4,26
II/III	4,56	4,75
III/IV	3,00	4,00
IV/V	3,00	3,00
<b>Ortalama</b>	<b>3,68</b>	<b>4,00</b>

#### 4.1.7. Yüzeysel Akış Uzunluğu (Length of Overland Flow) ( $L_g$ )

Yüzeysel akış uzunluğu bir havzaya düşen yağışlardan sonra suyun bir kanala ulaşmadan önce yüzeyde akış gösterdiği durumu ifade eder (Horton, 1945) ve seyelan olarak tanımlanır (Hoşgören, 2011). Bir havzada meydana gelecek erozyon ile ilgili bilgi veren bu indis değeri genellikle dairesel bir şekle sahip ve yamaç eğimlerinin düşük olduğu havzalarda yüksek çıkmaktadır (Özdemir, 2011). İndis havza alanının toplam akarsu uzunluğuna ya da drenaj yoğunluğuna bölünerek hesaplanmaktadır. Değerin yüksek çıkması birim alana düşen akarsu kanalının az olduğunu dolayısıyla düşen yağış ile birlikte suyun kanala ulaşması fazla mesafe ve süre alacağını gösterir ki bu seyelan yani yüzeysel akışın artacağını gösterir. Çalışma alanında havza alanının toplam akarsu uzunluğunun iki katına bölünerek (Eşitlik 6) her iki havza için indis değeri hesaplanmıştır. Tahtaköprü çayı havzası için 0,20 ve Zilli çayı havzası için ise 0,22 değerleri hesaplanmış ve her iki havzanın yakın değerlere sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 6).

$$L_g = A / 2 * L_u \quad (6)$$

(Formülde;  $L_g$ : Yüzeysel akış uzunluğunu,  $A$ : Havza alanını,  $L_u$ : Toplam Akarsu uzunluğunu ifade etmektedir.)

**Tablo 6: Tahköprü çayı ve Zilli çayı havzalarında yüzeysel akış uzunluğu.**

Yüzeysel Akış Uzunluğu	
Tahtaköprü Çayı	Zilli Çayı
0,20	0,22

#### 4.1.8. Akarsu Kıvrımlılık Değeri (River Sinuosity Index) ( $R_{si}$ )

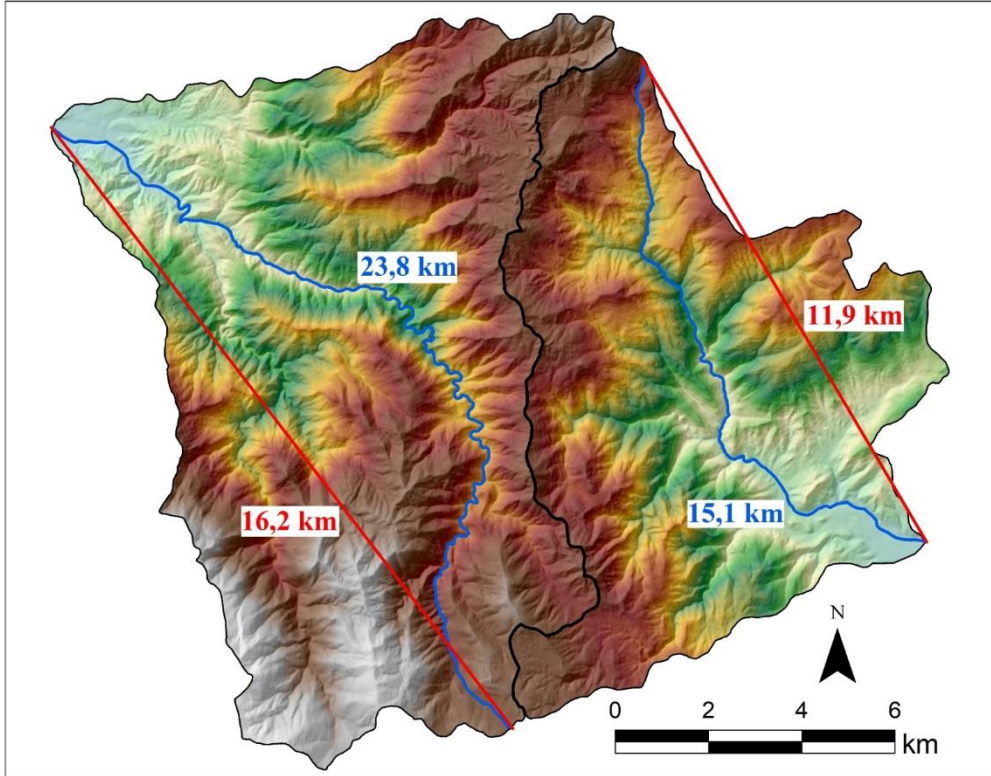
Bir havzada ana akarsuyun kaynaktan ağıza kadar olan uzanış şekli, havzanın şekli, topoğrafya özellikleri, tektonik hareketler ve eğim özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Herhangi bir etki olmazsa eğim doğrultusunda düz ya da düze yakın bir çizgi şeklinde olması beklenir ancak arazide bu şekilde bir akarsuya rastlamak mümkün değildir. Tektonik hareketlere bağlı olarak yön değiştirme, eğim değerlerinde düşmeler ile mendereslenme, litolojik farklılıklardan ve yapısal özelliklerden dolayı akarsu yatağında meydana gelen kayma, heyelan gibi kütle hareketleri ile akarsu yatağının uzanışında meydana gelen değişimler, antropojenik

faktörler ile müdahaleler gibi sebeplerden dolayı akarsu yataklarının uzanışından kıvrımlanmalar oluşmaktadır. Akarsu kıvrımlılık değeri akarsuyun yatak uzunluğunun, kaynak noktasından ağız noktasına kadar olan kuş uçuşu uzunluğa bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Eşitlik 7). İndis değeri 1'in üzerinde çıkar, 1'e yaklaştıkça akarsu yatağının düz bir şekle sahip olduğunu, 1'den uzaklaştıkça kıvrımlılığın arttığını gösterir.

$$R_{si} = L_m / L_d \quad (7)$$

(Formülde;  $R_{si}$ : Akarsu kıvrımlılık değerini,  $L_m$ : Ana akarsu yatağı uzunluğunu,  $L_d$ : Ana akarsuyun ağız ile kaynak arasındaki kuş uçuşu mesafesini ifade eder.)

Çalışma sahasında; Zilli çayının kanal uzunluğu 23,8 km, kuş uçuşu mesafe 16,2 km iken Tahtaköprü çayının kanal uzunluğu 15,1 km, kuş uçuşu mesafe ise 11,9 km olarak hesaplanmıştır (Şekil 4). Kıvrımlılık değerleri, Zilli çayında 1,46, Tahtaköprü çayında ise 1,26 olarak ortaya çıkmıştır (Tablo 7). Zilli çayının Tahtaköprü çayına göre kısmen daha kıvrımlı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4: Tahtaköprü çayı ve Zilli çayının uzunluk değerleri.

Tablo 7: Tahtaköprü çayı ve Zilli çayının kıvrımlılık değerleri.

Kıvrımlılık değeri	
Tahtaköprü Çayı	Zilli Çayı
1,26	1,46

#### 4.2. Alansal Morfometrik Özellikler

Alansal indisler bir havzanın iki boyutlu özellikleri üzerinden hesaplanan alan ve çevre parametreleri kullanılarak havzaların şekil özellikleri ve çizgisel parametreler ile ilişkilerini ele almaktadır. Bu kapsamda, çalışmada incelenen her iki havza için alan ve çevre değerleri ölçülmüş

ve daha önce hesaplanan bazı çizgisellik indis sonuçları ile birlikte kullanılarak amaca uygun alansal bazı indisler hesaplanmıştır.

