

The Relative Tectonic Activity Evaluation of Some River Basins Developing on a Fault Line: The Case of the Ganos Fault (Tekirdağ)

Emre Özşahin *

* Namık Kemal Üniversitesi E-mail: ozsahine@hotmail.com

Copyright © 2015 Emre Özşahin. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

River systems are one of the important indicators of crustal deformation in tectonically active areas. This is because; tectonic activity mostly determines the general character of valley morphology and drainage in such areas. In this regard, the relative effect of tectonic activity on topography has been evaluated more precisely in recent years through studies based on digital measurements that employ various morphometric parameters (geomorphic indices). The present study aims to make a tectonic evaluation of some river basins on the Ganos Fault based on morphometric parameters used in determining relative tectonic activity. This study, which aims to determine relative active tectonic effect value, includes the topographic symmetry factor (T) in analysis as distinct from previous studies. The digital elevation model (DEM) data obtained by using the related map sheets of Turkey's topographic maps and different thematic maps of various sizes are used as basic materials. In the present study, measurements were conducted, and thematic maps were created by use of GIS (Geographic Information Systems) techniques. It was concluded that more than half of the area (56 %) involves very high (class 1) relative tectonic activity, and the average value is 1.99 (class 1) in the area. This finding proves that the area contains very high tectonic activity. The findings of the present study are consistent with previous geological and geomorphological studies carried out in the area. The research method used in this study may allow determining the areas exposed to high level deformation associated with active tectonics. Most importantly, the results of this study show the areas where different kinds of ground-origin natural disasters may take place, earthquake being in the first place. Furthermore, it was realized that research for determining tectonic activity based on morphometric parameters by use of GIS techniques yields clearer and more accurate results.

Keywords: Tectonic, Morphometric parameters (geomorphic indices), GIS (Geographic Information Systems), Ganos Fault, Tekirdağ.

Fay Kontrolünde Gelişmiş Bazı Akarsu Havzalarının Göreceli Tektonik Aktivite Değerlendirmesi: Ganos Fayı Örneği (Tekirdağ)

ÖZET

Akarsu sistemleri, tektonik olarak aktif bölgelerdeki kabuk deformasyonunun en önemli göstergelerinden biridir. Zira tektonik aktivite bu türden sahalarda genellikle vadi morfolojisinin ve drenajın genel karakterini belirler. Bu bağlamda son yıllarda çeşitli



morfometrik parametreler (jeomorfik indis) yardımıyla bazı sayısal ölçümlere dayalı olarak gerçekleştirilen uygulamalarla tektonik aktivitenin topoğrafyadaki göreceli etkisi daha doğru bir şekilde değerlendirilmektedir. Bu çalışmada göreceli tektonik aktivitenin tespitinde kullanılan morfometrik parametrelere bağlı olarak Ganos Fayı üzerinde yer alan bazı akarsu havzalarının tektonik açıdan değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yöntem olarak göreceli aktif tektonik etki değerinin tespitine dayalı olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, yapılmış çalışmalardan farklı olarak ayrıca topoğrafik simetri faktörü (T) de analize dahil edilmiştir. Temel materyal olarak Türkiye Topoğrafya Haritalarının ilgili paftalarından yararlanılarak oluşturulan SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) verisi ve çeşitli ölçeklerdeki farklı tematik haritalar kullanılmıştır. Çalışma dâhilinde gerçekleştirilen ölçümler ve çalışmanın tematik haritaları CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) teknikleriyle yapılmıştır. Sonuçta sahanın yarısından fazlasında (% 56) çok yüksek (sınıf 1) göreceli tektonik aktivite etkinliği saptanmış ve ortalama değer olarak 1.99 (sınıf 1) derecesine ulaşılmıştır. Bu bulgu sahadaki tektonik aktivitenin çok yüksek derecede olduğunun ispatı olarak yorumlanmıştır. Çalışma bulgularının yörede yapılmış jeolojik ve jeomorfolojik kapsamlı çalışmalarla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Çalışma yöntemi aktif tektonikle ilişkili yüksek deformasyona maruz kalmış sahaların belirlenmesine yardımcı olacaktır. Çalışmanın insanlık açısından muhtemelen en yararlı sonucu başta deprem olmak üzere çeşitli türde yer kökenli doğal afetlerin ortaya çıkabileceği alanlara işaret etmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca morfometrik parametreler çerçevesinde tektonik aktivitenin belirlenmesine yönelik CBS teknikleri kullanılarak yapılan araştırmaların daha net ve doğruluğu yüksek sonuçlar verdiği saptanmıştır.

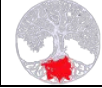
Anahtar Kelimeler: Tektonik, Morfometrik parametreler (jeomorfik indis), CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), Ganos Fayı, Tekirdağ.

Giriş

Akarsu sistemleri, tektonik olarak aktif bölgelerdeki kabuk deformasyonunun en önemli göstergelerinden biridir. Zira tektonik aktivite bu türden sahalarda genellikle vadi morfolojisinin ve drenajın genel karakterini belirler. Bununla birlikte tektonik aktivite ve akarsu jeomorfolojisinin kanunları arasında sıkı bir matematiksel ilişki vardır (Özşahin ve Ekinci, 2014). Bu ilişkiye istinaden gerçekleştirilecek nicel ölçümler sayesinde bir bölgeyi etkileyen tektonik aktivite daha doğru olarak ölçülebilir ve tanımlanabilir (Keller ve Pinter, 2002). Böylece jeomorfolojik oluşum ve gelişim süreci daha sağlıklı bir şekilde yorumlanabilir. Ayrıca bu türden çalışmalar, hem sosyo-ekonomik (yoğun nüfuslu alanların yönetim planlaması, arazi kullanımına ait problemlerin çözümü ve doğal afetlerin değerlendirilmesi vs. gibi) bakımdan faydalı (Pérez-Peña ve diğerleri, 2010) hem de doğa bilimleri açısından önemli ve kullanılabilir verilerin de üretilmesine yardımcı olur (Mahmood ve Gloaguen, 2012).

Aktif tektonik tarafından deformasyona uğramış bölgelerin ayırt edilmesinde bir keşif aracı olarak çok yaygın bir şekilde kullanılan (Keller ve Pinter, 2002; Chen ve diğerleri, 2003) morfometrik parametreler (jeomorfik indis), tektonik deformasyona (aktif tektonik) maruz kalan alanların belirlenmesi bakımından büyük önem taşır (Bekaroğlu, 2013). Aynı zamanda bu parametreler herhangi bir alandaki tektonik aktivitenin göreceli etkisinin değerlendirilmesinde de birleştirici rol oynar (Keller ve Pinter, 2002).

