

# Gökpınar Çayı Havzasının Jeomorfometrik İndisler İle İncelenmesi\*

Efe İZMİRLİ<sup>1</sup>, İsmail EGE<sup>2</sup>

1 Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; efeizmirli.64@gmail.com

2 Dr. Öğr. Üyesi; Uşak Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü; ismail.ege@usak.edu.tr

\*Sorumlu iletişim yazarı: efeizmirli.64@gmail.com

## Özet

Çalışma sahası Denizli grabeni içerisinde akış gösteren Büyük Menderes Nehri'nin önemli kollarından biri olan Çürüksu Çayı'na dökülen Gökpınar Çayı'nın su toplama havzasını kapsamaktadır. Havza sınırları içerisinde Batı Anadolu horst-graben sisteminin önemli bir bölümünü oluşturan Denizli ve Çukurköy grabenleri ile Babadağ ve Honaz horstlarının bir bölümü bulunmaktadır. Dolayısıyla saha, tektonik aktivitenin son derece yoğun yaşandığı bir bölgedir. Tektonik hareketler birçok doğal coğrafi unsurların oluşması, gelişmesi ve şekillenmesinde etkili olmuşlardır. Bu unsurların başında da jeomorfoloji gelmektedir. Geçmişte ve günümüzde meydana gelen tektonik hareketler, bir bölgenin jeomorfolojisi üzerinde önemli izler bırakmaktadır. Son dönemlerde ülkemizde, tektonizmanın jeomorfolojik yapı üzerinde etkisini incelemek amacıyla, kantitatif yöntemler olan jeomorfometrik analizler birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı da Gökpınar Çayı havzasının jeomorfolojik şekillenmesi üzerinde tektoniğin etkilerini, jeomorfometrik indisler kullanarak incelemek ve sonuçları kendi aralarında karşılıklı değerlendirmektir. Çalışmada kullanılan jeomorfometrik indisler; hipsometrik eğri-hipsometrik integral (Hi), akarsu uzunluk gradyan indeksi (Sl), vadi taban genişliği ve vadi yüksekliği oranı (Vf), dağ önü eğrisellik oranı (Smf)'dir. Çalışmada araştırma sahasının 10 m çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modeli (DEM), jeoloji verisi, aktif fay verisi ile Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından ArcGIS 10.3 paket programı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, tektonizmanın çok aktif, tektonik hareketlerin havzanın jeomorfolojik gelişim ve şekillenmesinde ana etken olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Gökpınar, tektonic, jeomorfometrik indis, jeomorfoloji, havza

## Investigation of the Gökpınar Çayı Basin with Geomorphometric Indices

### Abstract

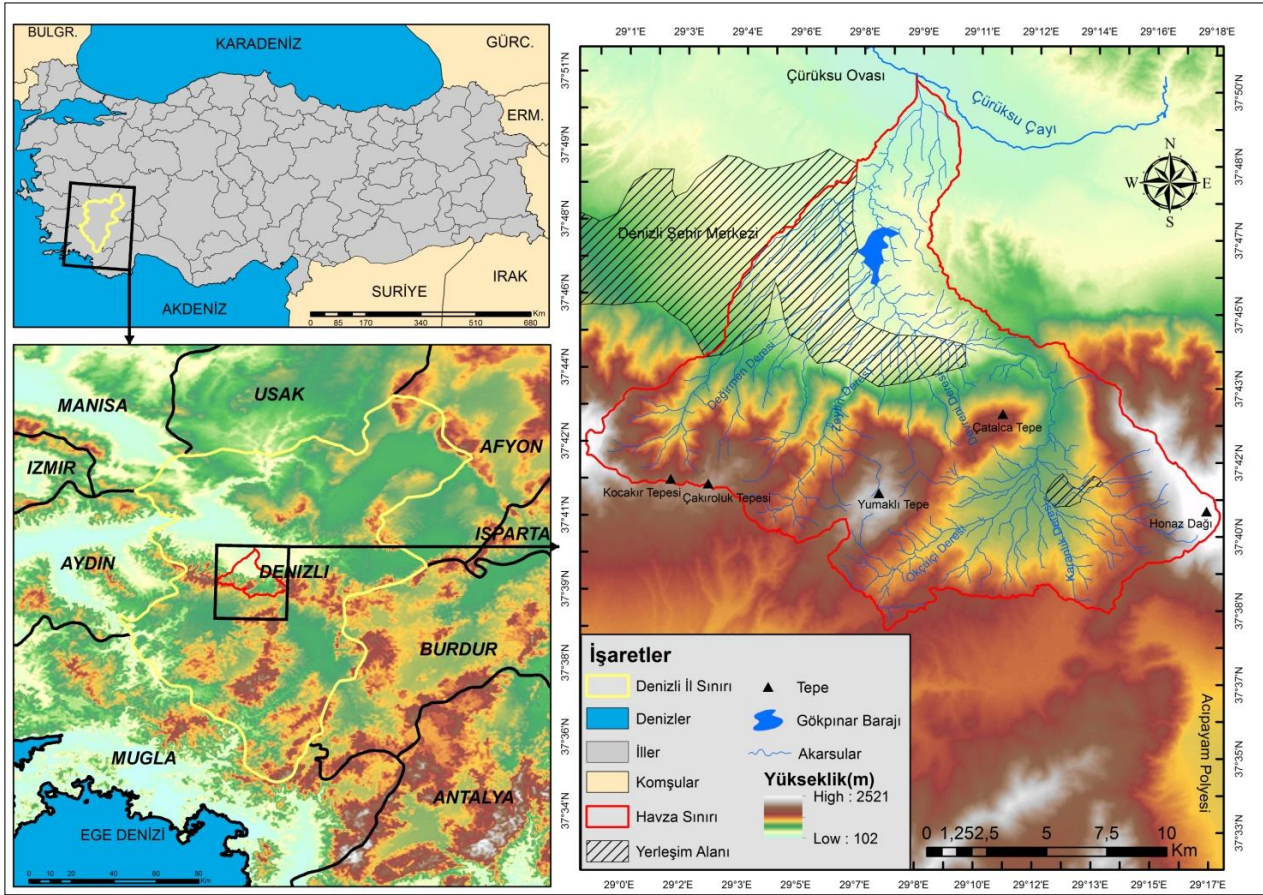
The study area covers the water collection basin of Gökpınar Stream, which flows into the Çürüksu Stream, one of the major tributaries of the Büyük Menderes River flowing in the Denizli graben. Denizli-Çukurköy grabens and Babadağ-Honaz horsts are part of the western Anatolian horst-graben system. Therefore, this area is a region where tectonic activity is extremely intense. Tectonic movements have been effective in the formation, development and shaping of many natural geographical elements. Geomorphology is one of these elements. Tectonic movements in the past and nowadays have important implications on the geomorphology of a region. Recently, geomorphometric analyzes which are quantitative methods have been used by many researchers in order to examine the effect of tectonism on geomorphological structure in our country. The aim of this study is to examine the effects of tectonics on the geomorphological formation of the Gökpınar River basin by using geomorphometric indices and to evaluate the results among themselves. Geomorphometric indices used in the study; hipsometric curve - hipsometric integral (Hi), stream length gradient index (SL), valley base width and valley elevation ratio (Vf), mountain front sinusoid ratio (Smf). In the study, 10 m resolution Digital Elevation Model (DEM), geology data, active fault data and ArcGIS 10.3 software from Geographical Information Systems were used. As a result of the study, it was concluded that tectonism is very active and tectonic movements are the main factor in geomorphological development and shaping of the basin.

**Key words:** Gökpınar, tectonic, geomorphometric indices, geomorphology, basin, GIS.

### 1 Giriş

Çalışma sahası Denizli havzası içerisinde akış gösteren Büyük Menderes Nehri'nin önemli kollarından biri olan Çürüksu Çayı'na dökülen Gökpınar Çayı'nın su toplama havzasına karşılık gelmektedir. Coğrafi koordinat sistemine göre 37°62'–37°87' K enlemleri ile 28°99'–29°37' D boylamları arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Araştırma sahası Çürüksu Çayı havzasının alt havzası niteliğindedir.

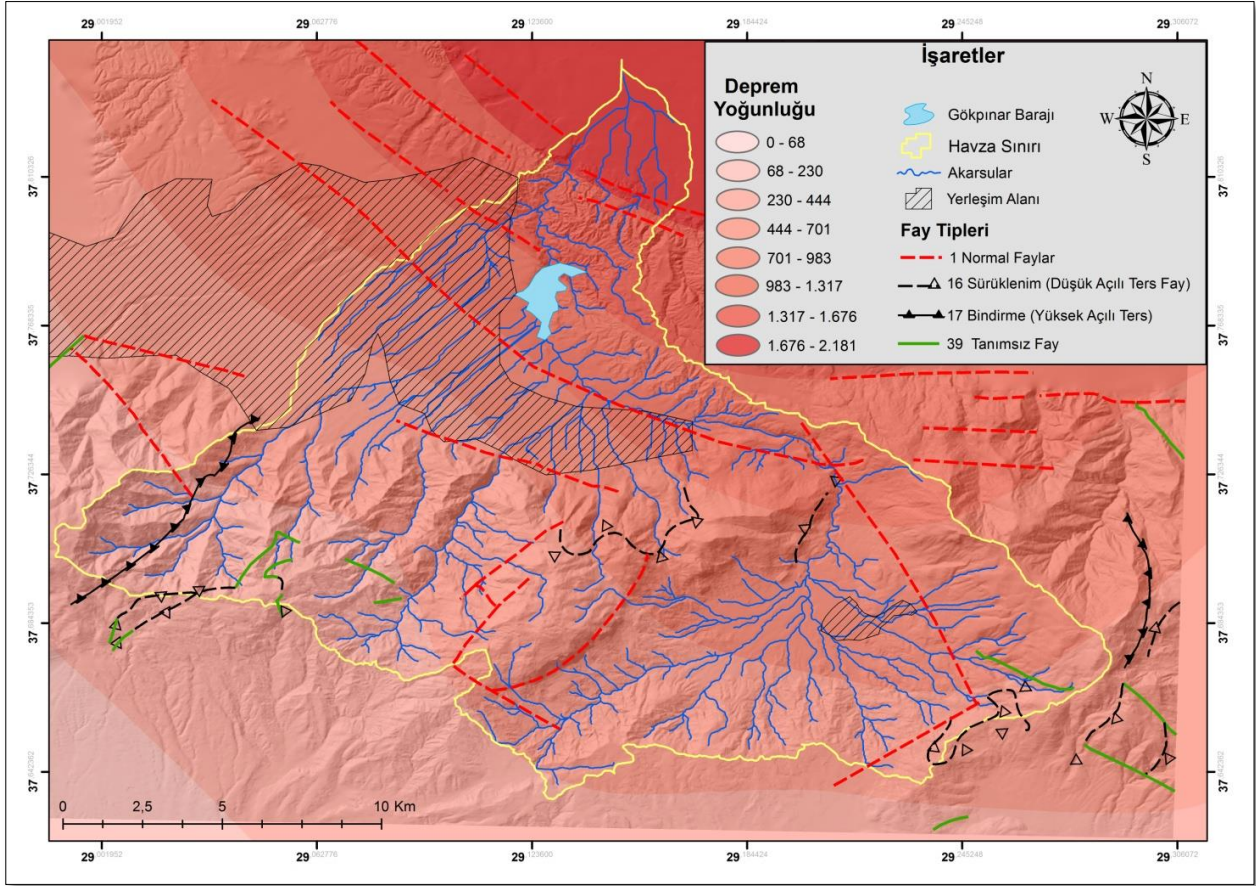
\* Bu Çalışma; Uşak Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya ABD'da yürütülmekte olan "Gökpınar Çayı Havzasının Uygulamalı Jeomorfolojisi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Sahasının Lokasyonunu Gösteren Harita

Gökpınar Çayı havzasının alanı 263,06 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Havza sınırları içerisinde yükselti değeri 205 m-2526 m arasında değişiklik göstermekte olup, yükselti genel olarak KG yönlü gidildikçe artmaktadır. Kuzeyde 205 m olarak başlayan yükselti değeri, güneyde Kocakır Tepe'de 1684 m'ye, Çakıroluk Tepesi'de 1714 m'ye, Yumaklı Tepe'de 1866 m'ye, güneydoğuda Honaz Dağı'nda ise 2523 m'ye kadar çıkmaktadır. Ayrıca GK yönlü yaklaşık 13 km'lik kuş uçuşu mesafe bulunmaktadır. Bu kısa mesafede meydana gelen yükselti değişiminin fazla olması sahanın dağlık ve engebeli olduğunu göstermektedir. Havzanın uç noktalarını kuzeyde Çürüksu Çayı, batıda Tokluyatak Tepesi, doğuda Honaz Dağı, güneyde Sancak Tepesi oluşturmaktadır.