#### 4.2.1. Havza Alanı (A) ve Havza Çevresi (P)

Alan ve çevre değerleri bir havzanın genel boyutu ve şekli ile ilgili temel bilgi verirken diğer alansal indislerin hesaplanmasında da parametre olarak kullanılmaktadır. Çalışma alanında yer alan Tahtaköprü çayı havzası 80,7 km<sup>2</sup> alana sahip ve çevresi 48,7 km'dir. Zilli çayı havzası ise 117,7 km<sup>2</sup> alana ve 57,4 km çevre uzunluğuna sahiptir (Tablo 8).

**Tablo 8:** Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının alan ve çevre değerleri.

	Alan (km <sup>2</sup> )	Çevre (km)
Tahtaköprü Çayı	80,7	48,7
Zilli Çayı	117,7	57,4

#### 4.2.2. Dairesellik Oranı (Circularity Ratio) (R<sub>c</sub>)

Bir havzanın şekli üzerinde tektonizma ve yapısal özellikler etkilidir ve dairesellik oranı havzanın yapısal açıdan ne derecede denetlendiği konusunda bilgi vermektedir (Mahadevashwamy vd., 2011: 730; NIH, 1998:14). Dairesellik oranı bir havzanın sahip olduğu alanın, aynı çevre uzunluğuna sahip bir dairenin alanına bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Miller, 1953) (Eşitlik 8). İndis sonucunda 0 ile 1 arasında değer elde edilir ki, 1 yaklaştıkça dairesellik artar. Çalışmada Tahtaköprü çayı havzası için 0,43 ve Zilli çayı havzası için ise 0,45 değerleri elde edilmiştir (Tablo 9). Dairesellik açısından her iki havzanın birbirine yakın ve benzer olduğu anlaşılmaktadır.

$$R_c = 4\pi A / P^2 \quad (8)$$

(Formülde; R<sub>c</sub>: Dairesellik oranını, A: Havza alanını, P: Havza çevresini, π: pi sayısını (3.14 olarak alınmıştır) ifade etmektedir.)

**Tablo 9:** Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının dairesellik oranları.

Dairesellik Oranı	
Tahtaköprü Çayı	Zilli Çayı
0,43	0,45

#### 4.2.2. Drenaj Yoğunluğu (Drainage Density) (D<sub>d</sub>)

Drenaj yoğunluğu, bir havzaya düşen yağışların akarsu kanalları yani çizgisel akış ile ne derecede drene edildiğini ortaya koymaktadır. Havzanın litolojik ve topoğrafik yapısı, geçirgenlik durumu, bitki örtüsü özellikleri, iklimik faktörler gibi özellikler drenaj yapısını ve yoğunluğunu etkilemekte (Reddy vd., 2004; Baker vd., 1988; Verstappen, 1983), dolayısıyla bu indis ile edilen sonuç havza ile ilgili bu faktörler bağlamında bilgi vermektedir. Drenaj yoğunluğu havzada yer alan toplam akarsu uzunluğunun havza alanına bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Horton, 1932) (Eşitlik 9).

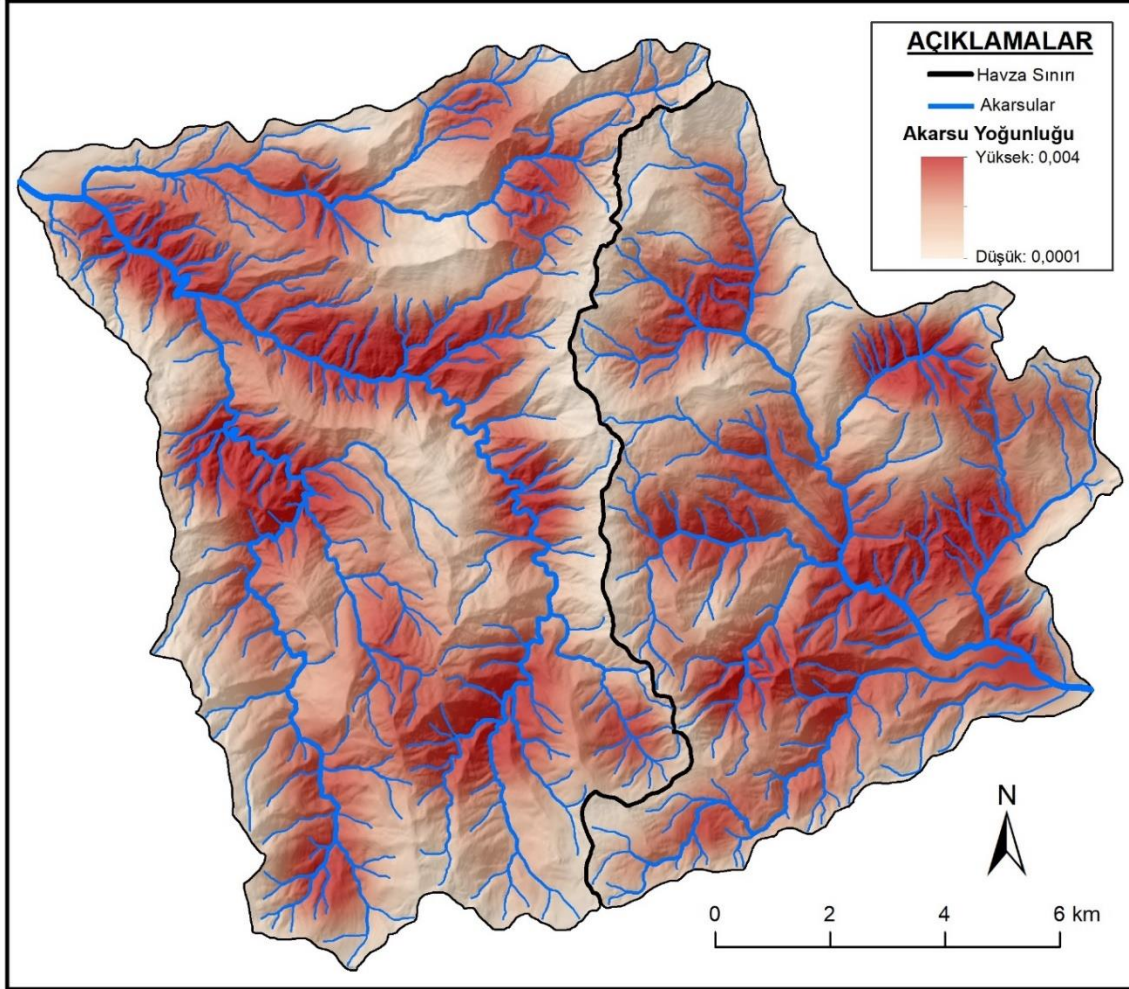
$$D_d = L_u / A \quad (9)$$

(Formülde; D<sub>d</sub>: Drenaj Yoğunluğunu, L<sub>u</sub>: Toplam akarsu uzunluğunu, A: Havza alanını ifade etmektedir.)

Çalışmada her iki havza için drenaj yoğunlukları hesaplanmış, Tahtaköprü çayı havzası için 2,46, Zilli çayı havzası için ise 2,32 değerleri elde edilmiştir (Tablo 10). Havza geneli için birbirine yakın değerlere sahip drenaj yoğunluğunun havzalarda mekânsal değişimi için Şekil 5'te verilen drenaj yoğunluk haritası üretilmiştir.