Dünya’da Lo Nehri Fayı (Cuong ve Zuchiewicz, 2001), İspanya’nın Akdeniz kıyıları (Silva ve diğerleri, 2003), Komptades ve Nea Anchialos fayları (Zovoili ve diğerleri, 2004), Tarugo Nehri (Troiani ve Della Seta, 2008), Ölü Deniz Transform Fay Zonu (Ata, 2008), Dekkan Bazalt İli (Kale ve Shejwalkar, 2008), Doğu Betic Cordillera (Pedrera ve diğerleri, 2009), Sierra Nevada (Perez-Pena ve diğerleri, 2010), Normandy sahası (Font ve diğerleri,



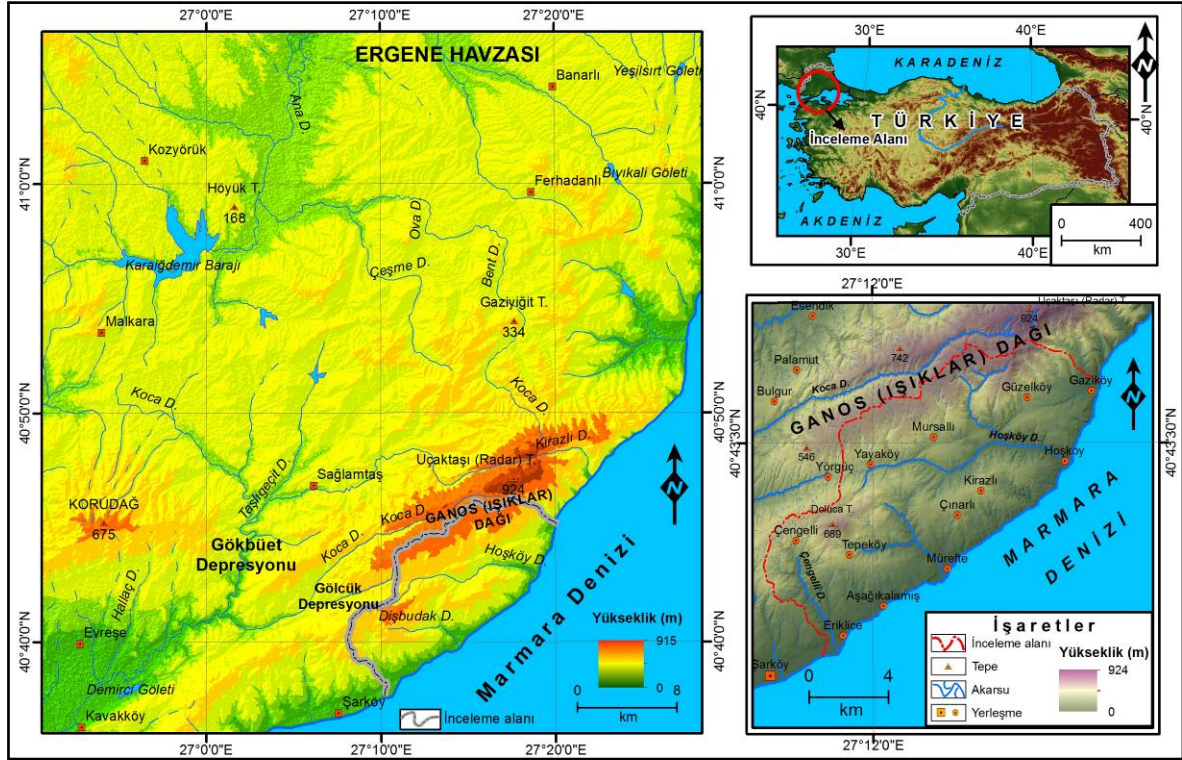
2010), Hindu Kush (Mahmood ve Gloaguen, 2012), Sierra Alhamilla (Giaconia ve diğerleri, 2012); Türkiye’de ise Seldere Havzası (Erginal ve Cürebal, 2007), Mıhlı Çayı Havzası (Cürebal ve Erginal, 2007), Bayramdere Havzası (Öztürk ve Erginal, 2008), İzmit Körfezi ve çevresi (Tarı ve Tüysüz, 2008), Sarıköy ve Kocakıran derelerinin havzaları (Özşahin, 2010), Dicle Vadisi (Yıldırım ve Karadoğan, 2011), Yeniçağa Havzası (Sarp ve diğerleri, 2011), Acıgöl Havzası (Bahadır ve Özdemir, 2011), Spildağı drenaj havzaları (Özkaymak, 2012; Özkaymak ve Sözbilir, 2012), Alata Deresi Havzası (Karabulut ve diğerleri, 2013), Köyceğiz Gölü (Muğla) kuzey havzaları (Utlı ve diğerleri, 2013), Akdağ (Bayrakdar, 2013), Honaz Dağı (Özkaymak, 2013), Şehir Çayı Havzası (Karataş ve İkinci, 2014), Kızkalesi, Ayaş ve Kabızlı Havzaları (Karabulut ve diğerleri, 2014), Lale Dere Havzası (Uzun, 2014), Tuz Gölü Fay Zonu (Yıldırım, 2014) ve Honaz Fayı (Özkaymak, 2014) bu kapsamda yapılmış çalışmaların bulunduğu alanlardan bazılarıdır.

Bununla birlikte son yıllarda yapılmış bazı çalışmalarda tektonik aktivitenin göreceli etkisi çeşitli morfometrik parametrelerin sınıflandırılması ve bu sınıflara göre birleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu bağlamda hipsometrik integral (Hi), akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL), fraktal boyut (FD), havza asimetri faktörü (AF), havza şekil indeksi (Bs), Vadi tabanı genişliği-vadi yüksekliği oranı (Vf) ve dağ önü sinüsitesi (Smf) gibi morfometrik parametreler kullanılmaktadır. İlgili parametreler yardımıyla Sierra Nevada-G İspanya (El Hamdouni ve diğerleri, 2008) ve Hindu Kush Dağları (Mahmood ve Gloaguen, 2012) üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada da göreceli aktif tektoniğin tespitinde kullanılan morfometrik parametrelere bağlı olarak Ganos Fayı ve kolları üzerinde yer alan bazı akarsu havzalarının tektonik açıdan değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ancak yapılmış çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada ayrıca, topoğrafik simetri faktörü (T) de analize dâhil edilmiştir. Böylece diğer çalışmalarda kullanılan metot geliştirilmiş ve daha sonuçları bakımından daha güvenilir hale getirilmiştir.