Çalışma alanı Batı Anadolu horst-graben sisteminin bir parçası olan Büyük Menderes Grabeni'nin doğu ucunda bulunur. Bu bölge literatürde Çürüksu Grabeni (Şimşek, 1984) ve Denizli Havzası (Westaway, 1990; Çakır, 1999) olarak bilinmektedir. Çalışma sahasının bir bölümünü ise Çukurköy Grabeni oluşturmaktadır. Batı Anadolu horst-graben sisteminin oluşum mekanizması ve oluşumun başlama yaşı birçok araştırmacı tarafından tartışılmıştır. Dewey ve Şengör (1979) ve Şengör vd. (1985)'e göre, Orta Miyosende Güneydoğu Anadolu'da meydana gelen kıta-kıta çarpışması sonucu, Batı Anadolu'da "tektonik kaçma modeli" olarak isimlendirilen KG genişlemeli tektonik rejim meydana gelmiştir. Yay ardı açılma modeline göre ise Girit yayı boyunca Afrika levhası kuzeye dalmış ve Ege Bölgesi'nde kabuksal gerilme yaşanmıştır (Le Pichon ve Angelier, 1979; Meulenkaamp vd., 1988; Jackson ve Mckenzie, 1988). Dewey (1988) ve Seyitoğlu ve Scott (1991)'i ise Batı Anadolu horst-graben sisteminin oluşumunu "orojenik çökme modeli" olarak açıklamış, Seyitoğlu vd. (1992)'e göre KG genişlemeli tektonik rejiminin başlangıcı Şattiyen'e kadar inmektedir (Seyitoğlu ve Işık, 2015). Çalışma sahası ve yakın çevresinin jeolojik ve tektonik özellikleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Arpat ve Şaroğlu, 1975; Dumont vd., 1980; Koçyiğit, 1984; Hakyemez vd., 1999; Okay, 1989; Özler, 2000; Koçyiğit, 2005; Alçiçek vd., 2007; Eravcı, 2006; Topal, 2012; İrmak, 2013; Seyitoğlu ve Işık, 2015; Taşdelen vd., 2015; Yıldız, 2017; Toker Tagliaaashi, 2018). Ancak literatürde, sadece Gökpınar Çayı havzası özelinde jeomorfometrik indislerin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.



Şekil 2. Çalışma Sahası ve Yakın Çevresinin Deprem Yoğunluğunu Gösteren Harita

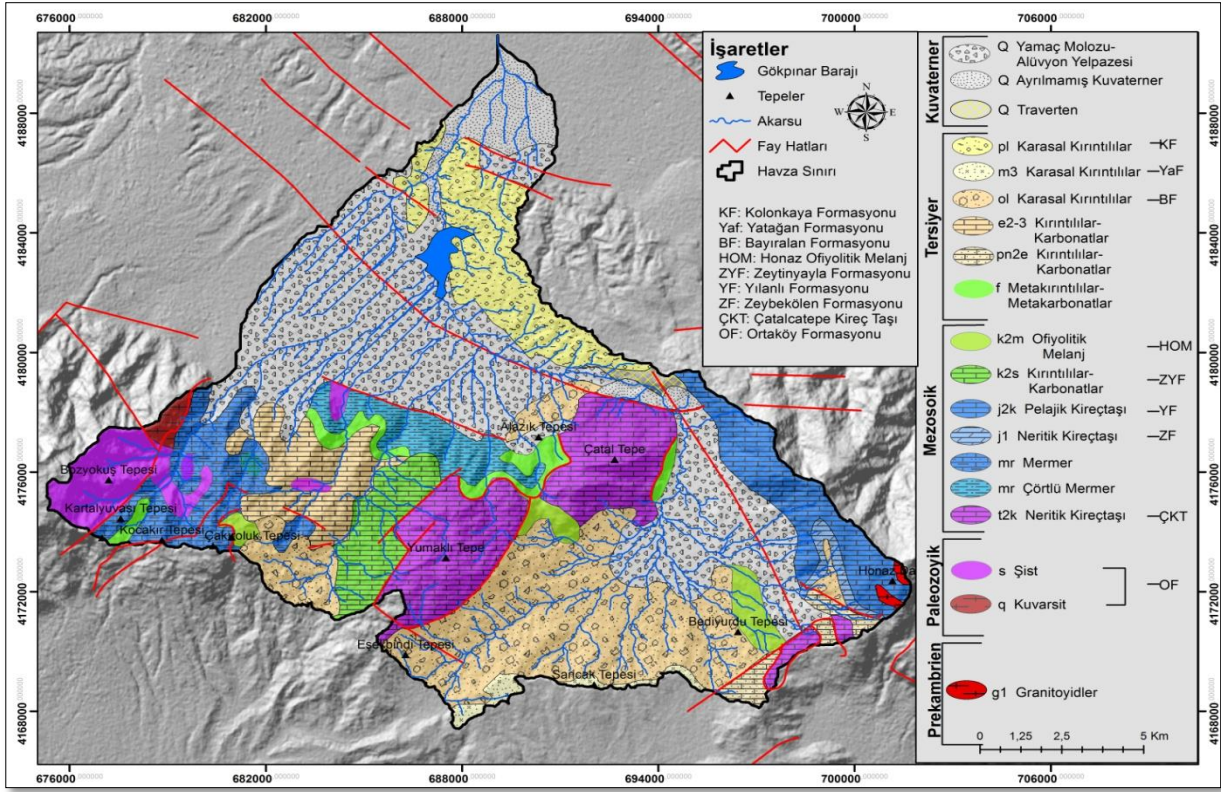
(<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/earthquake-catalog/> web sitesinden elde edilen 1900-2018 yılları arasında meydana gelen  $m > 3,5$  deprem verilerinden üretilmiştir)

Araştırma alanında yaşlı, kapladıkları alanları ve litolojik yapısı birbirinden farklı çeşitli jeolojik formasyonlar bulunmaktadır. Menderes masifine ait şist, kuvars-kuvarsit ve granitoidler çalışma sahasının en eski birimlerini oluşturmaktadır. Likya naplarına ait Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı ile serpantin içerikli konglomeralar sahanın geniş alanda yayılım göstermektedir. Özellikle Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları Çatal Tepe ve Ortaca Dağı'nda çok geniş alanlarda yüzelemektedir. Sahanın Neojen istifi Çukurköy (Cankurtaran) grabeni ile Karakova yükselimi olarak bilinen lokasyonda gözlemlenmektedir. Karakova yükselimi literatürde Kolonkaya formasyonu olarak bilinmekte ve 500 metre kalınlığı bulunmaktadır (Alçıçek vd., 2015). Şimşek (1984) tarafından tanımlanan formasyon tipik bir dengeli doldurulmuş göl havza tipini yansıtmaktadır (Alçıçek vd., 2015). Bu istif genel olarak kumtaşı, çakıltaşı, çamurtaşı, marn ve konglomeralardan oluşmaktadır (Topal, 2012). Cankurtaran grabeni boyunca görülen formasyon ise Bayıralan Formasyonu olarak bilinmektedir. Kızıl, sarı, kahverengi, bej ve zeytin yeşili renkli, ufak çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Semiz, 2003). Formasyonun yaşı Konak vd. (1990) tarafından Oligosen olarak tayin edilmiştir.

En genç birimler ise Kuvaterner yaşlı yamaç molozları, alüvyal yelpazeler ve Çatal tepe kuzeyinde yüzeylenen travertenlerdir. Kaymakçı (2006) çalışmasında, alüvyal depoların Çürüksu ve Laodikya grabeni boyunca geliştiğini belirtmiş, alüvyal depolar ile tektonik hatlar arasındaki ilişkiye göre tektonik aktifliğe işaret etmiştir. Denizli havzasındaki travertenler araştırmacılar tarafından çalışılmıştır (Altunel ve Hancock, 1993; Hancock ve Altunel, 1997; Hancock vd., 1999). Van Noten vd. (2013) ise çalışmalarında traverten yataklarında normal faylar boyunca gelişen deformasyonları incelemişlerdir. Çalışma sahasını oluşturan bu jeolojik birimler, genellikle farklı yönlerde uzanış gösteren çok sayıda düşey atımlı normal faylar tarafından kesilmektedir. Bu faylar çalışma sahasının önemli tektonik unsurlarını oluşturmaktadır (Şekil 3).

Ana iskeleti horst-graben oluşumu ile ortaya çıkan çalışma alanının şekillenmesinde flüvyal süreçler, karstlaşma, erozyonel faaliyetler ve fiziksel ayrışma gibi dış etken ve süreçler etkili olmuştur. Bunlardan flüvyal süreçler Menderes grabeninde meydana gelen taban seviyesi değişimine bağlı olarak sürekli yeni bir taban seviyesine göre aşındırma, taşıma ve biriktirme faaliyetleri gerçekleştirmiştir. Bundan dolayı araştırma sahasında eğim kırıklığının olduğu noktalarda birikinti koni ve yelpazeleri ortaya çıkmıştır. Yine araştırma sahasındaki gömük mendereslerin varlığı daha önceki taban seviyesine göre düz alanda akış gösteren kıvrımlı akarsu, yeni taban seviyesine göre aşındırma faaliyetlerine başlamasıyla olduğu yere gömülerek gömük menderesler meydana getirmiştir (Foto 1). Araştırma sahasında yükseltinin arttığı ve blok faylarla şekillenen alanlardaki eğim kırıklıklarında çok

karakteristik kayşat konilerinin varlığı fiziksel ayrışmanın şiddetini ortaya koymaktadır. Araştırma sahasında Mesozoik ve Tersiyer döneme ait kalkerlerin varlığı tipik karstik şekillerden lapa, dolin, uvala ve mağaraların ortaya çıkmasını sağlamıştır.



Şekil 3. Çalışma Sahasının Jeoloji Haritası (MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü Verilerinden Yararlanılarak Hazırlanmıştır)



Foto 1. Cankurtaran Grabeninde Oluşmuş Gömük Menderes

## 2 Materyal ve Yöntem

Çalışma sahasının jeomorfometrik indisler kullanılarak morfolojik yapısının ortaya koyulabilmesi için ilk olarak Harita Genel Komutanlığı'nda 1/25000 ölçekli m22a3, m22a4, m22c1, m22c2, m22d1 ve m22d2 paftaları temin edilmiştir. Temin edilen bu paftalar Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojileri kullanılarak ArcMap 10.3 paket programı üzerinde yapılan sayısallaştırma işlemleri ve analizleri sonucunda DEM verisine dönüştürülmüş ve yapılan hidrografik analizler sonucunda Gökpınar Çayı'nın su toplama havzasının sınırları belirlenmiştir.