**Tablo 10:** Tahköprü çayı ve Zilli çayı havzalarında drenaj yoğunlukları.

	Akarsu Uzunluğu (km)	Havza Alanı (km <sup>2</sup> )	Drenaj Yoğunluğu
Tahtaköprü Çayı	198,5	80,7	2,46
Zilli Çayı	273,6	117,7	2,32

**Şekil 5:** Tahköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının drenaj yoğunluk haritası.**4.2.4. Akarsu Sıklığı (Stream Frequency) ( $F_s$ )**

Akarsu sıklığı drenaj yoğunluğuna benzer bir indistir. Akarsu dizin sayısının havza alanına bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Eşitlik 10) ve birim alana düşen dizin sayısını vermektedir. Geçirgen litolojik birimlerin bulunduğu, alçak rölyef özelliklerine sahip ve yoğun bitki örtüsünün hâkim olduğu havzalarda düşük; geçirgen olmayan zemin özellikleri, yüksek rölyef ve seyrek bitki örtüsünün olduğu havzalarda yüksek değerler çıkmaktadır (Özdemir, 2011). Çalışmada ele alınan her iki havzada akarsu sıklığı değerleri birbirine yakın çıkmıştır (Tablo 11).

$$F_s = N_u / A \quad (10)$$

(Formülde;  $F_s$ : Akarsu yoğunluğunu,  $N_u$ : toplam akarsu dizin sayısını,  $A$ : Havza alanını ifade etmektedir.)

**Tablo 11:** Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarında akarsu sıklıkları.

	Akarsu Sayısı	Havza Alanı (km <sup>2</sup> )	Akarsu Sıklığı
Tahtaköprü Çayı	225,0	80,7	2,79
Zilli Çayı	316,0	117,7	2,68

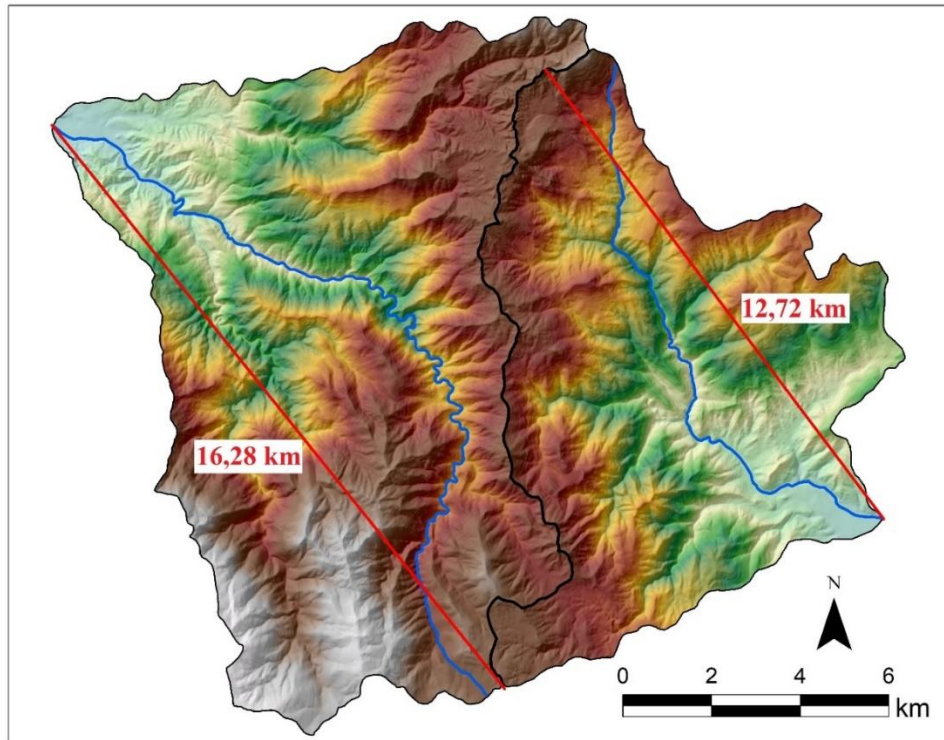
#### 4.2.5. Biçim Faktörü Oranı (Form Factor) (R<sub>f</sub>)

Biçim faktörü bir havzanın uzunlamasına ya da dairesel bir şekil özelliğine sahip olduğunu ortaya koyar. Havzaların bu özelliği, suların havza alanının farklı kesimlerinde ne şekilde ve sürede drene olacağı hakkında bilgi verir. Nitekim dairesel havzalarda değer yüksek çıkar ve ana akarsu kolu kısa yan kollar ise uzun olacağından havzadaki suların ana akarsuya ulaşmaları daha fazla süre alır ancak ana akarsuya ulaştıktan sonra daha kısa sürede akım değeri daha hızlı artacaktır. Uzunlamasına bir şekle sahip havzalarda ise yan kollar kısa ana akarsu uzun olacağından ana akarsuya ulaşma süresi kısa ancak ana akarsuyun akım miktarındaki artış daha fazla zaman alacaktır (Biswas vd., 1999; Reddy vd., 2004, Özdemir, 2011). Dairesel özelliği sahip ya da yakın olan havzalarda ana akarsu üzerinde taşkın riskinin daha fazla olacağı ortaya çıkmaktadır.

Biçim faktörü havza alanının maksimum havza uzunluğunun karesine bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Horton, 1932) (Eşitlik 11). Çalışma alanında, Tahtaköprü çayı havzasının uzunluk değeri 12,72 km ve Zilli çayının uzunluk değeri 16,28 km olarak (Şekil 6) hesaplanmış ve biçim faktörü olarak sırasıyla 0,50 ve 0,44 değerleri elde edilmiştir (Tablo 12). Birbirine yakın değerler çıkan her iki havzanın da yarı dairesel bir özelliğe sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

$$R_f = A / L_b^2 \quad (11)$$

(Formülde; R<sub>f</sub>: Biçim faktörünü, A: Havza alanını, L<sub>b</sub><sup>2</sup>:Havza uzunluğunun karesini ifade etmektedir.)



**Şekil 6:** Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının uzunluk değerleri.

**Tablo 12:** Tahköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının biçim faktörü oranları.

	Havza Alanı	Havza Uzunluğu	Biçim Faktörü oranı
Tahtaköprü Çayı	80,7	12,72	0,50
Zilli Çayı	117,7	16,28	0,44

#### 4.2.6. Uzunluk Oranı (Elongation Ratio) ( $R_e$ )

Uzunluk oranı havzanın şekliyle ilgili bilgi veren diğer bir indis olup havzayla aynı alana sahip bir dairenin çapıyla havzanın maksimum uzunluğu arasındaki oranla elde edilir (Schum, 1956) (Eşitlik). Tam daire şeklinde olan bir havzada bu değer 1 çıkar ve havzanın ovalleşmesi artıka değer 1'den uzaklaşarak 0'a yaklaşır. Uzunluk oranları Tahtaköprü çayı havzasında 0,8 Zilli çayı havzasında ise 0,75 olarak hesaplanmıştır (Tablo 13). Birbirine yakın uzunluk oranına sahip her iki havzanın da yarı dairesel bir özelliğe sahip olduğu bu indis sonucunda da ortaya çıkmaktadır.

$$R_e: 2 / L_b * (A / \pi)^{0.5} \quad (12)$$

(Formülde;  $R_e$ : Uzunluk oranını,  $L_b$ : Havza uzunluğunu,  $A$ : Havza alanını  $\pi$ : Pi sayısını (3,14 olarak alınmış) ifade etmektedir.)