Neotektonik dönemde yaşanan tektonik olaylardan derin bir şekilde etkilen KAF (Kuzey Anadolu Fay) zonunun Ganos segmentinin bir kısmı dâhilinde yürütülen bu araştırmada; “*Göreceli aktif tektoniğin tespitinde kullanılan morfometrik parametrelere göre akarsu havzaları nasıl bir karakter sergiler? Bu sahada aktif tektonik nasıl bir dağılışa sahiptir? Bu dağılışın aktif faylarla olan ilişkisi nasıldır? Bu ilişki yöre jeomorfolojisini nasıl etkilemiştir?*” şeklindeki araştırma soruları cevaplandırılmaya çalışılmıştır. Bu çalışma, yörede başta deprem olmak üzere yer kökenli çeşitli doğal afetlerin oluşma ihtimalinin yüksek olduğu sahaların daha doğru bir şekilde tespit edilmesi bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca çalışma yöntemi Türkiye jeomorfoloji literatürüne Dünya’nın farklı alanlarında uygulanmış ve sağlıklı sonuçlar alınmış yeni bir metodun geliştirilerek kazandırılması bakımından önemlidir.

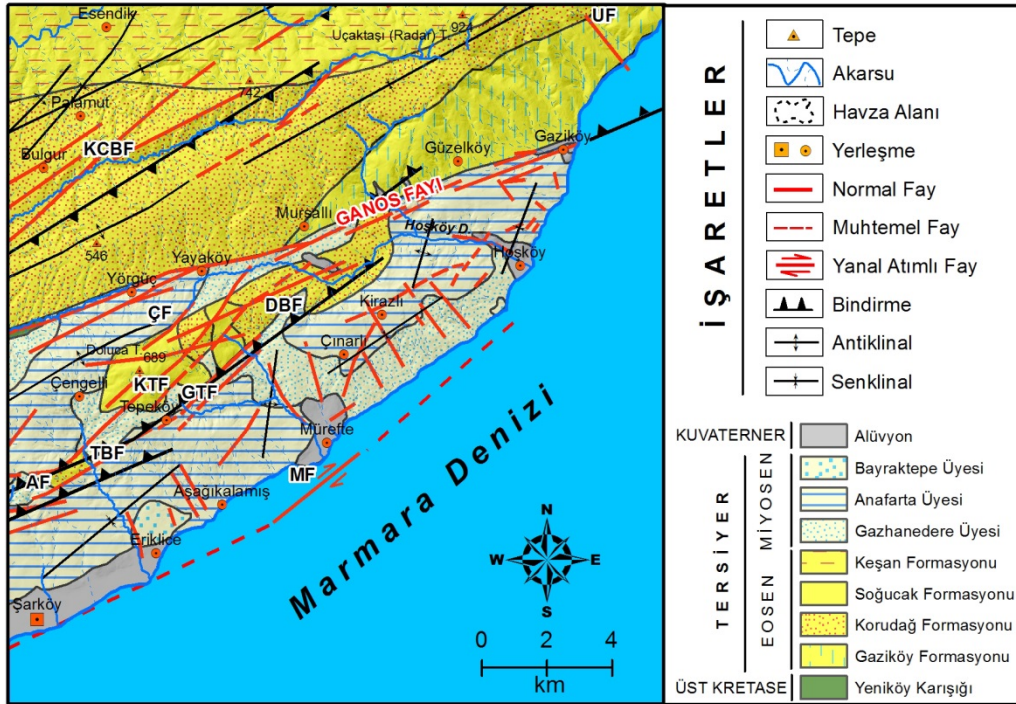
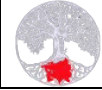
2. İnceleme Alanının Konumu ve Genel Jeolojik-Jeomorfolojik Özellikleri

İnceleme alanı, Türkiye’nin kuzeybatı kesiminde ve Türkiye’nin Coğrafi Bölgelerine göre Marmara Bölgesi’nin Ergene Bölümü’nde yer alır. Kuzeybatıdan Ganos Dağı ile sınırlandırılan inceleme alanı, Gaziköy-Eriklice yerleşmeleri arasında bu kütleden kaynaklarını olan akarsu havzalarını (132 km²) kapsamaktadır. Deniz seviyesinden itibaren bir duvar gibi aniden yükselen bu sahanın en yüksek noktası 775 m yükseklikteki Tumba T’dır. Buna göre yükselti farkının 775 m olduğu inceleme alanının ortalama yüksekliği 271.61 m’dir (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının lokasyon haritası

Trakya Havzası'nın güneyinde yer alan inceleme alanında Mesozoyik'ten günümüze kadar farklı türde ve yaşlarda jeolojik istifler yer alır. Sahada jeolojik temeli, Üst Kretase'ye ait serpantin, fillit, mavişist, diyorit ve dolerit türünde kayalardan meydana gelen ofiyolitik melanj (Yeniköy karmaşığı) oluşturur (Şekil 2). Bu temel üzerine Eosen ve Miyosen istif yerleşmiştir. Eosen istifin tabanında kumtaşı, siltaşı ve silisifiye tuf serileri içeren ve derin deniz ortamında çökelmiş olan Gaziköy Formasyonu bulunmaktadır. Gaziköy'ün kuzeyinde ve batısında KD-GB uzanımlı yüzeylenen bu formasyonun yaşı Orta-Üst Eosen'dir (Siyako, 2006). Tavanındaki istiflerle dereceli geçişli bir karakterde olan bu formasyon (Şentürk ve diğerleri, 1998), Üst Eosen'e ait çakıltı ara düzeyli, kumtaşı ve kıltaşı ardalanmasından oluşan Korudağ Formasyonu tarafından kaplanmıştır (Şekil 2). Denizaltı yelpaze çökellerinden meydana gelen Korudağ Formasyonu inceleme alanında Ganos Fayının kuzeyinde ve güneyinde izlenebilmektedir. Bu istifin üzerine tabanındaki birimlerle dereceli geçişli veya uyumsuz olarak bulunan Üst Eosen'e ait kireçtaşlarından oluşan Soğucak Formasyonu yerleşmiştir (Şekil 2). İnceleme alanında Doluca Tepe çevresinde yayılış gösteren bu istif, Üst Eosen yaşındaki kumtaşı ve kıltaşı ardalanmasından oluşan Keşan Formasyonu tarafından örtülür. İnceleme alanında Eosen istifin çatısında yer alan Keşan Formasyonu ise inceleme alanının kuzeyinde yayılış gösterir.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Erkal, 1983; Hancock ve Erkal, 1991; Yaltırak, 1995; 1996; Şentürk ve diğerleri, 1998; Okay ve diğerleri, 2008'den faydalanılarak)