Havza sınırının belirlenmesi işleminden sonra MTA web sitesinde bulunan, yer bilimleri harita görüntüleyici ve çizim editörü uygulaması üzerinden havzaya ait jeolojik birimler ile fay hatlarına ait veriler temin edilmiştir. Temin edilen veriler ArcMap ortamında tekrar sayısallaştırılıp kullanılabilir hale getirilmiş ve havzaya ait jeoloji haritası üretilmiştir.

Çalışma sahasında kullanılan matematiksel işlemlere dayalı jeomorfometrik indisler; hipsometrik eğri (HE) ve hipsometrik integral (HI), akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL), vadi tabanı genişliği ve vadi yükseliği oranı (Vf), transvers topografik simetri (T) ve dağözü eğriliği (Smf)'dir. Her bir indise ait formüller bulgular bölümünde, indislerin kullanılması aşamasında tek tek açıklanmıştır. Ortaya çıkan matematiksel sonuçlar değerlendirilmiş ve sahanın jeomorfolojik gelişiminde tektoniğin etkisi ortaya koyulmuştur.

### 2.1 Amaç

Denizli havzası içerisinde yer alan ve genel olarak horst-graben sahasına karşılık gelen Gökpınar Çayı havzası jeomorfolojik özellikler açısından oldukça zengindir. 1950'li yıllardan bu yana kullanılmakta olan ve jeomorfolojik birimleri kantitatif olarak ortaya koyan jeomorfometrik indisler bu bölgede uygulanmıştır. Böylece özellikle sahanın tektonik jeomorfoloji açısından özellikleri, jeomorfolojik gelişimi, tektonik aktivitenin birimlere yansımaları gibi hususların aydınlatılması temel amacımızı oluşturmaktadır. Yeryüzünde tektonik, yapısal, litolojik koşulların meydana getirdiği morfolojik unsurlar morfolojik açıdan oldukça önemlidir. Fay dikliklerinin sürekliliği, fayların dağ cephesinde meydana getirdiği dikkat çekici yüzeyler, fay dikliği morfolojisindeki değişkenlikler (Crone ve Haller, 1991) morfolojik analizler yapılırken morfolojide dikkate alınması gereken unsurları ifade eder. Bu indisler sahanın aşınım süreci açısından hangi aşamada olduğunu, fayların şekillendirmede ne kadar etkin olduğunu, sahadaki eğim kırıklıklarının ve akarsu gömülmelerinin tespitinde oldukça etkin bir yöntemdir. Bütün bunlar kullanılarak sahanın jeomorfolojik özelliklerinin morfolojik yöntemler ile ortaya konulması amaçlanmıştır.

## 3 Bulgular

### 3.1 Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral

Havza içerisinde, belirli yükselti aralıklarına ait alanın, toplam havza alanı içerisindeki oranının bulunması ile elde edilen hipsometrik eğri, jeomorfoloji, hidroloji ve aktif tektonik alanlarında sıklıkla kullanılan bir indistir (Ciccacci vd., 1992; Lifton ve Chase, 1992; Ohmori, 1993; Willgoose, 1994; Willgoose ve Hancock, 1998; D'Alessandro vd., 1999; Chen vd., 2003; Yıldırım, 2014; Özkaymak, 2015; Özsayın, 2016; Sağlam Selçuk ve Düzgün, 2017; Ege vd., 2019). Strahler (1952)'e göre, hipsometrik eğrilerin dış bükey bir görünüme sahip olması genç bir topografyaya işaret ederken "S" görünümüne sahip eğriler olgunluk, iç bükey eğriler ise topografyanın yaşlılık safhasında olduğunu göstermektedir. Bu yüzden hipsometrik eğri, sahanın aşınma derecesi bakımından yorumlanmasında oldukça önemlidir.

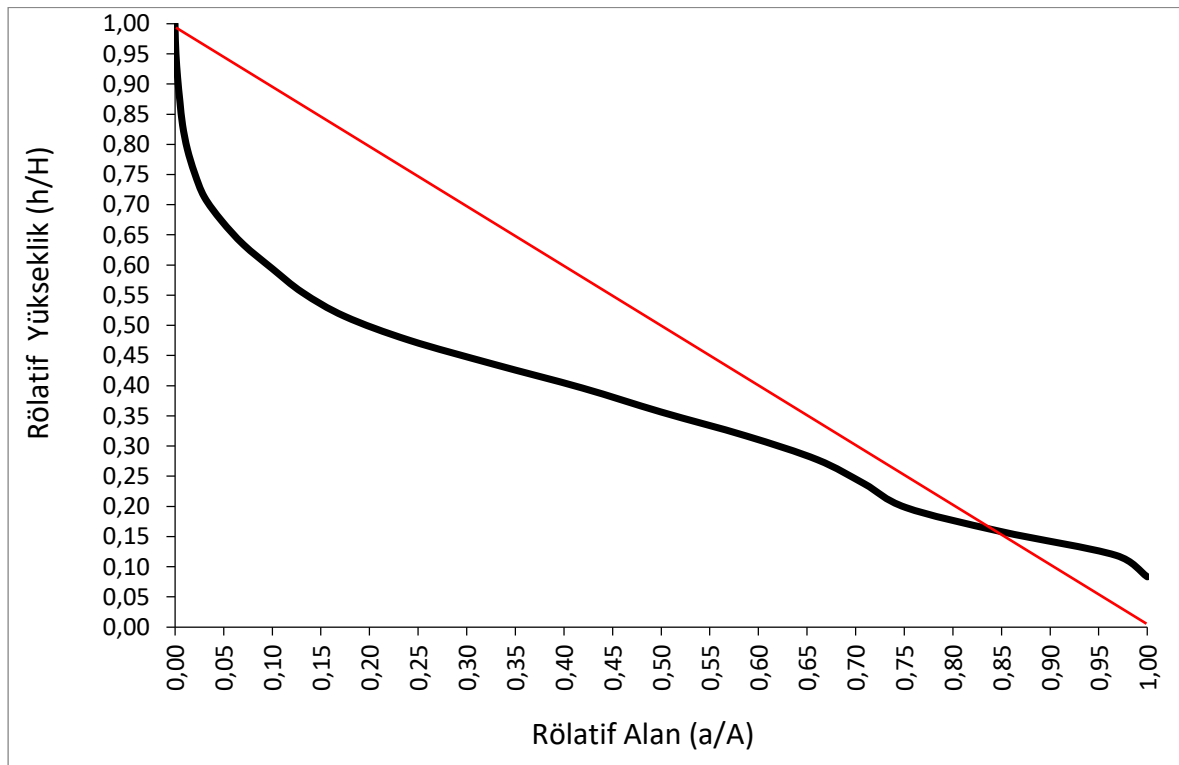
Çalışma sahasının hipsometrik eğrisinin oluşturulabilmesi için rölatif yükseklik (h/H) ile rölatif alan (a/A) değerlerinin hesaplanması gerekmektedir ki bunun için çalışma sahası, ilk olarak 100'er metre yükselti kademelerine ayrılmıştır. Ayrılan her yükselti kademesinin maksimum yüksekliğe bölünmesi ile h/H değerleri, yükselti kademelerine ait alanın toplam alana bölünmesi ile a/A değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan h/H ve a/A değerlerinin x,y grafiğinde dağılımı yapılarak sahaya ait hipsometrik eğriye ulaşılmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1. Çalışma Sahasının Hipsometrik Eğrisi İçin Gerekli Olan Veri Değerleri**

Yükseklik (h)	Maksimum Yükseklik (H)	Alan (m <sup>2</sup> )	Toplam Alan (m <sup>2</sup> )	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
210	2525	263383431,4	263383431,4	0,08	1,00
300	2525	254876900,4	263383431,4	0,12	0,97
400	2525	223597054,7	263383431,4	0,16	0,85
500	2525	197982284,8	263383431,4	0,20	0,75
600	2525	186644816,8	263383431,4	0,24	0,71
700	2525	174032732,8	263383431,4	0,28	0,66
800	2525	154654243	263383431,4	0,32	0,59
900	2525	131646023,3	263383431,4	0,36	0,50
1000	2525	110383493,6	263383431,4	0,40	0,42

1100	2525	86286917,81	263383431,4	0,44	0,33
1200	2525	63476576,63	263383431,4	0,48	0,24
1300	2525	45993640,19	263383431,4	0,51	0,17
1400	2525	34535250,44	263383431,4	0,55	0,13
1500	2525	26338276,71	263383431,4	0,59	0,10
1600	2525	18569052,98	263383431,4	0,63	0,07
1700	2525	12618190,06	263383431,4	0,67	0,05
1800	2525	7927296,389	263383431,4	0,71	0,03
1900	2525	5296534,628	263383431,4	0,75	0,02
2000	2525	3334026,627	263383431,4	0,79	0,01
2100	2525	2053404,912	263383431,4	0,83	0,01
2200	2525	1318770,842	263383431,4	0,87	0,01
2300	2525	694199,5798	263383431,4	0,91	0,00
2400	2525	243236,5184	263383431,4	0,95	0,00
2500	2525	16505,05028	263383431,4	0,99	0,00
2525	2525	0	263383431,4	1,00	0,00

Çalışma sahasının hipsometrik eğrisi genel olarak iç bükey bir görünüm sergilemektedir. Bu durum havzanın çok yoğun erozyonal süreçler geçirdiğini göstermektedir. Özellikle havzanın en yüksek noktalarına karşılık gelen, eğrinin tavan kısmında içbükey görünüm oldukça belirgindir (Şekil 4). Hipsometrik eğrinin taban kısmında içbükey görünüm nispeten bozulmaktadır. Bu durum havzanın alçak kesimlerinde aşınım sürecinin daha yavaş olduğunu göstermektedir. Ayrıca buralar geniş ölçüde birikinti koni ve yelpazelerine karşılık gelmektedir. Rölatif yüksekliğin 0,20-0,28 olduğu yerde hipsometrik eğride meydana gelen ani değişim 500-700 m yükselti aralıklarında bulunan, Denizli grabeni ile Çukurköy grabenini sınırlayan Babadağ fayına karşılık gelmektedir.