**Tablo 13:** Tahköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının uzunluk oranları.

	Havza Alanı (km <sup>2</sup> )	Havza Uzunluğu (km)	Uzunluk Oranı
Tahtaköprü Çayı	80,7	12,72	0,80
Zilli Çayı	117,7	16,28	0,75

#### 4.3. Yüzeysel (Rölyef) Morfometrik Parametreler

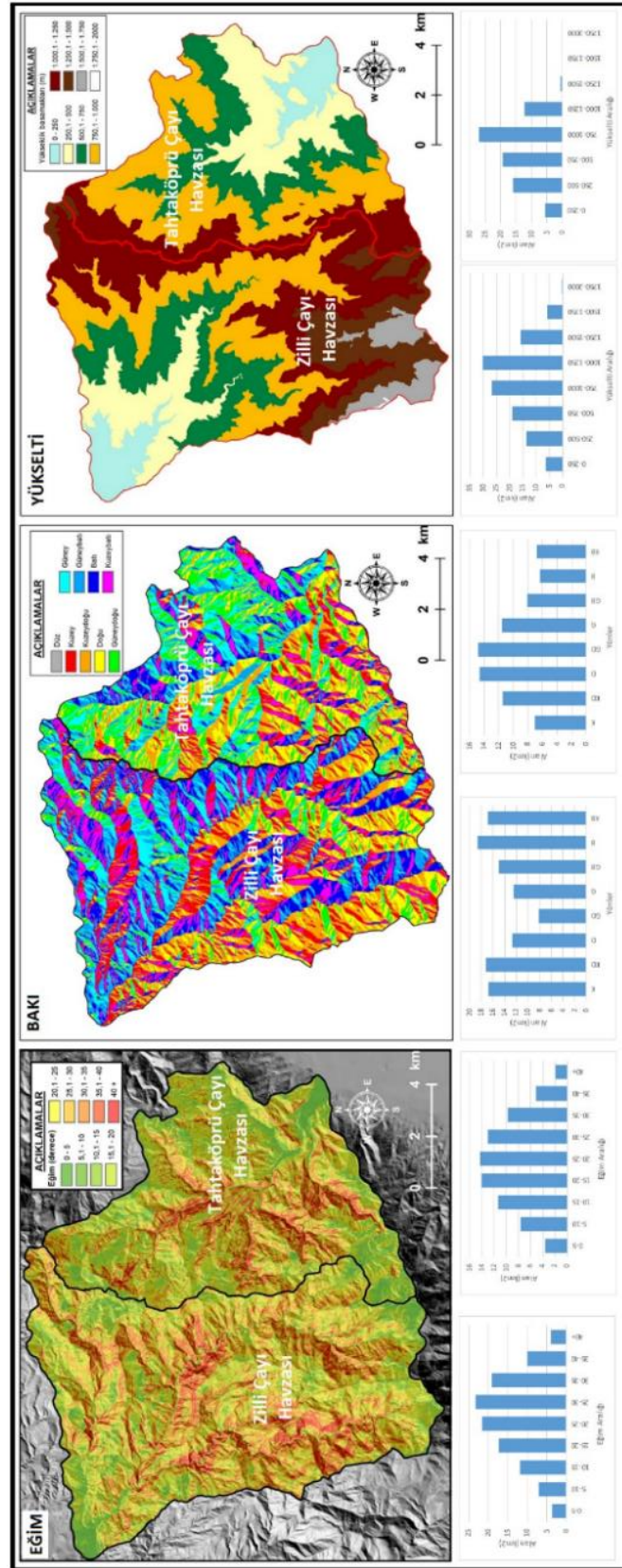
Yüzeysel morfometrik analizleri, yükseltinin de ele alınarak yapıldığı, çizgisel ve alansal parametreler ile ilişkilendirildiği hesapları kapsamaktadır.

##### 4.3.1. Eğim, Bakı ve Yükselti Özellikleri

Eğim ve bakı özellikleri bir havzanın tektonik serüveni ve dış kuvvetlerin, özellikle flüvyal süreçlerin, meydana getirdiği faaliyetler hakkında bilgi vermektedir. Yükselti, bu süreçler sonucunda şekillendiği gibi aynı zamanda bu süreçleri tetikleyen ve şekillendiren bir faktör de olmaktadır. Ayrıca eğim, bakı ve yükselti özellikleri bir havzada; sıcaklık, yağış, bitki örtüsü, kütle hareketleri, güneşlenme süresi, yüzeysel akış ve sızma dengesi, toprak türü ve kalınlığı gibi birçok özelliği direkt etkilemekte ve belirlemektedir.

Çalışma alanında incelenen her iki havzanın eğim, bakı ve yükselti özellikleri hesaplanmış ve Şekil 7'de verilmiştir. Eğim açısından her iki havzada normal dağılıma benzer bir görüntü ortaya çıkmış ve özellikle 20-30° eğime sahip alanların yoğun olduğu ortaya çıkmaktadır. Mekânsal dağılım itibarıyla her iki havzadaki ana akarsuların ağız kesimlerinde vadi tabanlarında eğim değerleri düşük akarsu segmentlerinin her iki tarafında yer alan yamaçlarda eğim değerleri yüksek olduğu görülmektedir. Bakı faktörü açısından Amanos dağlarının farklı yamaçlarında yer almaları sebebiyle zıt bir durum ortaya çıkmıştır. Kuzeybatı yamaçta yer alan Zilli çayı havzasında batı, kuzeybatı ve kuzey bakısının hâkim olduğu, güneydoğu yamaçta yer alan Tahtaköprü çayı havzasında ise güney, güneydoğu ve doğu bakısının hâkim olduğu görülmektedir. Yükselti özellikleri incelendiğinde Zilli çayı havzası, 68 metre ile 1788 metre arasında değerlere sahipken, Tahtaköprü çayı havzası 109-1393 metre yükselti değerleri arasında yer almaktadır. Amanos dağlarının zirve kuşağında geçen su bölümü çizgisi ile birbirinden ayrılmalarına rağmen yanında Zilli çayı havzasında yükseltinin fazla olmasının sebebi Tahtaköprü çayı havzası ile sınırı olmayan güneybatı kesiminde yer alan yüksek değere sahip tepelerdir. Yükseltiye göre alansal dağılımları itibarıyla Zilli çayı havzasının büyük kesimi 500-1500 metre aralığında yer alırken Tahtaköprü çayı havzasında 250-1250 metreler arasında yükseltiye sahip alanlar havzanın büyük kısmını oluşturmaktadır. Yükselti açısından Tahtaköprü çayı havzası nispeten daha alçak irtifaya sahip olduğu görülmektedir.

Tahtaköprü ve Zilli Çayları Havzalarının Karşılaştırmalı Jeomorfo-metrik Analizi



Şekil 7: Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının eğim, baki ve yükselti özellikleri.



#### 4.3.2. Havza Rölyefi (Basin Relief) (H)

Havza rölyefi Strahler(1957) tarafından bir havzanın en yüksek noktası ile vadi tabanından en düşük noktası arasındaki yükseklik farkı olarak tanımlanmış ve eşitlik 13 formülü ile hesaplanmaktadır.

$$H = Z - z \quad (13)$$

(Formülde; H: Havzanın rölyefini, Z: Havzanın maksimum yükselti değerini, z: Havzanın minimum yükselti değerini ifade etmektedir.)