İnceleme alanında Miyosen istif tabandan akarsu, göl ve kıyı ortamını karakterize eden kumtaşı, çakıltaşı, kireçtaşı, miltaşı, kıltaşı litolojilerinden meydana gelen Orta-Üst Miyosen yaşındaki Çanakkale Grubu tarafından uyumsuz olarak kaplanır. Bu jeolojik istif grubu, inceleme alanının güneybatı kanadında yüzeylenmekte olup, Gazhanedere, Anafarta ve Bayraktepe olmak üzere 3 üyeden oluşur. Gazhanedere Üyesi, Orta-Üst Miyosen'e ait miltaşı, kumtaşı, kıltaşı ve çakıltaşı litolojilerinden meydana gelmektedir ve inceleme alanında Hoşkoy'un güneybatısı ve batısında yayılış gösterir. Akarsu kökenli kumtaşı, miltaşı ve kıltaşıdan oluşan Anafarta Üyesi, inceleme alanında Gaziköy-Şarköy arasında yüzeylenmekte olup, Orta-Üst Miyosen yaşındadır (Şentürk ve Karaköse, 1987). Lagün, kıyı ve kıyı ötesi ortama ait kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve oolitik kireçtaşı litolojilerinden oluşan çökellerden meydana gelen (Sümengen ve diğerleri, 1987) Bayraktepe Üyesi ise inceleme alanında Eriklice'nin kuzeyinde yayılış gösterir ve Üst Miyosen yaşındadır (Siyako, 2006). İnceleme alanındaki en genç oluşumlar Kuvaterner'e ait alüvyonlardır. Bu birimler litolojik olarak kil boyutundan çakıl boyutuna kadar değişen ve tutturulmamış malzemeler içerir. Bu malzemeler genellikle akarsuların yataklarında veya akarsuların denize döküldükleri sahalardaki kıyı ovalarında yayılışa sahiptir (Şekil 2).

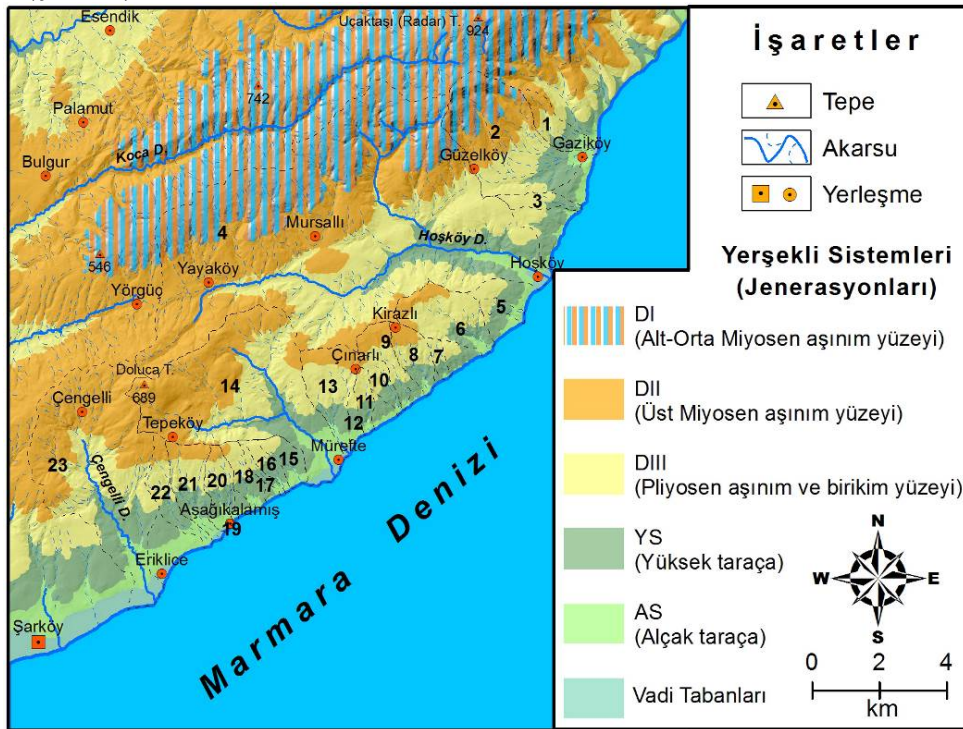
Tektonik olarak, Ganos Fayının etki alanında yer alan bu sahada sıkışma rejimi şeklinde kendini gösteren tektonik aktivitelere bağlı olarak kıvrımlar ve faylanmalar yaşanmıştır (Yaltırak, 1996). Temeli oluşturan araziler Alpid orojenezi nedeniyle kıvrılmış, daha sonraki süreçte gelişen faylanmalar ise güncel jeomorfolojinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. bu bakımdan inceleme alanında kıvrım, bindirme ve fay gibi yapısal unsurlar da bulunur.

İnceleme alanında gözlenen kıvrım yapıları hem Paleotektonik hem de Neotektonik dönemde oluşmuştur. Paleotektonik dönemde oluşan kıvrımlar Üst Oligosen, Neotektonik dönemde oluşan kıvrımlar ise Üst Miyosen ve Pliyosen'de etkili olan tektonizmanın varlığı altında şekillenmiştir (Yaltırak, 1995). İnceleme alanında kıvrım yapılarının yanında çeşitli büyüklüklerde bindirme faylarının etkisiyle meydana gelmiş sürüklenimler de mevcuttur. Bu



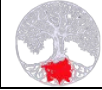
süreklenimler; KCBF (Kocaçay bindirme fayı), DBF (Dolucatepe bindirme fayı) ve TBF (Tepeköy bindirme fayı)'dır (Yaltırak, 1996). İnceleme alanının günümüz tektonik yapısının şekillenmesinde Kuzey Anadolu Fayı ve bu bölgedeki uzantıları etkili olmuştur. İnceleme alanını esas etkileyen Ganos Fay sistemi ise kuzeyinde ve güneyinde bulunan ana faya paralel veya paralele yakın faylardan oluşur. Bu faylar çoğunlukla doğrultu atımlı ve bindirme karakterlidir (Yaltırak, 1996). Sahayı etkileyen diğer faylar ise ÇF (Çengelli Fayı), AF (Araplı Fayı), KTF (Kuzey Tepeköy Fayı), GTF (Güney Tepeköy Fayı), MF (Mürefti Fayı) ve UF (Uçmakdere Fayı)'dır (Erkal, 1983; Yaltırak, 1996; Okay ve diğerleri, 2008).