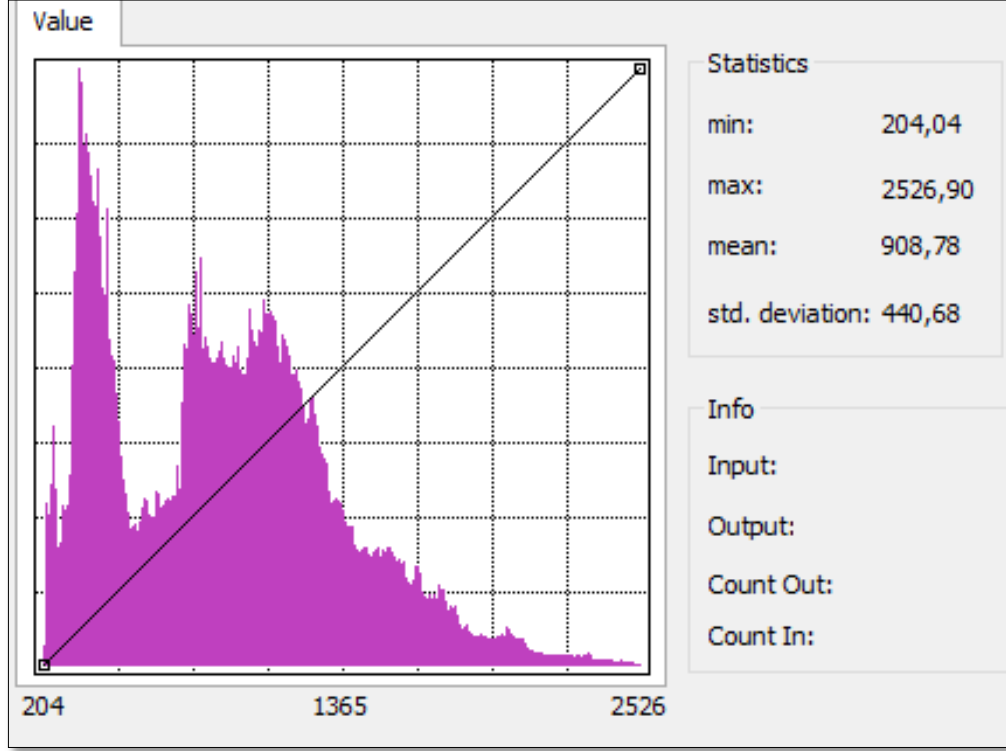


Şekil 4. Çalışma Sahasının Hipsometrik Eğrisi ve Hipsometrik İntegral Değeri

Keller ve Pinter (2002)'e göre hipsometrik eğrinin altında kalan alanı ifade eden hipsometrik integral, hipsometrik eğrinin karakterinin belirleyen önemli bir indistir. Hipsometrik integral;

$$Hi = \text{Ortalama Yükseklik} - \text{Minimum Yükseklik} \\ \text{Maksimum Yükseklik} - \text{Minimum Yükseklik}$$

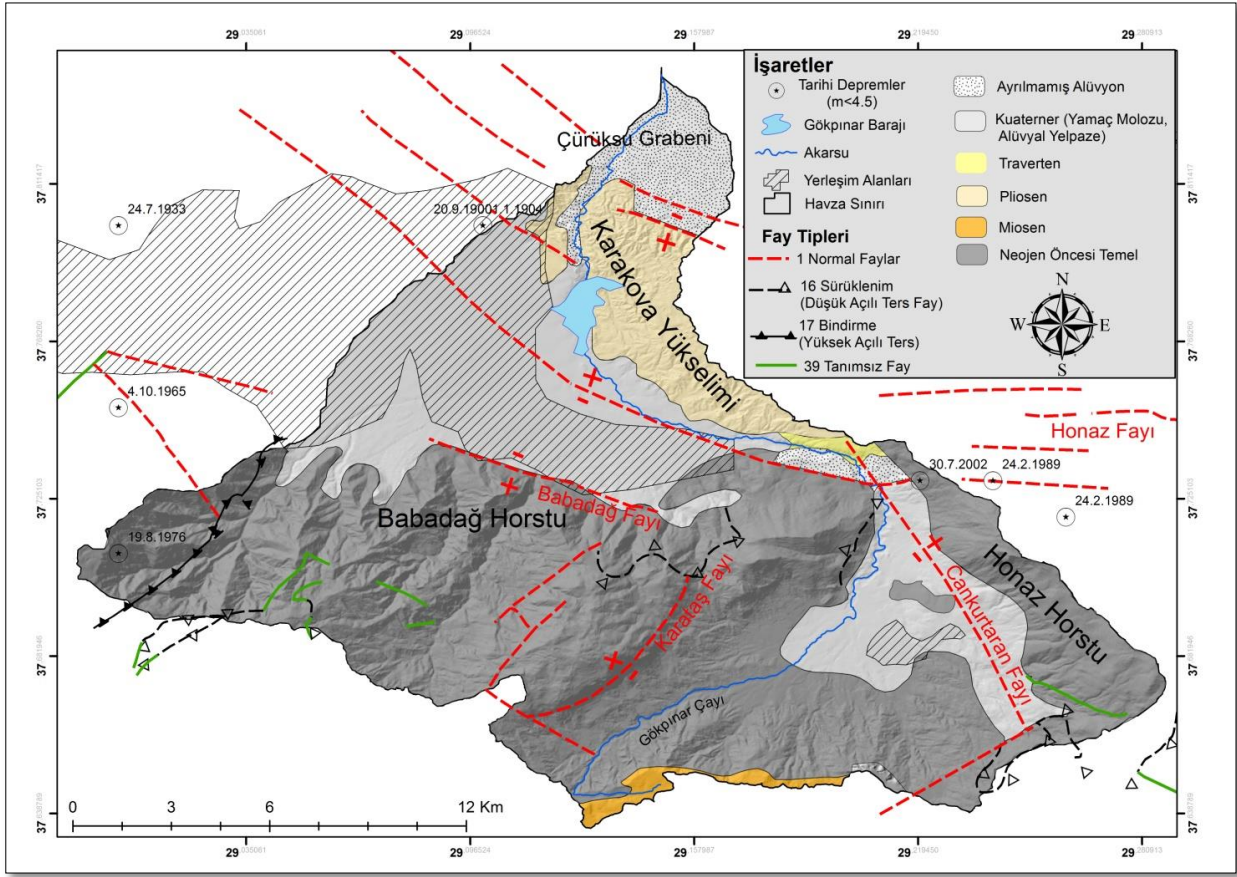
formülü ile hesaplanmaktadır (Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990). Bu formülde kullanılan değerlere ArcMap ortamında üretilen DEM histogramından ulaşılmıştır (Şekil 5). Strahler (1952)' e göre, hipsometrik integral (Hi) değeri "0" ile "1" arasında bir değer alır. "0" değerine yakınlık topografyanın yaşlılık evresini gösterirken "1" değerine yakınlık gençlik evresini gösterir. Yapılan hesaplama göre, havzanın hipsometrik integral değeri 0,30'dur. Bu değer havzanın olgunluk aşamasından yaşlılık aşamasına geçmekte olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Çalışma Sahasının Yükseklik Histogramı



Foto 2. Çatal Tepe Kuzey Yamacında Görülen Fay Aynası (730 m)



Şekil 6. Çalışma Sahasının Tektonik Haritası (Koçyiğit (2005); Topal (2012)'dan yararlanılarak çizilmiştir)

#### 4.2. Akarsu Uzunluk-Gradyan İndeksi (SL)

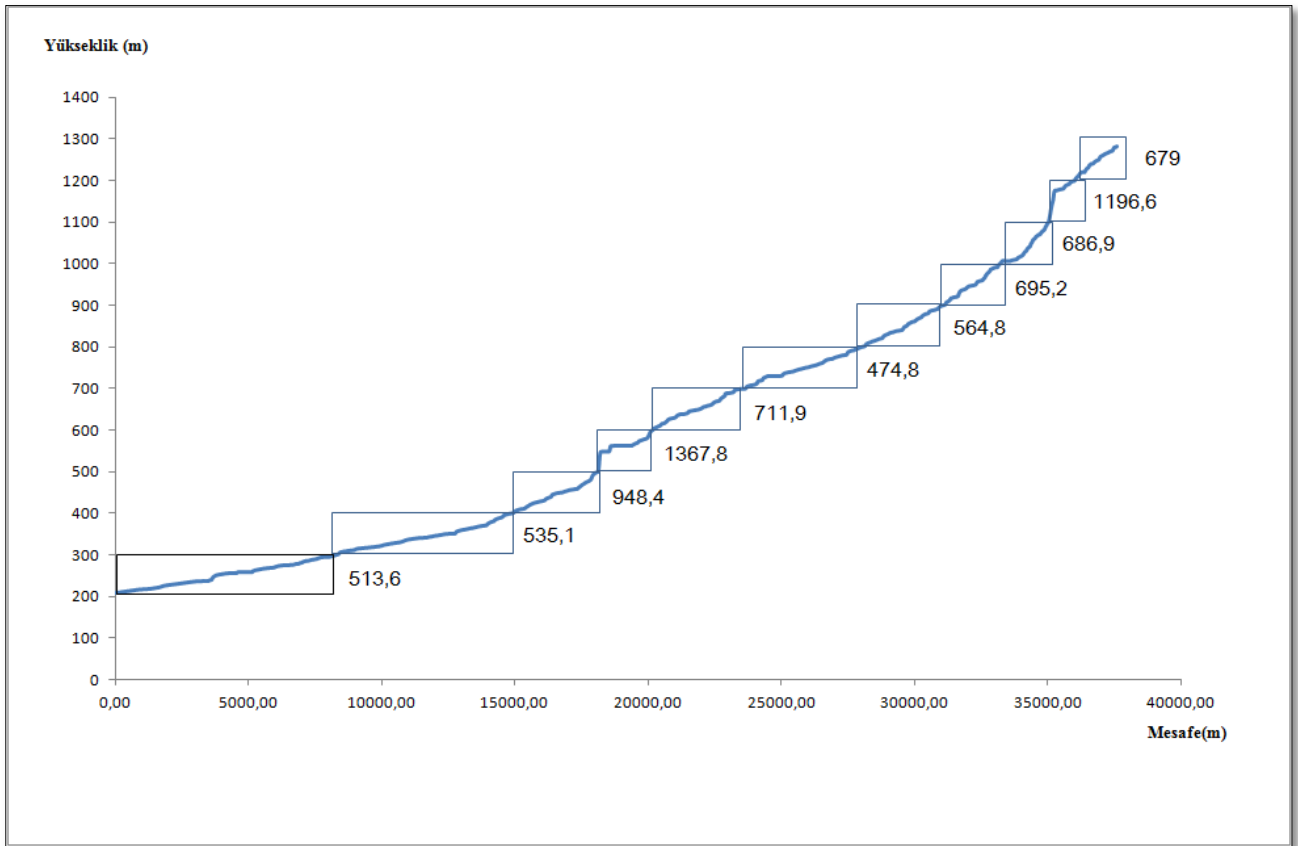
Vadi kanalı boyunca olası tektonik aktivite, kaya direnci ve topoğrafya arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi amacıyla akarsu uzunluk gradyan indeksi (SL) kullanılmaktadır (Hack, 1973; Keller ve Pinter, 2002; Erginal ve Cürebal, 2007; Yıldırım ve Karadoğan, 2011). Akarsu gradyan uzunluk indeksi formül yardımı ile hesaplanmaktadır. Buna göre;

$$SL = (\Delta H / \Delta L) * L$$

SL; Akarsu uzunluk gradyan indeksi,  $\Delta H$ ; Akarsu kolunun yükseklik değişimi,  $\Delta L$ ; Akarsu segmentinin uzunluğu, L; İndeks hesaplama noktası ile akarsuyun kaynak noktası arasındaki mesafe (m)'yi ifade etmektedir. Genel olarak, nehirlerin sert kayaları aşığı yerlerde yüksek SL indeks değerleri bulunmakta ve bunlar oldukça yüksek tektonik aktiviteyi yansıtmaktadır. Düşük SL indeks değerleri ise oldukça düşük tektonik aktiviteye işaret eder ve daha az-dirençli, yumuşak kaya tiplerini gösterir (Hack 1973; Keller ve Pinter, 2002; Topal, 2012).

Çalışma sahasının SL değeri sadece ana akarsu için hesaplanmıştır. Gökpınar Çayı'nın mansab kısmı ile memba kısmı 100 metrelik segmentlere ayrılmış, her 100 metrelik akarsu segmentinde SL değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre Gökpınar çayı vadi profili boyunca 500-600 metre yükseltilerde SL değerinin pik yaptığı görülmüştür (Şekil 7). Bu durum daha öncede belirtildiği gibi bu yükselti değerlerinde var olan fayın, SL değerine yansımaları olduğu düşünülmektedir. 500-600 metre yükselti sınırı aynı zamanda, Gökpınar Çayı'nın Çukurköy grabeninden çıkıp Denizli grabenine geçiş yaptığı yükselti sınırındır.