Çalışma alanında Tahtaköprü çayı havzasının rölyef değeri 1283,7, Zilli çayı havzasının rölyef değeri 1720,5 olarak hesaplanmıştır (Tablo 14). Zilli çayı havzasında bu değer yüksek çıkmasının sebebi daha önce belirtildiği üzere iki havza arasında sınır olmayan güneybatı kesiminden yüksek değere sahip tepelerden kaynaklanmaktadır.

**Tablo 14:** Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının rölyef değerleri.

	Maksimum Yükselti	Minimum Yükselti	Havza Rölyefi
Tahtaköprü Çayı	1393	109,3	1283,7
Zilli Çayı	1788	67,5	1720,5

#### 4.3.3. Rölyef Oranı (Relief Ratio) (R<sub>n</sub>)

Rölyef oranı, bir havzadaki rölyef değerinin, yani en yüksek nokta ile en alçak nokta arasındaki farkın, havza maksimum uzunluğuna oranını ifade etmektedir (Schumm, 1956). Yükselti farkının fazla olduğu havzalarda bu değer yüksek çıkmaktadır. Dolayısıyla bu sahalarda erozyon, kütle hareketleri potansiyelinin yüksek, yüzeysel akış hızının fazla olacağından ana akarsu üzerinde taşkın riskin yüksek olacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. Rölyef oranı eşitlik 14'te belirtilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$R_n = H / L_b \quad (14)$$

(Formülde; R<sub>n</sub>: Rölyef oranını, H: Havzanın rölyef değerini, L<sub>b</sub>: Havza uzunluğunu ifade etmektedir.)

İncelenen her iki havzada birbirine çok yakın ve genel itibarıyla düşük rölyef oranı değerleri hesaplanmıştır (Tablo 15).

**Tablo 15:** Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının rölyef oranları.

	Havza Rölyefi	Havza Uzunluğu	Rölyef Oranı
Tahtaköprü Çayı	1283,7	12720	0,10
Zilli Çayı	1720,5	16280	0,11

#### 4.3.4. Engebellelik Değeri (Ruggedness Index) (R<sub>n</sub>)

Havza rölyefi ve drenaj yoğunluğunun çarpımı ile ifade edilir (Melton, 1957) (Eşitlik 15). Özdemir (2011) yarıma düzeyi yüksek olan havzalarda alçak rölyef özellikleri, yarıma düzeyi daha düşük olan engebelle havzalarda ise yüksek rölyef özelliklerinin görüldüğünü ve drenaj havzasının engebellelik değeri arttıkça havzalardaki yüksek akımlarda ve erozyon faaliyetlerinde artış meydana geleceğini ifade etmiştir. Engebellelik değeri yüksek olan sahalarda sel potansiyeli ve riski artmaktadır.

$$R_n = H * D_d \quad (15)$$

(Formülde; R<sub>n</sub>: Engebellelik değerini, H: Havza rölyef değerini (km), D<sub>d</sub>: Drenaj yoğunluğunu (km/km<sup>2</sup>) ifade etmektedir.)

Çalışmada, Tahtaköprü çayı havzasında engebellelik değeri 3,16, Zilli çayı havzasında ise 4 olarak hesaplanmıştır (Tablo 16)

**Tablo 16:** Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının engebelilik değerleri.

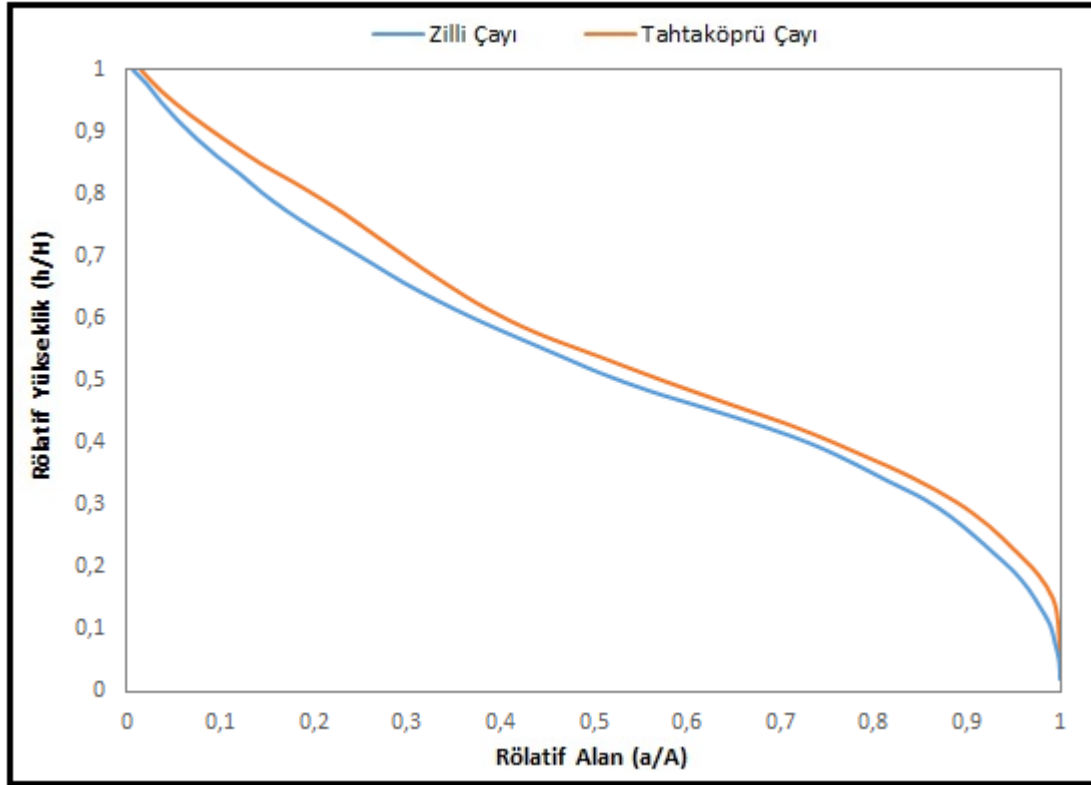
	Havza Rölyefi (km)	Drenaj Yoğunluğu	Engelbelilik değeri
Tahtaköprü Çayı	1,2837	2,46	3,16
Zilli Çayı	1,7205	2,32	4,00

#### 4.3.5. Hipsometrik Eğri (Hypsometric Curve) ( $H_c$ )

Hipsometrik eğri, bir havzadaki rölatif yükseklik ile rölatif alan dağılımının bir grafikte gösterilmesi ile elde edilir (Strahler, 1952) (Eşitlik 16) ve ortaya çıkan eğrinin konkav veya konveks olması sahanın tektonizma açısından yaşını, sahadaki akarsuların akım gücünü ve dolayısıyla meydana gelebilecek taşkın ve seller hakkında fikir vermektedir (Özdemir, 2011). Çalışma alanındaki Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının hipsometrik eğrileri aynı grafikte karşılaştırılarak Şekil 8’de verilmiştir. Her iki havzanın bu eğrileri birbirine yakın seyrettiği görülmektedir.

$$H_c = h/H \text{ \& } a/A \quad (16)$$

(Formülde;  $H_c$ : Hipsometrik eğriyi,  $h$ : İlgili yükselti seviyesine ait yükselti değerini (m),  $H$ : Havzanın en yüksek noktasına ait değeri (m)  $a$ : İlgili yükselti seviyesine ait yüzölçümü alanını ( $m^2$ ),  $A$ : Havzanın toplam yüzölçümü alanını ( $m^2$ ) ifade etmektedir.)