İnceleme alanında jeomorfolojik gelişim döngüsü esnasında meydana gelen gerek tektonik hareketler gerekse iklim ve deniz düzeyi değişimleri ile kesintilere uğramış uzun bir aşınım sürecinin farklı evrelerini karakterize eden yerşekli jenerasyonları bulunur (Erol, 1989). Bu birimler Erol (1979; 1981; 1983) sistemine göre beş jeomorfolojik döneme ayrılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. İnceleme alanının yerşekli sistemleri (jenerasyonları) haritası (Altın, 1992; 2000 ve Sekin, 1993'den faydalanılarak)

İnceleme alanının çatı kesimine (470 - > m) karşılık gelen Alt-Orta Miyosen (DI) aşınım yüzeyleri, Miyosen başlarında yükselerek karasal şartlar altına giren bu sahada kuvvetli aşınım sonucunda ve nemli-sıcak morfoiklimatik şartların denetimi altında oluşmuştur. Bu yüzeylerle yaşıttortulları ise Çanakkale Grubundan Gazhanedere Üyesine ait birimler oluşturur (Altın, 1992). Üst Miyosen esnasında meydana gelen morfoitektonik gelişme ve giderek daha da kurak bir karakter kazanan sıcak iklim şartlarında egemen olan aşınım döngüsünün etkisi altında Alt-Orta Miyosen yaşlı aşınım yüzeylerinin zararına gelişen Üst Miyosen (DII) aşınım yüzeyleri teşekkül etmiştir. Bu yüzeyler 270-470 m yükselti seviyelerinde yayılış göstermekte olup, bir bakıma Alt-Orta Miyosen yaşlı yüzeyin devamı halindedir (Altın, 1992). İnceleme alanında 130-270 m yükselti seviyesinde izlenebilen Pliyosen (DIII) aşınım ve birikim yüzeyleri ise hem tektonik gençleşme hem de iklimin yarı nemli (subtropikal) şartlara dönmesiyle birlikte artan akarsu etkinliği sonucunda Üst Miyosen aşınım yüzeylerinin zararına tekevvün etmiştir. Her iki yüzeyle yaşıttortulları ise çevre alçak sahalarda birikmiştir. Kuvaterner'de meydana gelen tektonik değişiklikler ve iklim şartlarına



bağlı olarak ortaya çıkan yüksek (SY; 50-130 m) ve alçak (SA; 10-50) seki sistemleri ise inceleme alanındaki diğer yerçekli jenerasyonlarına tekabül eder.

İnceleme alanının yukarıda bahsedilen jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri bu sahadaki tektonik etkinliğin hala aktif olduğuna işaret etmektedir. Zira bu aktif durum, inceleme alanında gerek akarsu ağına gerekse jeolojik ve jeomorfolojik yapıya önemli izler nakşetmiştir. Söz konusu duruma istinaden inceleme alanı olarak ilgili saha seçilmiştir. Ayrıca yörede daha önce yapılmış jeolojik (Yaltırak, 1995; 1996; Kaya, 2000; Kaya ve diğerleri, 2004; Okay ve diğerleri, 2008) ve jeomorfolojik (Altın, 1992; 2000; Sekin, 1993) kapsamlı çalışmalarda da özellikle inceleme alanında tektonik etkinlikle alakalı birçok delil sunulmuş olmasına rağmen, bu etkinliğin derecesiyle alakalı herhangi bir malumata ulaşılmamıştır. İlgili boşluğun giderilmesi daha sonraki yerbilimsel çalışmalar bakımından elzemdir. Bütün bu ve benzer sebepler çalışmanın yapılmasını zaruri kılmıştır.

3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın temel materyalini HGK (Harita Genel Komutanlığı) tarafından hazırlanan Türkiye Topoğrafya Haritalarının 1/25.000 ölçekli BANDIRMA G18; a3, b4, c1, d2, d3 numaralı topoğrafya paftaları oluşturmaktadır. Morfometrik analizler ilgili haritalar kullanılarak oluşturulan 10x10 m çözünürlüğündeki SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) esas alınarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan diğer tematik haritalar ise Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan veriler, türleri ve tedarik edildiği kaynaklar

Veri türü	Veri kaynağı	Üretilen veri
Topoğrafya haritaları (Ölçek: 1/25.000 - BANDIRMA G18; a3, b4, c1, d2, d3)	Harita Genel Komutanlığı, 1997 Harita Genel Komutanlığı, 2001	Temel harita verileri (tepe, akarsu vs.) SYM
Jeoloji haritası (Ölçek: 1/100.000)	Şentürk ve diğerleri, 1998	Litolojik & Tektonik birimler
Gaziköy-Mürefte arasının jeoloji haritası	Yaltırak, 1995	Litolojik & Tektonik birimler
Ganos Fayı çevresinin jeoloji haritası	Okay ve diğerleri, 2008	Tektonik birimler
Ganos Fayı çevresinin sadeleştirilmiş tektonik yapı haritası	Yaltırak, 1995	Tektonik birimler
Ganos Fay Sistemi’nin ve çevresinin yapı ve morfoloji haritası	Yaltırak, 1996	Tektonik birimler
Jeomorfoloji haritası	Altın, 1992; Sekin, 1993	Yerçekli sistemleri
Şarköy-Gaziköy çevresindeki Neotektonik Faylar haritası	Erkal, 1983	Tektonik birimler
Şarköy-Mürefte arasında fay dönüşümleri ve seki alanları haritası	Hancock ve Erkal, 1991	Tektonik & Jeomorfolojik birimler

Çalışmada göreceli tektonik aktivite etkisini tespit etmeye yönelik olarak geliştirilmiş morfometrik parametreler kullanılmıştır. Bu amaçla inceleme alanında yer alan 23 akarsu havzası sekiz morfometrik parametreye göre analiz edilmiştir (Tablo 2). Bu parametreler hipsometrik integral (Hi), akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL), fraktal boyut (FD), havza asimetri faktörü (AF), topoğrafik simetri faktörü (T), havza şekil indeksi (Bs), Vadi tabanı genişliği-vadi yüksekliği oranı (Vf) ve dağ önü sinüsitesi (Smf)’tir.