Şekil 7. Gökpınar Çayı Boyuna Profili ve SL değerleri

#### 4.3. Vadi Tabanı Genişliği ve Vadi Yüksekliği Oranı (Vf)

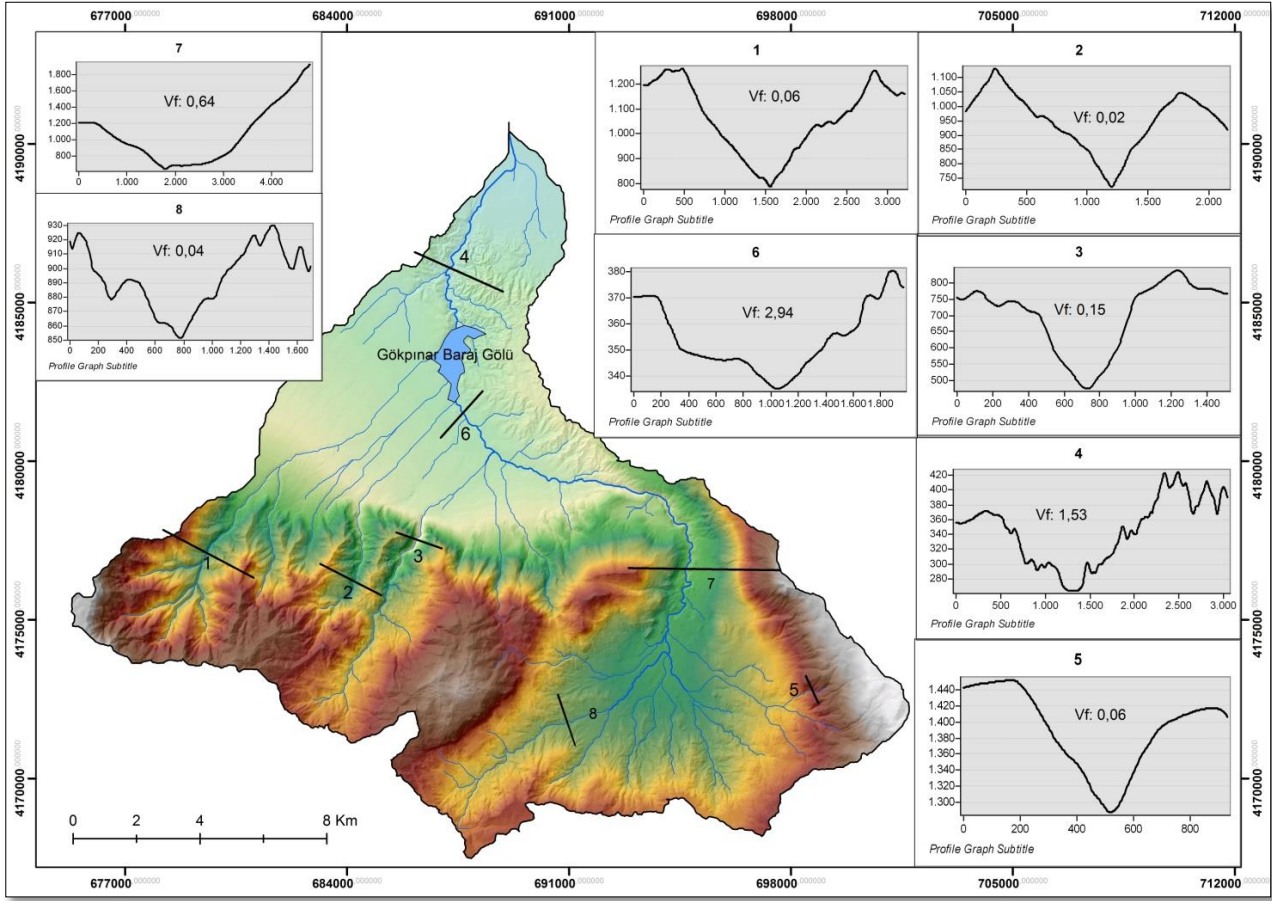
Tektonik aktivitenin vadi yamaç profili üzerinde etkisini gösterebilmek için kullanılan bir diğer indeks, vadi taban genişliği ve vadi yüksekliği indeksi (Vf)'dir (Bull ve McFadden, 1977; Bull, 1978.; Keller, 1986; Erginal ve Cürebal, 2007). Vadi tabanı genişliği ve vadi yüksekliği oranı formül yardımı ile hesaplanmaktadır. Buna göre;

$$Vf = 2Vfw / ((Eld - Esc) + (Erd - Esc))$$

formülü kullanılmaktadır. Formülde; Vfw; Vadi tabanı genişliği, Eld; Sol vadi kesimi yüksekliği, Erd; Sağ vadi kesimi yüksekliği, Esc; Vadi tabanı yükseltisini ifade etmektedir (Keller ve Pinter, 2002). Silva vd. (2003)'e göre, genç fay ile oluşmuş V şekilli dar vadilerde Vf değeri "1" değerinden küçük çıkarken, geniş tabanlı vadilerde ise Vf değeri "1" değerinden yüksek çıkmaktadır.

Çalışma sahasında aktif tektoniğin Vf üzerinde etkisini incelemek amacı ile 5 vadiden profil alınmıştır. Bu işlem ArcMap programı yardımı ile, sahanın DEM verisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Profili alınan vadiler, sahada var olan faylara yakın olarak seçilmiştir. Buna göre belirlenen 1, 2, 3 ve 5 numaralı vadi profillerinde Vf değeri "0" değerine yakın çıkmıştır (Şekil 8). Bu durum aktif tektoniğin bir eseri olduğu düşünülmektedir. Tektonik yükselme ile akarsuların akış hızı yükselmiş ve vadilerini derinde yarmışlardır.

4 ve 6 numaralı vadilerde Vf değeri yüksek olarak ölçülmüştür. Bu durum profili alınan vadilerin bulunduğu yerin eğim ve litolojik özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu noktalar eğimin nispeten azaldığı, akarsuyun akış hızının düştüğü, derine aşındırmayı bırakıp yana aşındırma yaptığı noktalar.



Şekil 8. Çalışma sahasının Vf ölçüm noktaları ve değerlerini gösteren harita

#### 4.4. Transvers Topografik Simetri Faktörü (T) ve Asimetri Faktörü (AF)

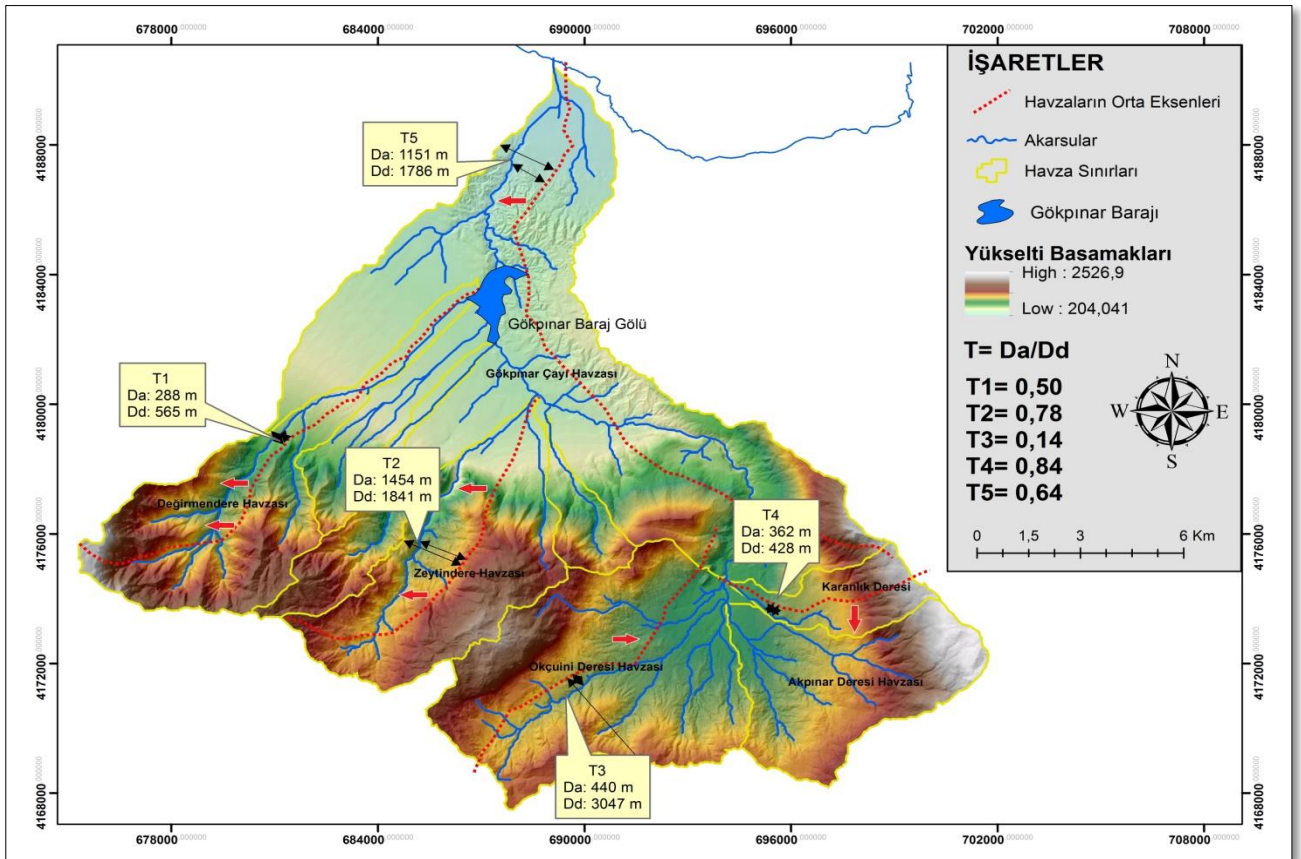
Transvers topografik simetri, mükemmel asimetrik veya göreceli eğimli bir havzayı yansıtmaktadır (Topal, 2012). Akarsuyun talveg kısmından havza orta eksenine olan uzaklığın, havza orta ekseninden su bölümü çizgisine olan uzaklığa oranı transvers topografik simetri faktörüdür. Havzanın transvers topografik simetri faktörü;