**Şekil 8:** Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının hipsometrik eğrileri.

#### 4.3.6. Hipsometrik İntegral (Hypsometric Integral) ( $H_i$ )

Hipsometrik integral değeri bir havzanın tektonik gelişimi ilgili bilgi vermekte ve hipsometrik eğrinin altında kalan toplam alana karşılık gelmektedir (Keller ve Pinter, 2002). İndis sonucunda 0 ile 1 arasında bir sonuç elde edilir ki bu değer 1’ya yaklaştıkça havzanın genç ya da gençleştiğini gösterir, değer 0’a yaklaştıkça havzanın yaşlı olduğunu ifade etmektedir. Hipsometrik integral havzanın ortalama yükseltisi ile minimum yükselti farkının, maksimum yükselti ile minimum

yükselti farkına bölünmesi ile elde edilmektedir (Eşitlik 17). Çalışma alanında her iki havzada birbirine yakın değerler hesaplanmış (Tablo 17) ve her iki havzanın olgunluk döneminde olduğu sonucuna varılmıştır.

$$H_i = H_m - H_{\min} / H_{\max} - H_{\min} \quad (17)$$

(Formülde;  $H_i$ : Hipsometrik integrali,  $H_m$ : Havza ortalama yüksekliğini,  $H_{\min}$ : Havza minimum yüksekliğini,  $H_{\max}$ : Havza maksimum yüksekliğini ifade etmektedir.)

**Tablo 17: Tahköprü çayı ve Zilli çayı havzalarının hipsometrik integral değerleri.**

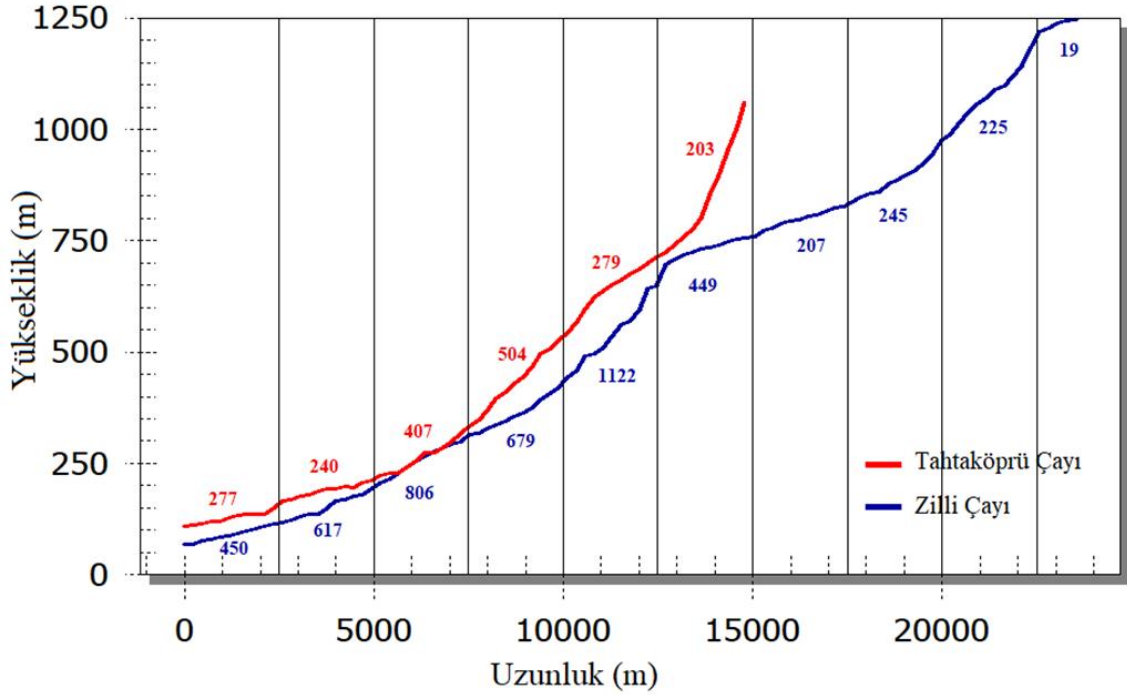
	Hipsometrik integral
Tahtaköprü Çayı	0,47
Zilli Çayı	0,49

#### 4.3.7. Akarsu-Uzunluk Gradyan İndeksi (Stream-Length Gradient Index) (SL)

Akarsu Uzunluk - Gradyan İndeksi akarsu kanalının farklı konumlarındaki gücünü yani aşındırma ve taşıma kapasitesi ile ilgili bilgi vermektedir. Bu durum üzerinde, iklimik faktörlerin yanında akarsuyun yaşı (dönemi), akarsu kanalının yerleştiği litolojik özellikler ve dirençliliği, topoğrafyanın şekli ve eğim durumu, akarsu kanalı boyunca meydana gelen tektonik aktiviteler gibi özellikler etkilidir. (Keller ve Pinter, 2002; Erginal ve Cürebal, 2007; Sarp vd., 2011). Tahtaköprü ve Zilli çaylarının boyuna profilleri ve 2,5 km aralıklar ile hesaplanan SL değerleri Şekil 9'da verilmiştir. Uzunlukları birbirinden farklı olan bu akarsuların kaynak kesimleri hariç profilleri birbirine benzediği görülmektedir. SL indeks değerleri uzunluklarına bağlı olarak birbirinden farklı değerler almakla birlikte her iki akarsuyun orta çığırında eğimin arttığı ve en yüksek değerlerin bu kesimde ortaya çıktığı, ağız kesimlerin oranlı olarak değerlerin birbirine benzediği görülmektedir. Kaynak kesimlerinde ise farklı bir durum ortaya çıkmakta tahta köprü çayında yüksek eğimli bir sahadan doğup yüksek SL değeri aldığı, bu karşın Zilli çayı ise nispeten daha az eğime sahip bir sahada doğduğu ve daha düşük SL değeri aldığı tespit edilmiştir.

$$SL=(\Delta H/\Delta L)L \quad (18)$$

(Formülde;  $SL$ : Akarsu boy-gradyan indeks değerini,  $\Delta H$ : Akarsu kanalının yükseklik değişimini,  $\Delta L$ : akarsu segmentinin uzunluğunu,  $L$ : İndeks hesaplama noktası ile akarsu kaynak yükseltisi arasındaki mesafesini ifade eder.)



Şekil 9: Tahtaköprü ve Zilli çaylarının Akarsu-Uzunluk Gradyan İndeksi (SL) değerleri.