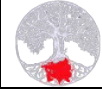
Tablo 2. İnceleme alanındaki havzaların morfometrik parametre değerleri (D) ile sınıfları (S) ve göreceli tektonik aktivite (GTA) değerleri (D) ile sınıfları (S)

Havza Alanı	SL		AF		T		HI		Vf		Bs		Smf		FD		GTA	
	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S
1	152.67	1	43.86	3	0.36	2	0.36	3	0.70	3	3.55	1	8.04	3	0.86	3	2.38	4
2	170.17	1	50.49	2	0.26	3	0.42	2	0.10	1	1.40	3	6.99	3	0.85	3	2.25	3
3	78.24	3	62.11	1	0.25	3	0.57	1	0.77	3	4.92	1	2.83	2	0.00	1	1.88	1
4	130.80	1	24.60	3	0.45	1	0.46	2	-0.37	1	1.41	3	2.33	1	0.97	3	1.88	1
5	120.38	1	65.50	1	0.34	2	0.47	2	-1.52	1	2.61	1	2.68	2	0.50	1	1.38	1
6	78.58	3	59.52	2	0.13	3	0.55	1	0.05	1	1.73	2	2.14	1	0.67	2	1.88	1
7	98.61	2	33.43	3	0.58	1	0.50	2	-0.34	1	3.69	1	2.02	1	0.63	2	1.63	1
8	100.25	2	28.85	3	0.45	1	0.51	1	0.64	3	2.34	2	2.31	1	0.90	3	2.00	2
9	116.59	2	52.74	2	0.35	2	0.63	1	-0.05	1	2.06	2	1.78	1	0.71	2	1.63	1
10	108.01	2	64.05	1	0.35	2	0.49	2	1.73	3	2.83	1	1.71	1	0.68	2	1.75	1
11	72.71	3	64.20	1	0.37	2	0.47	2	0.30	2	4.02	1	2.26	1	1.00	3	1.88	1
12	40.71	3	56.78	2	0.25	3	0.35	3	0.66	3	2.70	1	1.89	1	0.68	2	2.25	3
13	100.48	2	47.79	3	0.26	3	0.57	1	-1.13	1	1.96	2	1.73	1	0.72	2	1.88	1
14	118.05	2	24.84	3	0.48	1	0.39	3	0.06	1	1.17	3	1.45	1	0.94	3	2.13	2
15	52.57	3	29.40	3	0.46	1	0.41	2	0.97	3	2.38	2	2.57	2	1.00	3	2.38	4
16	47.40	3	55.34	2	0.43	1	0.45	2	0.81	3	4.01	1	3.59	3	0.00	1	2.00	2
17	66.88	3	61.63	1	0.32	2	0.44	2	0.58	3	8.18	1	4.80	3	0.56	1	2.00	2
18	82.56	2	44.01	3	0.35	2	0.41	2	0.70	3	2.53	1	1.65	1	0.86	3	2.13	2
19	40.39	3	42.86	3	0.34	2	0.40	2	-1.73	1	4.39	1	2.71	2	0.00	1	1.88	1
20	88.47	2	75.64	1	0.29	3	0.40	2	-1.21	1	2.67	1	3.18	2	0.86	3	1.88	1
21	92.93	2	38.56	3	0.39	2	0.42	2	0.68	3	2.50	1	3.20	2	1.00	3	2.25	3
22	107.63	2	57.50	2	0.23	3	0.36	3	1.08	3	4.92	1	2.62	2	0.86	3	2.38	4
23	103.07	2	55.77	2	0.15	3	0.40	2	0.13	2	1.91	2	2.67	2	0.95	3	2.25	3

Daha sonra ilgili indisler literatürde bildirildiği üzere üç sınıf altında toplanmış ve akabinde ise bu sınıfların ortalama değerleri tespit edilmiştir (Tablo 2). Değer sonuçları göreceli tektonik aktivitenin etkisinin derecelendirmesinde kullanılan dört sınıfa ayrılmıştır (El Hamdouni ve diğerleri, 2008; Mahmood ve Gloaguen, 2012). Aynı zamanda çalışmada yapılan morfometrik analiz uygulamaları CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) temelli mekânsal analiz seçeneğiyle değerlendirilmiştir. Böylece aktif tektoniğin etkisinin inceleme alanındaki dağılışı da tespit edilmiştir. Araştırmanın gözlem safhasında inceleme alanına yönelik sistematik bir şekilde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu geziler esnasında inceleme alanında aktif tektonikle alakalı gözlemler yapılmış, literatür bilgileri karşılaştırılmış ve fotoğraf çekimleri gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise farklı yöntemlerle elde edilen bütün bulgular, büro çalışmaları kapsamında metin ve şekillere aktarılmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

Tektonik açıdan aktif bölgelerde drenaj ağı, akarsu aşındırması, havza asimetrisi ve drenaj geometrisi, kıvrılma ve faylanma gibi tektonik unsurlar neticesinde asli yapısından uzaklaşarak, farklı bir karaktere bürünür (Cox, 1994). Aktif tektoniğin etkisiyle kazanılan bu karakter özellikleri ise morfometrik parametreler yardımıyla anlaşılıp, çözümlenebilir. Zira



aktif deformasyon süreçlerinin anlaşılmasında önemli göstergeler olarak kabul edilen morfometrik parametrelerin, aktif tektonik tarafından deformasyona uğramış bölgelerin ayırt edilmesinde keşif aracı olarak çok yaygın bir şekilde kullanıldığı bildirilmektedir (Keller ve Pinter, 2002; Chen ve diğerleri, 2003). Buna mukabil söz konusu indisler yardımıyla drenaj ağı veya dağ önü boyunca izlenen anomalilerinde tespit edilebileceği ileri sürülmüştür (El Hamdouni ve diğerleri, 2008). Bu çalışmada inceleme alanındaki göreceli tektonik aktivite etkisi aşağıdaki morfometrik parametreler yardımıyla değerlendirilmiştir.