$$T = D_a / D_d$$

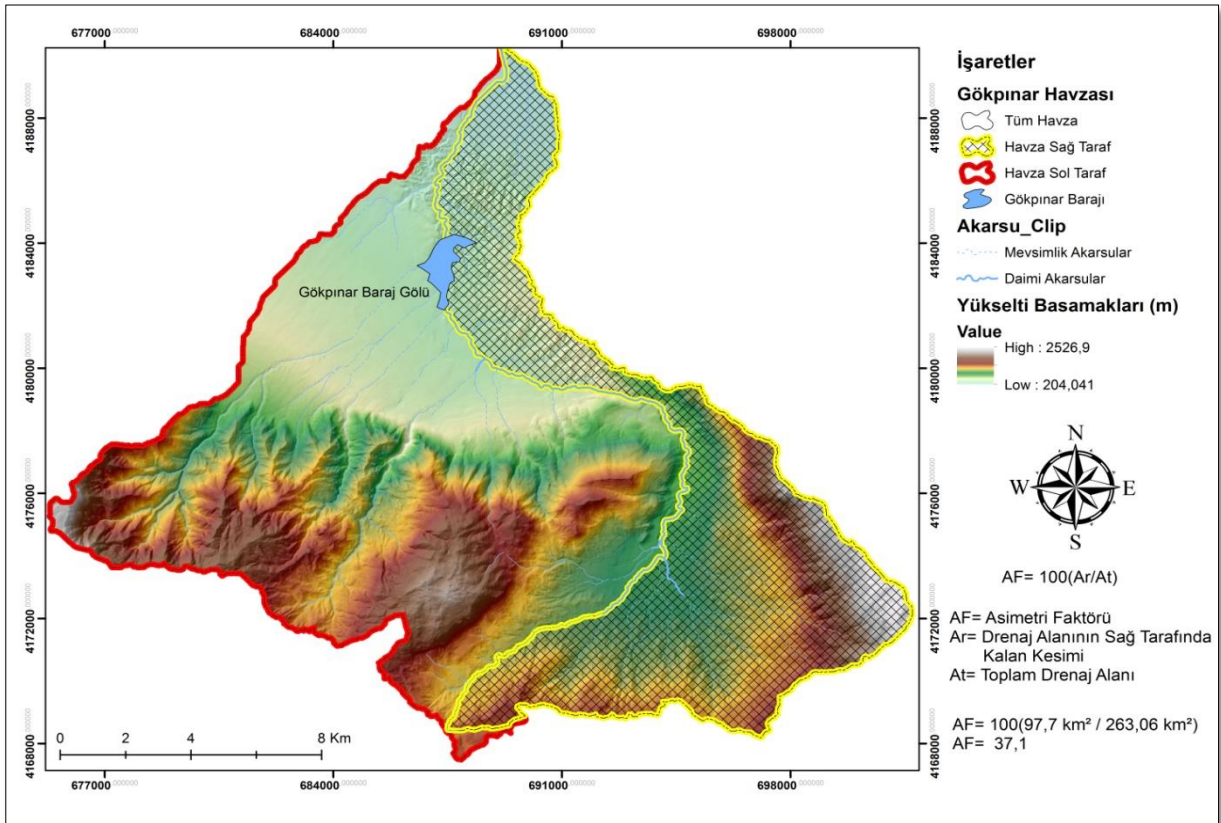
formülü ile hesaplanmaktadır. Bu formüle göre; T; Transvers topografik simetri,  $D_a$ ; Havza orta ekseninden aktif menderes kuşağına olan mesafe,  $D_d$ ; Havza orta ekseninden havza su bölümüne olan mesafeyi ifade etmektedir (Keller ve Pinter, 1996). Formül sonucu "0" ile "1" arasında bir değer alan topografik simetri faktöründe "0" değerine yakınlık asimetrik vadi gelişimini tanımlarken "1" değerine yakınlık simetrik bir vadi gelişimini tanımlamaktadır (Cox, 1994).

Çalışma sahasında topografik simetri faktörü 5 alt havzadan alınan ölçümler ile hesaplanmıştır. Bu ölçümler sonucunda sahada, tektonizma kaynaklı tiltlenmenin yönü değişiklik göstermektedir (Şekil 9). Denizli grabeninde, Babadağ fay hattının kontrolü altında gelişim gösteren T1, T2 ve T5 havzalarında akarsular, mansaba doğru bakış yönüne göre sola doğru tiltlenmenin etkisi ile orta eksenin soluna kaymıştır. T1, T2 ve T5 ölçüm noktalarının aksine, Çukurköy grabeninde, Cankurtaran fay hattının kontrolü altında gelişen T3 ve T4 havzalarında tiltlenme tersi yönde gelişim göstermiştir. Bu noktalarda tiltlenme mansaba bakış yönüne göre sağa doğru gerçekleşmiş, bu durum akarsuların, havza orta eksenine göre sağa doğru kaymasına sebep olmuştur.

Drenaj ağının tektonizmaya bağlı olarak gelişip gelişmediği hakkında bilgi veren, havzanın simetrik görünümünü ortaya koyan bir diğer indis asimetri faktörüdür (AF) (Sağlam Selçuk ve Düzgün, 2017). Asimetri faktörü havzada tektonizmaya bağlı eğimlenmeyi göstermektedir (Keller ve Pinter, 2002). Simetrik bir havzada AF değeri "50" değerine yakın çıkarken, değer "50" den uzaklaşması, havzanın asimetrik bir özelliğe sahip olduğunu göstermektedir. Gökınar Çayı havzasının mansaba bakış yönüne göre sağ tarafta kalan kesimi 97,7 km<sup>2</sup>'dir. Toplam havza alanı ise 263,06 km<sup>2</sup>'dir. Buna göre havzanın AF değeri 37,1 olarak hesaplanmaktadır. Bu durum transvers topografik simetri faktöründe olduğu gibi havzadaki eğimlenmeyi göstermektedir.



Şekil 9. Çalışma sahasının Topografik simetri faktörü (T)

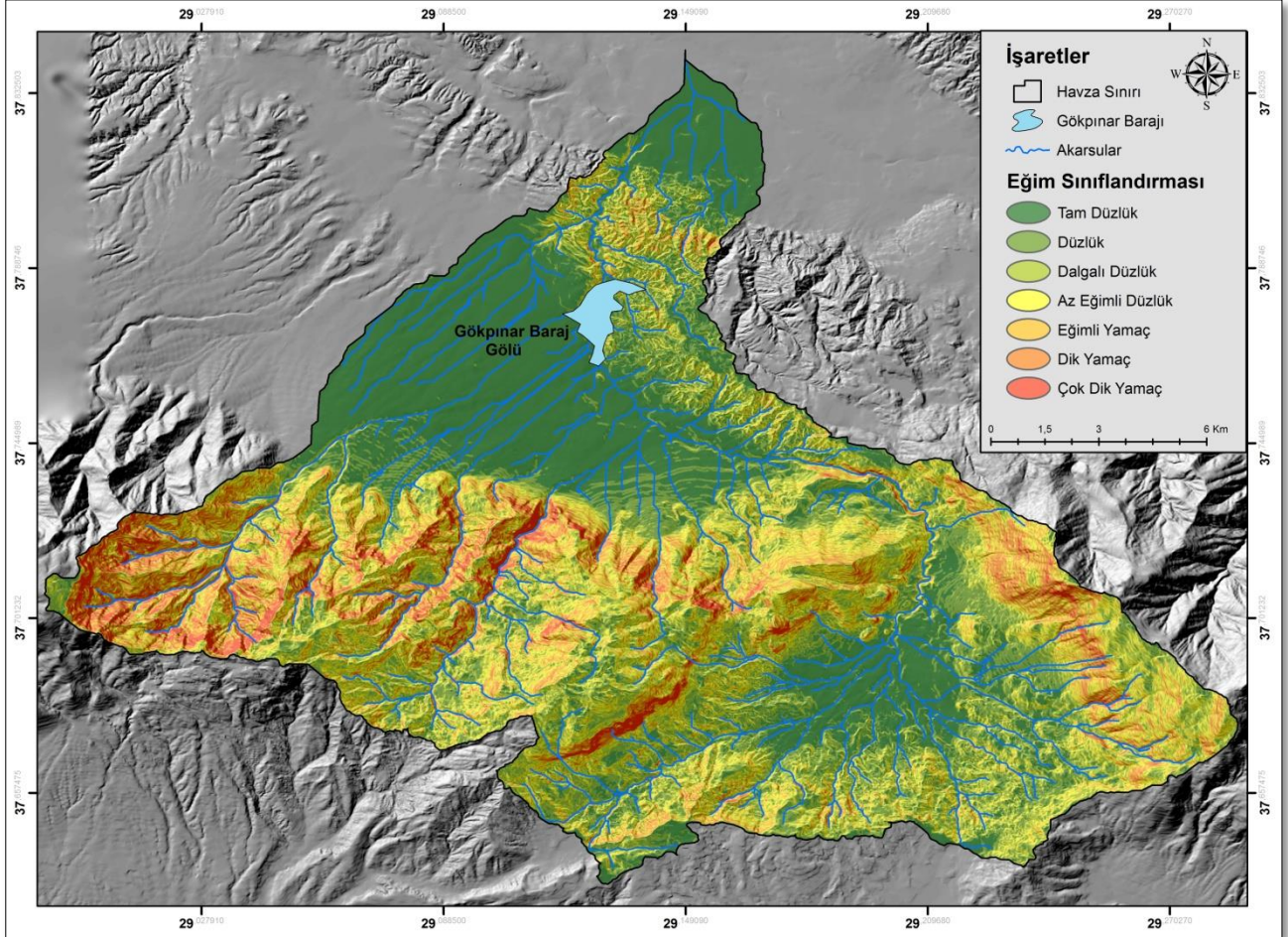


Şekil 10. Çalışma Sahasının Asimetri Faktörü



#### 4.6. Eğim Özellikleri

Havzalarda topografyanın şekillendirdiği jeomorfolojik özellikler aktif faylanma ve tektonizmanın yapısı hakkında bilgi verir (Simou vd., 2013; Yıldız, 2017; Ege vd., 2019). Bu bakımdan sahaya ait eğim haritası üretilmiştir. Çalışma sahasının ana karakterini belirleyen fay hatlarının morfolojiye etkisi eğim haritasında da açık bir şekilde dikkat çekmektedir. Zira eğimin %40'dan fazla olduğu çok dik yamaç olarak sınıflandırılan sahalara, genellikle fay dikliklerine karşılık gelmektedir. Bunun yanında tektonik yükselme sonucu oluşan derin yarılmış vadi yamaçları da yine %40'dan fazla eğim değerlerine sahiptir. Yine fay hatları boyunca çöküntü haline gelmiş sahalara eğimin %0-1 arasında olduğu tam düzlük olduğu sahalara karşılık gelir. Bu sahalara çevreden taşınan yamaç molozu ve alüvyiyal malzemelerin depolandığı sahalardır (Şekil 13).



Şekil 13. Çalışma Sahasının Eğim Haritası (Eğim Sınıflandırması Erol (1993)'dan Yararlanılarak Yapılmıştır)

Çalışma sahasının eğim sınıflandırmalarının kapladıkları alanlara bakıldığında dik yamaçların 90,43 km<sup>2</sup> ile en fazla alana sahip oldukları görülmektedir. %20 ile %40 eğim değerleri arasında değişiklik gösteren bu alanlar çalışma sahasında dağlık alanların yamaçları ile vadi yamaçları boyunca görülmektedir. Çok dik yamaçlar ise genellikle fay dikliklerine karşılık gelmektedir. Çok dik yamaçlar ile dik yamaçlar toplam alanın %39,30'unu kaplamaktadır.

Sahada eğimin %0-%5 arasında olduğu Tam düzlük, düzlük ve dalgalı düzlükler ise toplamda 63,51 km<sup>2</sup>'lik alan kaplamaktadır. Buralarda ovalık alan, vadi tabanı düzlükleri, graben tabanları ve birikinti konilerine karşılık gelmektedir. Bu alanların toplam alana oranı ise %24,14 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Bu da Gökpinar Çayı havzasının ¼ oranında olan kısmı ovalık ve dağlık alandan ovalık alana geçiş kısmında yer aldığını göstermektedir.