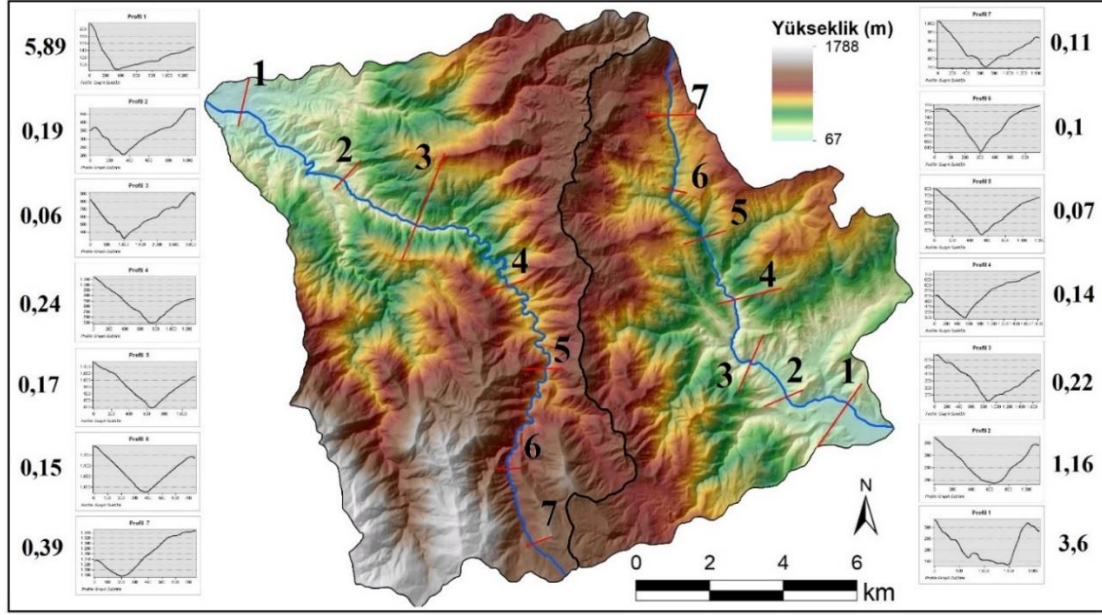
#### 4.3.8. Vadi Tabanı Genişliği-Vadi Yüksekliği Oranı (Valley Floor Width-Valley Height Ratio) ( $V_f$ )

Vadi Tabanı Genişliği-Vadi Yüksekliği Oranı bir sahada tektonizmanın yamaç profili üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Düşük  $V_f$  değerleri, sahanın tektonik açıdan yükselmeye bağlı olarak akarsu ve kollarının derine aşındırma eğilimlerinin güçlü olduğunu göstermektedir. Çalışma alanında hesaplanan  $V_f$  değerlerinin ortalaması ya da tamamı 1'in altında çıkması sahanın topyekûn yükselmeye maruz kaldığına işaret etmektedir (Cürebal ve Erginal, 2007).  $V_f$  değeri eşitlik 19'da verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$V_f = 2V_{fw} / [(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})] \quad (19)$$

(Formülde;  $V_f$ : Vadi tabanı genişliği-vadi yüksekliği oranını,  $V_{fw}$ : Vadi tabanı genişliğini,  $E_{ld}$ : Sol vadi kesimi yüksekliğini,  $E_{rd}$ : Sağ vadi kesimi yüksekliğini,  $E_{sc}$ : Vadi tabanı yüksekliğini ifade etmektedir.)

Çalışma sahasında, Tahtaköprü çayı ve Zilli çayı ana vadilerinde periyodik olarak 7'şer konumda enine profiller alınarak  $V_f$  değerleri hesaplanmış ve Şekil 10'da verilmiştir. Her iki kanalın ovalara ulaşan ağız kesimleri dışındaki bütün değerler 1'in altında çıkmış dolayısıyla her iki havzayı kapsayan çalışma sahasının topyekûn bir yükselme eğiliminde olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 10: Tahrköprü çayı ve Zilli çayı kanalları üzerinde alınan enine profiller ve hesaplanan  $V_f$  değerleri.

## 5. SONUÇ

Çalışmada Güney Amanos dağlarının kuzey kesiminde, farklı yamaçlarında yer alan komşu iki havzada morfometrik analizler yürütülerek karşılaştırılmıştır. Çalışmanın temel amacı olan Amanos dağlarının farklı yamaçlarında morfolojik, iklimik ve tektonik faktörlere bağlı olarak oluşum ve gelişimi etkileyen faktörlerde farklılık ya da benzerlik olduğunu ortaya koymak için amaca uygun morfometrik analizler seçilmiş ve uygulanmıştır. İndislerden elde edilen değerler her iki havza özelinde farklı açılardan değerlendirilmiş, her iki havzanın olgunluk döneminde olduğu tespit edilmiştir. Tektonik açıdan ise her iki havzayı kapsayan alanda bir yükselme hareketinin devam ettiği ve dolayısıyla arazinin gençleştiği sonucu ortaya çıkmıştır. Havzalarda elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, Amanos dağlarının orta kesiminde her iki yamaçta birbirine yakın ve benzer değerler elde edilmiş ve simetrik bir durumun olduğu sonucuna varılmıştır.

### Kaynakça

- Aydın, S. & Tuncer, K., (2021). Bozdağ'da (Denizli) dolinlerin morfometrik özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 33-48.
- Baker, V. R., Kochel, R. C., & Patton, P. C., (1988). *Flood geomorphology*. In *Flood geomorphology*. 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*, Vol. 27, No.3, p. 155-166.
- Carlston, C.W., Chorley, R. J., (1957). Climate And Morphometry. *The Journal Of Geology*, 65(6), 627-638.
- Cürebal, İ. & Erginal, A.E. (2007). Mihli Çayı Havzasının Jeomorfolojik Özelliklerinin Jeomorfik İndislerle Analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, C: 6, S: 19, s. 126-135.
- Elbaşı, E. & Özdemir, H., (2018). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi. *Coğrafya Dergisi*, S: 36, s. 63-84.

- Erginal, A. E. & Cürebal, İ., (2007). Soldere Havzasının jeomorfolojik özelliklerine morfometrik yaklaşım: Jeomorfik indisler ile bir uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 203–210.
- Geçen, R. & Ölmez, İ., (2017). Beyazçay Havzasının (Hatay). Jeomorfometrik Analizler İle Değerlendirilmesi. *Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 12-14 Ekim, S: 212-221, Elazığ.*
- Geçen, R., Toprak, V. & Tonbul, S., (2018). Doğu Karadeniz Dağlarında Buzul Gölleri, Dağılışı ve Morfometrik Özellikleri. *TÜCAUM*, 30, 3-6.
- Horton, R. E., (1932). Drainage basin characteristics. *American Geophysics Union*, 13(1), 350–361.
- Horton, R.E., (1945). Erosional development of stream and their drainage basin. Hydrogeological approach to quantitative morphology, *Bulleting of Geological Society of America*, 56: 275-361.
- Hoşgören, Y., (2011). *Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü*. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Karabulut, M., Küçükönder M. & Topuz, M., (2013). *Alata (Erdemli) Deresi'nin jeomorfometrik analizi*. A. Demirci & Y. Arı (Ed.), Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi bildiriler kitabı içinde (s. 450–459). İstanbul: Coğrafyacılar Derneği.
- Karataş, A., (2017) *Karasu Çayı Havzasının Hidrografik Planlaması*. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Karataş, A. & Kokrmaz H., (2012). *Hatay İlinin Su Potansiyeli ve Sürdürülebilir Yönetimi*. Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları, No:40, Antakya.
- Keller, E.A. & Pinter, N., (2002). *Active Tectonics Earthquakes, Uplift, and Landscape*, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Mahadevaswamy, G., Nagaraju, D., Siddalingamurthy, S., Lakshamma, Mohammad, S. I., Nagesh, P. C. & Krishna, R., (2011) Morphometric Analysis of Nanjangud Taluk, Mysore District, Karnataka, India, Using GIS Techniques, *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 1 (4), 721-734.
- Melton, M., (1957). *An analysis of the relation among elements of climate, surface properties and geomorphology*. New York, NY: Columbia University, Department Of Geology.
- Miller, V. C., (1953), *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee*, Technical Report no: 3, Department of Geology, Columbia University, New York, USA.
- NIH, (1998). *Representative Basin Studies: Morphometric Analysis of Suddagedda Basin, Andhra Pradesh*, National Institute of Hyrology, Jal Vigyan Bhavan, Roorke-India.
- Özdemir, H., (2011). *Havza morfometrisi ve taşkınlar*. D. Ekinci (Ed.), Fiziki coğrafya araştırmaları: Sistemik ve bölgesel içinde (s. 507– 526). İstanbul
- Öztürk, B. & Erginal, A.E., (2008). Bayramdere Havzasında (Biga Yarımadası, Çanakkale) Havza Gelişiminin Morfometrik Analizler ve Jeomorfik İndislerle İncelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, S:50, s. 61-68, İstanbul.
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M. & Utlu, M., (2021). Anadolu'nun sirk gölleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 49-60.
- Pike, R.J., (2000). Geomorphometry — diversity in quantitative surface analysis. *Progress in Physical Geography* 24 (1), 1–20.