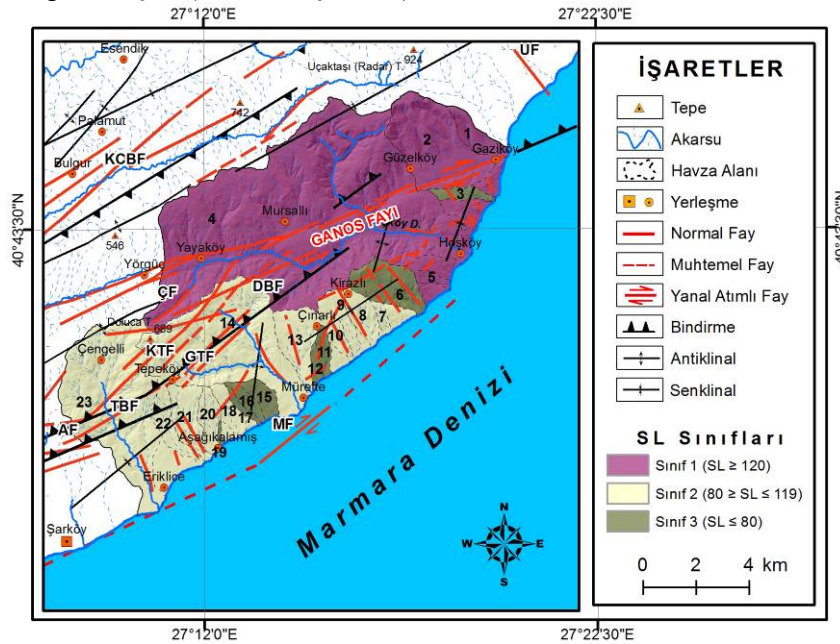
4. 1. Akarsu Uzunluk - Gradyan İndeksi (SL)

Aktif tektonik deformasyona ait önemli bir kanıt olarak değerlendirilen SL indeksi, bir akarsuyun bir veya birden fazla kısmında görülen akarsu gücü, litoloji, eğim ve tektonik deformasyon ilişkilerinin açıklanmasında kullanılmaktadır (Hack, 1973; Keller ve Pinter, 2002). Bu indeks aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

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

Burada; SL akarsu uzunluk-gradyan indeksini, ΔH akarsu kanalının yüksekli farkını, ΔL akarsu kanal parçasının uzunluğunu, L indeks ölçüm noktası ile akarsu kaynak yükseltisi arasındaki mesafenin m olarak değerini ifade eder. Ancak genel bir kural olarak ΔL değeri L değerinden daha küçük olmalıdır (Hack, 1973). SL indeksi incelendiğinde, SL değerinin yüksek çıkması için akarsu kanalının yükselti farkının (ΔH) ve akarsuyun incelenen kısmının orta noktası ile akarsuyun yukarı çıkışındaki en yüksek nokta arasındaki mesafenin (L) artarken, akarsu kanal parçasının uzunluğunun (ΔL) azalması gerekmektedir (Bekaroğlu, 2013). Bu nedenle SL değerleri arttıkça akarsuyun yatak eğimi artmakta ve aşındırma hızlanmaktadır (Cürebal ve Erginal, 2007).

İnceleme alanındaki SL değerleri tüm akarsu havzalarını kapsayacak şekilde 246 noktadan rastgele alınan ölçüm sonuçlarına göre belirlenmiştir (Tablo 2; Şekil 4). Elde edilen değerler, literatürde bildirildiği şekilde (El Hamdouni ve diğerleri, 2008; Mahmood ve Gloaguen, 2012) sınıf 1 ($SL \geq 120$), sınıf 2 ($80 \leq SL \leq 119$) ve sınıf 3 ($SL \leq 80$) olmak üzere üç grup altında toplanmıştır (Tablo 2; Şekil 4).



Şekil 4. İnceleme alanının SL haritası

Bu değerlerin havzalara göre ortalaması 40.39-170.17 arasında değişmekte olup, ortalama SL değeri 94.27 (Sınıf 2)'dir (Tablo 2). Ortalama SL değeri en düşük 19, en yüksek ise 2 numaralı havzalarda tespit edilmiştir. Bu bulgu 2 numaralı havzadaki kayaçların 19



numaralı havzadaki kayalarla oranla daha dayanıklı olduğunu göstermektedir. Zira SL değeri büyüdükçe kayaların aşınmaya karşı dayanıklılığı da artmaktadır (Bekaroğlu, 2013).

Bu bağlamda SL indekslerinin değerlendirmesinde kullanılan kaya direnci sınıflandırması (Yıldırım, 2014) kullanılarak inceleme alanındaki birimlerin dayanıklılığı tespit edilmiştir. Buna göre kayalar; a) çok düşük dayanımlı (alüvyon, gölsel kireçtaşı, jips, marn), b) düşük dayanımlı (konglomera, kumtaşı), c) orta dayanımlı (kumlu kireçtaşı, şeyl), d) yüksek dayanımlı (bazalt, ignimbirit) ve e) çok yüksek dayanımlı (mermer, kuvars şist, gabro, granitoid ve gnays) olmak üzere beş gruba ayrılmıştır (Yıldırım, 2014). Sınıflandırma sonuçlarına göre 2 numaralı havzada yer alan formasyonlar (Gaziköy ve Korudağ formasyonları) orta, 19 numaralı havzada yer alan formasyon (Anafarta Üyesi) ise düşük dayanımlı bir karakter taşımaktadır.

Genel olarak inceleme alanında Ganos Fayı ve çevresinde SL değerleri büyürken, buna karşın, özellikle herhangi bir fay uzantısının olmadığı sahanın KB kesiminde ilgili indeks değerleri küçülmektedir. Söz konusu değişim tektonik etkinliğe bağlı faylanmanın neticesinde gerçekleşmiş olmalıdır. Keza Yıldırım ve Karadoğan (2011) Dicle vadisinin bazı kesimlerinde SL indeksinin faylanmanın etkisiyle büyüdüğünü ve aynı zamanda faylanmanın akarsu yatağında bir eğim kırıklığına da yol açtığını savunmuşlardır (Yıldırım ve Karadoğan, 2011).

4. 2. Asimetri Faktörü (AF)

Akarsu havzalarında akışa dik bir doğrultu boyunca tektonik çarpılmanın varlığını tespit etmek maksadıyla geliştirilen (Hare ve Gardner, 1985; Keller ve Pinter, 2002) asimetri faktörü, topoğrafyanın gelişim süreçlerinde (Burbank ve Anderson, 2001) ve şekillenmesinde rol oynayan tektonik etkilerin açıklanmasında anahtar bilgiler sunar (Ata, 2008). Bu faktör, aşağıdaki eşitlik yardımıyla saptanmaktadır.

$$AF = 100 \times (A_r / A_t)$$

Burada; A_r drenaj havzasının akış yönünde bakarken (yani membadan mansaba bakış doğrultusunda), ana derenin sağında kalan alanı, A_t ise drenaj havzasının toplam alanını temsil eder. Genel olarak diğer koşullar (röliyef, litoloji, iklim, vejetasyon vb.) sabit kabul edildiğinde, akarsu drenaj ağının tektonik olarak sakin bir bölgede gelişmesi durumunda AF oranı yaklaşık 50 civarındadır (Bekaroğlu, 2013). Söz konusu değerlerinin 50'den giderek uzaklaşması, havzadaki tektonik çarpılmanın etkinliğinin arttığına işaret eder (Özkaymak, 2012). Bu sebeple inceleme alanındaki asimetri faktörü 50'den uzaklaşma değerleri göz önünde bulundurularak tespit edilmiştir (Mahmood ve Gloaguen, 2012). Daha sonra bu değerler sınıf 1 ($AF > 10.0$), sınıf 2 ($10.0 < AF < 0.1$) ve sınıf 3 ($0.1 < AF$) olmak üzere üç kategoride toplanmıştır (Tablo 2; Şekil 5). Ortalama asimetri oranının -3.31 (sınıf 3) olduğu inceleme alanında, havzaların asimetri değeri 24.6-75.6 arasında değişir.