**Tablo 2. Çalışma Sahasında Eğim Değerlerinin Kapladıkları Alan ve Oransal Dağılımı**

Eğim Değerleri (%)	Eğim Sınıflandırması	Kapladığı Alan(km <sup>2</sup> )	Toplam Alana Oranı (%)
0-1	Tam Düzlük	4,91	1,87
1-2	Düzlük	16,67	6,34
2-5	Dalgalı Düzlük	41,93	15,94
5-10	Az Eğimli Yamaç	34,72	13,20
10-20	Eğimli Yamaç	61,44	23,36
20- 40	Dik Yamaç	90,43	34,38
40 <	Çok Dik Yamaç	12,95	4,92

## 5. Sonuç

Çalışmada Gökpınar Çayı havzasının morfolojik özellikleri jeomorfometrik indisler ile analiz edilmiştir. Yapılan analizlere göre; Çalışma sahasının hipsometrik eğrisi genel olarak içbükey özelliği göstermekte olup hipsometrik integral değeri 0,30'dur. Bu da bize havzanın %70'lik kısmının aşınıp taşındığını geriye %30'luk kısmının kaldığını aynı zamanda olgun bir havza olduğunu göstermektedir. Bu durum havzanın yoğun bir erozyonel süreç geçirdiğini göstermektedir. Zira özellikle Gökpınar barajı ve yakın çevresinin görsel, Cankurtaran mevki ve yakın çevresinin aşınma karşı dirençsiz denizel dalgulardan oluşması erozyon şiddetini arttırmaktadır. Hipsometrik eğrisi genel olarak içbükey bir görünüme sahipken, grafiğin tabanında "S" görünümü olduğu görülmektedir. Bu durum sahanın belli bir aşınım evresi geçirdikten sonra tekrar gençleşmeye uğradığını göstermektedir.

Gökpınar Çayı boyuna profili boyunca hesaplanan SL değerlerinde 500-600 m yükselti seviyelerin ortaya çıkan yüksek değerler o bölgede bulunan fayların etkisi olduğu düşünülmektedir. Boyuna profilde oluşan ani düşüş eğim kırıklığı olarak yorumlanmıştır. Boyuna profilin yüksek kesimlerinde, akarsuyun memba kısmına karşılık gelen noktada oluşan ani düşüşte eğim kırıklığıdır. Jeoloji haritasında o bölgeden geçen bir fay açık bir şekilde görülmektedir.

Vadi tabanı genişliği ve vadi yüksekliği oranı (Vf) analizlerinde, yüksek noktalardan seçilen 1, 2, 3 ve 5 ölçüm noktalarında yer alan vadilerde belirgin bir derine aşındırma söz konusudur. Bu vadilerde Vf değerleri de 0 değerine yakın çıkmıştır ki bu durum aktif tektoniğin sonucudur. Horst alanlarına karşılık gelen bu noktalar yükseldikçe akarsular vadilerini derine yarmıştır.

Tektoniğin morfoloji üzerine etkisi topografik simetri faktörü indisinde açıkça görülmektedir. Havzadaki akarsular simetrik bir yapı içerisinde akış göstermemektedirler. T1, T2 ve T5 ölçüm noktalarında akarsu sola doğru eğimlenmiştir. Çukurköy grabeninde ölçüm yapılan T3 ve T4 noktalarındaki akarsular ise sağa doğru eğimlenmiştir. Bu eğimlenme yönü graben oluşumuna uygun gerçekleşmiştir. Havzanın genelini ifade eden asimetri faktörü de (AF) 37,1 olarak hesaplanmıştır. Simetrik havzalarda  $AF < 50 < AF$  veya buna yakın değerler beklenirken Gökpınar havzasında çıkan değer oldukça asimetrik olup, Babadağ horstunun kuzey ve doğu kesiminin tamamen tektonik denetimin etkisiyle şekillendiğini göstermektedir.

Dağ önü eğriliği hesaplaması horst ve graben sınırını oluşturan fayların geçtiği vadi önlerinde yapılmıştır. Buna göre hem Babadağ fayı hem de Cankurtaran fayı Smf değerleri 1 değerine yakın çıkmıştır. Bu her iki dağ önünde de aktif tektoniğin göstergesidir.

Sahada eğim değerlerini yükselmesine sebep olan birçok faktör olmasına karşın tektonik aktivite sonucu oluşan fay diklikleri de eğim değerlerini yükselten önemli bir faktördür. Çalışma sahası, bu durumun görülmesini sağlayan önemli bir örnektir. Özellikle Babadağ horstunun kuzeye bakan yamaçları, Ortaca Dağı ile Çatal Tepenin Çukurköy grabenine bakan yamaçları ve Honaz Dağı'nın batı yamaçlarında ortaya çıkan çok dik yamaçlar genel olarak fay dikliklerine karşılık gelmektedir. Bu alanlar aynı zamanda eğim değerlerinin en yüksek olduğu alanlara karşılık gelmektedir.

## Kaynaklar

- Alçiçek, H., Varol, B. ve Özkul, M. (2007). Sedimentary Facies, Depositional Environments and Palaeogeographic Evolution of Neogene Denizli Basin, SW Anatolia, Turkey. *Sedimentary Geology*, 202(4), 596-637.
- Alçiçek, H., Wesselingh, F. P. ve Alçiçek, M. C. (2015). Paleoenvironmental Evolution of the Late Pliocene–Early Pleistocene Fluvio-Deltaic Sequence of the Denizli Basin (SW Turkey). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 437, 98-116.
- Altunel, E. ve Hancock, P.L. (1993). Morphological Features and Tectonic Setting of Quaternary Travertines At Pamukkale, Western Turkey. *Geological Journal*, 28, 335–346.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F. (1975). Türkiye'de Bazı Önemli Genç Tektonik Olaylar. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 18(1), 91-101.
- Benda, L. (1971). Principles of the Palynologic Subdivision of the Turkish Neogene. *Newsletters on Stratigraphy*, 1-3, 23-26
- Bull, W.B. ve Mcfadden, L.D. (1977). "Tectonic Geomorphology North And South Of The Garlock Fault", California, in Arid Regions, Proc. *Eighth Annual Geomorphology Symposium*, 115-138.
- Bull, W.B. (1978). Geomorphic Tectonic Activity Classes of the South Front of the San Gabriel Mountains, California. U.S. Geological Survey Office Of Earthquakes, Volcanoes, And Engineering Contract Report 14-08-001-G-394, California.

- Chen, Y.C., Sung, Q. ve Cheng, K.Y. (2003). Along-Strike Variations of Morphotectonic Features in the Western Foothills of Taiwan: Tectonic Implications Based On Stream-Gradient and Hypsometric Analysis. *Geomorphology*, 56, 10913.
- Ciccacci, S., D'alessandro, L., Fredi, P. ve Palmieri, E.L. (1992). Relations Between Morphometric Characteristics And Denudational Processes In Some Drainage Basins Of Italy. *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, 36, 53-67.
- Cox, R.T. (1994). Analysis of Drainage Basin Symmetry As a Rapid Technique to Identify Areas of Possible Quaternary Tilt-Block Tectonics: An Example From The Mississippi Embayment. *Geological Society of America Bulletin*, 106, 571-581.
- Crone, A. J. ve Haller K. M. (1991). Segmentation and the Coseismic Behavior of Basin and Range Normal Faults: Examples From East-Central Idaho and Southwestern Montana, U.S.A., *Journal of Structural Geology*, 13(2), 151-164
- Çakır, Z. (1999). Along-Strike Discontinuity of Active Normal Faults And its Influence on Quaternary travertine Deposition: Examples From Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 8, 67-80.
- D'Alessandro, L., Del Monte, M., Fredi, P., Lupia-Palmeri, E. ve Peppoloni, S. (1999). Hypsometric Analysis in The Study of Italian Drainage Basin Morphoevolution. Transactions, *Japanese Geomorphological Union*, 20, 187-202.
- Dewey, J. F. ve Şengör, A.M.C. (1979). Aegean And Surrounding Regions; Complex Multi-Plate and Continuum Tectonics in a Convergent Zone. *Geology Society America Bull. Part 1.90.*, 84-92 p.
- Dewey, J.F. (1988). Extensional Collapse of Orogens. *Tectonics*, 7, 1123-1139.
- Dumont, J.F., Uysal, Ş., Şimşek, Ş., Karamanderesi, İ.H. ve Coşkun, S.B. (1980). "Türkiye'nin Güneybatısında Üst Miyosen'den Günümüze Kadar Görülen Tektonik Basınç ve Çekimleri". 34. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Ege, İ., Polat, S. ve İzmirlî, E., (2019). Özdemirci (Çivril-Denizli) Havzası'nın Morfotektonik Özelliklerinin CBS ile Belirlenmesi, Basılmak Üzere Sunulmuş Çalışma.
- Eravcı, B. (2006). Büyük Menderes Grabeni İçindeki Aktif Fayların Jeolojisi ve Paleosismisitesi. A. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. nkar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erginal, A.E. ve Cürebal, İ. (2007). Soldere Havzasının Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım: Jeomorfik İndisler İle Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 203-210.
- Erol, O., (1993). Ayrıntılı Jeomorfoloji Haritaları Çizim Yöntemi. İstanbul Üniversitesi, *Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 10, 19-37
- Hack, J.T. (1973). Stream-Profile Analysis And Stream-Gradient Index, U.S. *Geological Survey Journal of Research*, 1, 421- 429.
- Hancock, P.L. ve Altunel, E. (1997). Faulted Archeological Relics at Hieropolis (Pamukkale). Turkey. *Journal of Geodynamics*, 24, 21-36.
- Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel, E. ve Çakır, Z. (1999). Travitronics: Using Travertines in Active Fault Studies. *Journal of Structural Geology*, 21, 903-916.
- Hakyemez, Y.H.; Erkal, T. ve Göktaş, F. (1999). Late Quaternary Evolution of the Gediz and Büyük Menderes Grabens, Western Anatolia, Turkey. *Quaternary Science Reviews*, 18, 549-554.
- Irmak, T. S. (2013). Focal Mechanisms of Small-Moderate Earthquakes in the Denizli Graben (SW Turkey). *Earth, Planets and Space*, 65 (9), 943-955.
- Jackson, J.A. ve McKenzie, D. (1988). The Relationship Between Plate Motions and Seismic Moment Tensors and Rates pf Active Deformation in the Mediterranean and Middle East. *Geophysical Journal*, 93, 45-73.
- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI). Çalışma sahasının yakın çevresinde meydana gelen tarihsel depremler (1900-2018). <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/earthquake-catalog/> web adresinden 11.05.2019 tarihinde erişilmiştir.
- Kaymakçı, N. (2006). Kinematic Development and Paleostress Analysis of the Denizli Basin (Western Turkey): Implications of Spatial Variations of Relative Paleostress Magnitudes and Orientation. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27(2), 207-222.
- Keller, E.A. (1986). Investigation of Active Tectonics: Use of Surficial Earth Processes", In: Washington, D.C. (Ed.), Panel On Active Tectonics. *National Academy Press*, 136-147.
- Keller, E. A. ve Pinter, N. (1996). Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape. New Jersey: Prentice Hall.
- Keller, E.A. ve Pinter, N. (2002). Active Tectonics; 2nd edition, Upper Saddle River. New Jersey: Prentice Hall.
- Koçyiğit, A. (1984). Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27, 1-16. Ankara.
- Koçyiğit, A. (2005). The Denizli Graben-Horst System and the Eastern Limit of Western Anatolian Continental Extension: Basin-Fill, Structure, Deformational Mode, Throw Amount and Episodic Evolutionary History, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, 18, (3/4), 167-208.
- Konak, N., Akdeniz, N. ve Çakır, N. H.(1990). Çal-Çivril-Karahallı Dolaylarının Jeolojisi. Ankara, MTA Raporu, No: 8949.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J. (1979). The Hellenic Arc and Trench Systems: A Key to the Neotectonic Evolution of the Eastern Mediterranean Area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- Lifton, N.A. ve Chase, C.G. (1992). Tectonic, Climatic And Lithologic Influences on Landscape Fractal Dimension and Hypsometry: Implications For Landscape Evolution In The San Gabriel Mountains, California. *Geomorphology*, 5, 77-114.