- Reddy, G. P. O., Maji, A. K. & Gajbhiye, K. S., (2004) Drainage Morphometry and its Influence on Landform Characteristics in A Basaltic Terrain, Central India – A Remote Sensing and GIS Approach, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 6 (2004) 1–16.
- Sarp, G., Gecen, R., Toprak, V. & Duzgun, S., (2011). Morphotectonic properties of Yenicaga basin area in Turkey. *In 34th International symposium on remote sensing of environment (ISRSE34)* (pp. 10-15).
- Schumm, S. A., (1956). The Evolution of Drainage Systems and Slopes in Bad Lands at Perth, Amboi, New Jersey. *Geol. Soc. Ame. Bull.* 67 (5), pp. 597-646.
- Strahler, A.N., (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of Amerika*, 63(11):1117-1142.
- Strahler, A.N., (1957). Quantitative analysis of American Geomorphology Transactions. *American Geophysical Union*, 38: 913-920.
- Şahin, K. & Bağcı, H.R., (2016), CBS ve UA teknikleriyle Türkiye'nin başlıca deltalarının morfometrik özelliklerinin değerlendirilmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 9, Sayı: 42, Sayfa: 984-990.
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z., Doğan, U. & Utlu, M., (2021). Toros polyelerinin morfometrik özellikleri. *Coğrafya Dergisi*, (42), 101-119.
- Usun, Ç. F. & Geçen, R., (2018). Uluslararası sular kapsamında Hatay ili hidropolitiği. *Journal of International Social Research*, 11(61).
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied geomorphology: Geomorphological surveys for environmental development*. New York, NY: Elsevier Science.
- Yılmaz, Y., (1984). *Amanos Dağları'nın Jeolojisi* (Cilt: 1-4), T.P.A.O. Rap. No:1920, (Yayımlanmamış), Ankara.

## Extended Abstract

### Introduction

In the shaping of the earth; many factors, such as tectonism, volcanism, rivers, wind, glacier, waves, etc., and anthropogenic factors with direct or indirectly, especially through recent era, are effective. Although it varies in terms of region and time, many of these factors simultaneously and together shape the earth with different levels of influence. Examining the formation and development process of the earth is a fundamental subject for disciplines dealing with earth sciences, and researches are carried out using different methods in this direction.

Calculating the digital characteristics of the earth surface or a region helps to understand the formation and development process in the past, the factors that have been effective in shaping it, and its power. The possibilities provided by Geographic Information Systems (GIS) technology make it easy to calculate the morphological features of a field numerically, and GIS has been used in many different studies recently. In this study, the geomorphometric characteristics of the two adjacent basins located on different slopes of the Amanos Mountains have been calculated and compared. Based on the results obtained, it is aimed to reveal the similarities or differences in the tectonic and morphological development on the two slopes of the Amanos Mountains.

### Study Area

The study area consists of the borders of two adjacent river basins located on different slopes in the northern part of the South Amanoslar part of the Amanos mountains extending in the southwest-northeast direction within the borders of Hatay province. One is the Zilli Stream basin located on the northwest slope of the South Amanos Mountains and the other is the Tahtaköprü

Stream basin located on the southeast slope. There is a 19.4 km long common border between the basins, which passes through the summit of the Amanos Mountains. The Zilli Stream basin has an area of 117.7 km<sup>2</sup> and is located at an altitude of 1788 meters to 67.5 meters. The area of the Tahtaköprü stream basin is 80.7 km<sup>2</sup>, the highest point is 1393 meters and the lowest point is 109.3 meters.

#### **Data and Method**

In the study, topography and hydrography maps with scale of 1/25000, geology maps with scale of 1/100000 have been obtained from the relevant institutions, transferred to GIS environment and used as raw data. According to the purpose of the study, the raw data have been organized and the required data have been digitized in separate layers. The borders of the two basins in the study area and the Digital Elevation Model (DEM), Slope and Aspect maps of the basins have been produced from the topography maps. Streams and their tributaries in both basins were extracted by making use of the hydrographic maps and the produced DEM. On the other hand, lithology and fault maps of the the study area have been produced from the geology maps. After the preparation of the data, Linear, Areal and Relief geomorphometric indices relevant for the purpose have been determined and applied to two river basins, both basins have been evaluated specifically and the results have been compared.

#### **Findings and Evaluation**

The results obtained by using geomorphometric indices are given in below table. In addition the elevation, slope and aspect properties of both basin, hypsometric curves, Stream-Length Gradient Index (SL) and Valley Floor Width-Valley Height Ratio (Vf) have been also calculated and evaluated. Almost all the values obtained in the study showed approximate results in the two basins.

**Table:** *Geomorphometric indices applied in the study and their results*

<b>Linear Aspects</b>		
	<b>Tahtaköprü Stream Basin</b>	<b>Zilli Stream Basin</b>
<b>Stream Number</b>	225	316
<b>Stream Length (m)</b>	198491,68	273559,72
<b>Mean stream length (m)</b>	882,2	865,7
<b>River length ratio</b>	0,68	0,99
<b>Bifurcation ratio</b>	3,68	4
<b>Length of overland flow</b>	0,2	0,22
<b>River sinuosity index)</b>	1,26	1,46
<b>Areal Aspects</b>		
	<b>Tahtaköprü Stream Basin</b>	<b>Zilli Stream Basin</b>
<b>Area (km<sup>2</sup>)</b>	80,7	117,7
<b>Perimeter (km)</b>	48,7	57,4
<b>Circularity Ratio</b>	0,43	0,45
<b>Drainage Density</b>	2,46	2,32
<b>Stream Frequency</b>	2,79	2,68
<b>Form Factor</b>	0,5	0,44
<b>Elongation Ratio</b>	0,8	0,75
<b>Relief Aspects</b>		
	<b>Tahtaköprü Stream Basin</b>	<b>Zilli Stream Basin</b>
<b>Basin Relief</b>	1283,7	1720,5
<b>Relief Ratio</b>	0,1	0,11
<b>Ruggedness Index</b>	3,16	4
<b>Hypsometric Integral</b>	0,47	0,49



### **Conclusion**

The results obtained in the study have showed approximate values each other in both basins. The values obtained by geomorphometric analyzes show that both basins are in the mature stages. In terms of tectonics, it has been determined that there is an uplift movement in the study area and therefore rejuvenation is observed in both basins. In addition, in the context of the comparison of two different slopes for this part of the Amanos Mountains (the northern part of the Southern Amanos Mountains), it has been concluded that the factors that are effective in tectonic and morphological formation and development show similarities and therefore a symmetrical situation.