- Mayer, L. (1990). Introduction to Quantitative Geomorphology. New Jersey: Prentice Hall.
- McKenzie, D.P. (1970). Plate Tectonics of the Mediterranean Region. *Nature*, 226, 239-243.
- Meulenkamp, J.E., Wortel, M.J.R., van Wamel, W.A., Spakman, W. ve Hoogerduyn Strating, E. (1988). On The Hellenic Subduction Zone and the Geodynamic Evolution of Crete Since the Late Middle Miocene. *Tectonophysics*, 146, 203-215.
- Ohmori, H. (1993). Changes in the Hypsometric Curand Through Mountain Building Resulting From Concurrent Tectonics and Denudation. *Geomorphology*, 8, 263-277.
- Okay, A. (1989). Denizli'nin Güneyinde Menderes Masifi ve Likya Naplarının Jeolojisi. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 109, 45-58.
- Özkaymak, Ç. ve Sözbilir, H. (2012). Tectonic Geomorphology of the Spildağı High Ranges, Western Anatolia. *Geomorphology*, 173-174, 128-140.
- Özkaymak, Ç. (2015). Tectonic Analysis Of The Honaz Fault (Western Anatolia) Using Geomorphic İndices and the Regional Implications. *Geodinamica Acta*, 27(2-3), 110-129.
- Özler, H. M. (2000). Hydrogeology and Geochemistry in the Çürüksu (Denizli) Hydrothermal Field, Western Turkey. *Environmental Geology*, 39(10), 1169-1180.
- Özsayın, E. (2016). Relative Tectonic Activity Assessment of the Çameli Basin, Western Anatolia, Usinggeomorphic İndices, *Geodinamica Acta*, 28, 241-253.
- Pérez Peña, J.V., Azor, A., Azañón, J.M. ve Keller, E.A. (2010). Actiand Tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, Se Spain): Insights From Geomorphic İndices And Drainage Pattern Analysis. *Geomorphology*, 119, 74-87.
- Pike, R.J. ve Wilson, S.E. (1971). Elevation Relief Ratio, Hypsometric İntegral and Geomorphic Area Altitude Analysis. *Geological Society America Bulletin*, 62, 1079-1084.
- Sağlam-Selçuk, A. ve Düzgün, M. (2016). Başkale Fay Zonu'nun Tektonik Jeomorfolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 155, 33-47.
- Semiz, B. (2003). Denizli Volkanitlerinin Jeolojik, Petrografik ve Petrokimyasal Olarak İncelenmesi. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. (1991). Late Cenozoic Crustal Extension and Basin Formation in West Turkey. *Geological Magazine*, 128, 155-166
- Seyitoğlu, G., Scott, B.C. ve Rundle, C.C. (1992). Timing of Cenozoic Extensional Tectonics in West Turkey. *Journal of the Geological Society London*, 149, 533- 38.
- Seyitoğlu, G. ve Işık, V. (2015). Batı Anadolu'da Geç Senozoyik Genişleme Tektoniği: Menderes Çekirdek Kompleksinin Yüzeylemesi ve İlişkili Havza Oluşumu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 151, 49-109.
- Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C. ve Bardají, T. (2003). Faultgenerated Mountain Fronts in Southeast Spain: Geomorphologic Assessment of Tectonic and Seismic Activity. *Geomorphology*, 50, 203-225.
- Simou, E., Karagkouni, V., Papantoniou, G. ve Nomikou, P. (2013). Morphotectonic Analysis of Kozani Basin (Western Macedonia, Greece) , *Bulletin Of The Geological Society of Greece*, *Xlvii* (2), 657-666.
- Strahler, A.N. (1952). Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. *Bulletin of The Geological Society Of America*, 63, 1117-1142.
- Şengör, A.M.C. (1982). "Ege'nin Neotektonik Evrimini Yöneten Etkenler. Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli", *Türkiye Jeoloji Kurultay*, 59-71.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. (1985). Strike-Slip Deformation, Basin Formation And Sedimentation: Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study. Biddle, K.T. and Christie-Blick, N. (Ed.).Strike-slip Faulting and Basin Formation Society of Economic Paleontologists and Mineralogist. *Special Publication 37*, 277-264.
- Şengör, A.M.C. (1987). Cross-Faults and Differential Stretching of Hanging Walls in Regions of Low-Angle Normal Faulting: Examples From Western Turkey. İç: Continental Extensional Tectonics. (Ed: M.P. Coward,. J.F. Dewey, P.L. Hancock),The Geological Society of London Special Publications, 28, 575-589.
- Şimşek, Ş. (1984). Denizli-Kızıldere-Tekkehamam-Tosunlar-Buldan-Yenice Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanaklar, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7846, 85, Ankara (yayımlanmamış).
- Taşdelen, S., Güngör, M. ve Aydın, A. (2015). Çukurköy (Denizli) Dolayının Sığ Yeraltı Suyu Hidrojeoloji İncelemesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 22(3), 206-212.
- Thomson, S.N., Stöckert, B. ve Brix, M.R. (1998). Thermochronology of the High-Pressure Metamorphic Rocks on Crete, Greece: İmplications for the Speed of Tectonic Processes. *Geology*, 26, 259-262.
- Toker Tagliasacchi, E. (2018). Orta-Geç Pleyistosen Yaşlı Gürlek-Kocabaş (Denizli) ve Örtülü (Afyon) Travertenlerinin Sedimentolojik Özellikleri ve Paleortamsal Gelişimine Ait İlk Bulgular (GB-Türkiye). *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*. 61, 1-22. Ankara.
- Topal S. (2012). Denizli Havzasındaki Fayların Tektonik Jeomorfolojisi. *Yayımlanmamış Doktora Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Westaway, R. (1990). Block Rotation of Western Turkey: 1 Observaional Evidence Journal. *Geophysics Resarch*, 95, 19857-19884.



Willgoose, G. (1994). A Statistic For Testing The Elevation Characteristics Of Landscape Simulation Models. *Journal Of Geophysical Research*, 99, 13987-13996.

Willgoose, C. ve Hancock, G. (1998). Revisiting The Hypsometric Curand as an Indicator of Form And Process in Transport-Limited Catchment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 611-623.

Van Noten K., Soete J., Claes H., Foubert A., Özkul M. ve Swennen R. (2013). Fracture Networks and Strike Slip Deformation Along Reactivated Normal Faults in Quaternary Travertine Deposits Denizli Basin Western Turkey. *Tectonophysics*, 588, 154-170.

Yıldırım, A. ve Karadoğan, S. (2011). Raman Dağları Güneyinde (Dicle Vadisi) Morfometrik ve Morfotektonik Analizler. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16, 154-166.

Yıldırım, C. (2014). Relative Tectonic Activity Assessment of Tuz Gölü Fault Zone; Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, 630, 183-192.

Yıldız, Ş. (2017). Menderes Masifi'ni Sınırlayan Fayların Morfotektonik Bakımdan Görelî Aktivite Sınıflaması. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi, İstanbul.

### Extended Abstract

The Aegean Region, where our study area is located, is a region of widespread and beautiful examples of the horst-graben fracture system located on the Alpine-Himalayan orogenic belt. Many researchers have studied the time and characteristics of this tectonic regime that determines and controls the main geomorphological character of the region (Mckenzie, 1970; Dewey and Şengör, 1979; La Pichon and Angelier, 1979; Şengör, 1982; Şengör et al., 1985; Şengör, 1987; Benda, 1971; Seyitoğlu and Scoot, 1991; Thomson et al., 1998). According to Şengör et al. (1985), the North Anatolian Fault Zone and the Eastern Anatolian Fault Zone were formed along with the collision that started during the Middle Miocene period during the Bitlis suture zone. The escape of Anatolia to the west under the control of these fault zones led to the formation of E-W graben in Western Anatolia, and thus the formation of N-S expanded tectonic regime.

As it is known, the study area is in a tectonically important region. Geomorphological structure is strongly affected in areas where tectonism is effective. In order to determine the effects of tectonism on geomorphological development and shaping, some geomorphometric indices have been developed. As these indices contain quantitative methods, they enable researchers to reach quantitative results. There are many studies on this subject in the international literature. In recent years, morphometric analyzes have been used by various researchers especially in basin-based studies in our country.

The study includes the basin of the Gökpinar Stream, which flows within the boundaries of the graben of Denizli. The basin consists of 263,06 km<sup>2</sup> area. Topal (2012) examined the tectonic geomorphology of the faults in the vicinity of the study area. In this regard, it is thought that our study will close the deficiency in this issue. Geomorphometric indices used in the study; hipsometric curve (Hc) - hipsometric integral (Hi), stream length gradient index (SL), valley base width and valley elevation ratio (Vf), mountain front sinusoid ratio (Smf). In this study, ArcGIS 10.3 software from Geographic Information Systems (GIS) were used and produced 10 m resolution Digital Elevation Model (DEM) from topography map and again used geology data, active fault data in the analysis. The subject was supported with field studies.

In the interpretation of the geomorphometric indices, the lithological characteristics of the basin should also be taken into consideration. The data of the MTA and field studies were taken into consideration during the geological characteristics of the study area. The schist, quartz-quartzite and granitoids of the Menderes Massive are the oldest units of the study area. The Jurassic-Cretaceous limestone and conglomerates of the Lycian nappes are widespread in the area. Especially the Jurassic-Cretaceous limestones are exposed in large areas in Çatal Hill and Ortaca Mountain. The Neogene sequence of the site is observed at the location known as Karakova threshold in the literature with the Çukurköy graben. These deposits are generally composed of sandstone, conglomerate, mudstone, marl and conglomerates. The youngest units consist of quaternary slope debris, alluvial fans and travertines outcropping near Karatas village.

The hipsometric curve (Hc) produced by the representation of the elevation intervals within the study area on the x, y graph of the area covered by the basin is an important parameter showing the development phase of the land. According to Strahler (1952), the hipsometric curves have a convex appearance, while the "S" shaped curves show the maturity of the topography. The hipsometric curve of our site gave a general concave appearance, but the concavity was deteriorated on the graphical base. The hipsometric curve of our site gave a general concave appearance, but the concavity was deteriorated on the graphical base. In order to calculate the SL value of the field, the longitudinal profile of the stream was removed. After using the required formulas, the SL values produced and the elevations in the basin have been in harmony. In order to calculate the Vf values, transverse profiles were produced in certain valleys. These calculation points were determined as the proximity of the faults leading to the mountain.

According to Silva et al., (2003) the Vf value is found to be less than "1" in the V-shaped narrow valleys formed by the young fault, whereas the Vf value is higher than "1" in the wide base valleys. While Produced Vf values were lower than "1" in horst areas, the Vf value is higher than "1" in the in graben bases. Transverse topographic symmetry reflects a perfectly asymmetric or relatively inclined basin (Topal, 2012).

Asymmetric developing basins with the effect of tectonic movements also affect the stream flowing on them. The resulting tilting causes the stream to deviate from the center axis of the basin. As a result of the measurements made in 5 sub-basins in our study area, parallel to graben formation, streams deviated from the middle axis. The mountain front sinusoid ratio, which is used to measure the tectonic activity of a fault located in front of the mountain, has been applied in the area where the Babadağ and Cankurtaran faults are located in our study area. The Babadag fault segment Smf value was calculated as 1,34 and the Cankurtaran fault segment Smf value was calculated as 1,35. These Smf values indicate tectonic activity in front of the mountain where both fault segments are located.

The analysis made us to conclude that the tectonism is the main factor in achieving the present appearance of the basin and that active tectonics continue, thus, the basin is a very young basin with fault control.