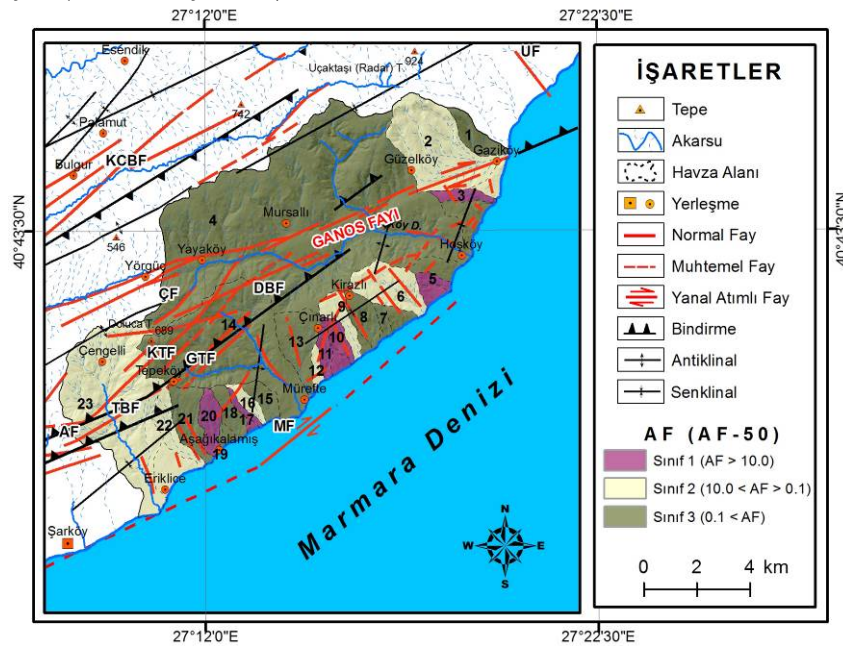
4. 3. Topoğrafik Simetri Faktörü (T)

Akarsu havzalarının gelişimi üzerinde tektonik kontrolün tanımlanmasında sıklıkla kullanılan bu indis (Hare ve Gardner, 1985; Cox, 1994; Öztürk ve Erginal, 2008), havza asimetrisini etkileyen ve drenaj havzası asimetrisiyle birlikte uygulanabilecek bir diğer morfometrik indeks olarak ifade edilmiştir (Bekaroğlu, 2013). Topoğrafik simetri faktörü aşağıdaki formül çerçevesinde hesaplanır.

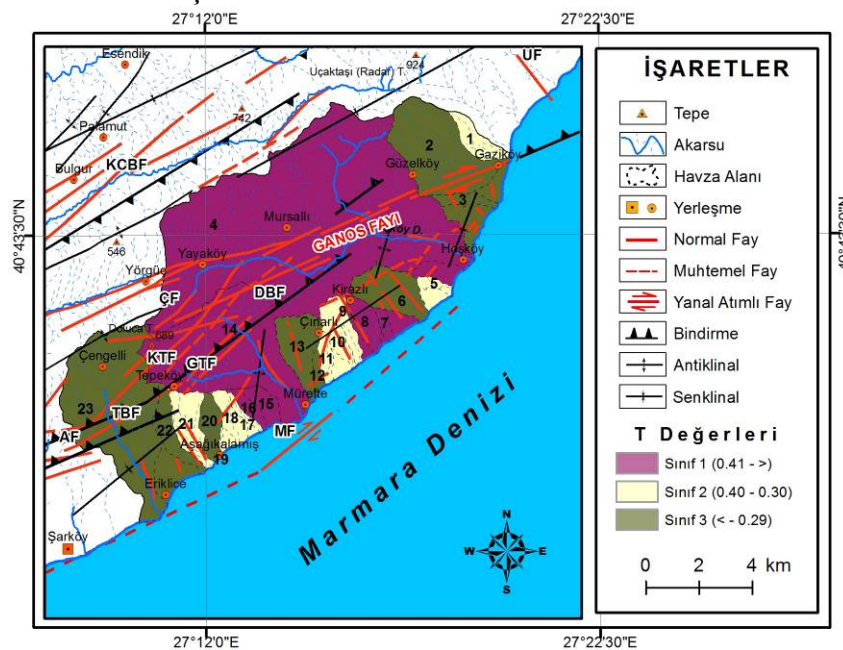
$$T = D_a / D_d$$

Burada; D_a havza ortası eksenini ile aktif menderes kuşağı arasındaki mesafe, D_d ise havza ortası eksenini ile su bölümü arasındaki mesafedir (Keller ve Pinter, 2002; Erginal ve

Cürebal, 2007; Cürebal ve Erginal, 2007). Bu bakımdan tümüyle simetrik bir havzada “0 (sıfır)” olarak ölçülen indis değeri, tektonik çarpılmanın etkisi arttıkça havzanın simetrik durumdan uzaklaşmasına bağlı olarak “1” değerine yaklaşır. İnceleme alanındaki havzaların T değerleri, her akarsu havzasının farklı kesimlerinden rastgele alınan örneklerin ortalama değerlerine göre tespit edilmiştir. Zira Bekaroğlu (2013) bir havza boyunca akan akarsu boyunca T hesaplamalarının farklı segmentler üzerinde yapılmasının muhtemel aktif tektonik deformasyonun yönü ve şiddeti hakkında daha geniş ölçekli bilgiler elde edilmesini mümkün kıldığı bildirmiştir. Elde edilen değerler daha sonra formül içeriği doğrultusunda hesaplanmış ve ortalama T değerleri; sınıf 1 (0.41->), sınıf 2 (0.40-0.30) ve sınıf 3 (<-0.29) olarak gruplandırılmıştır (Tablo 2; Şekil 6).



Şekil 5. İnceleme alanının AF haritası



Şekil 6. İnceleme alanının T haritası

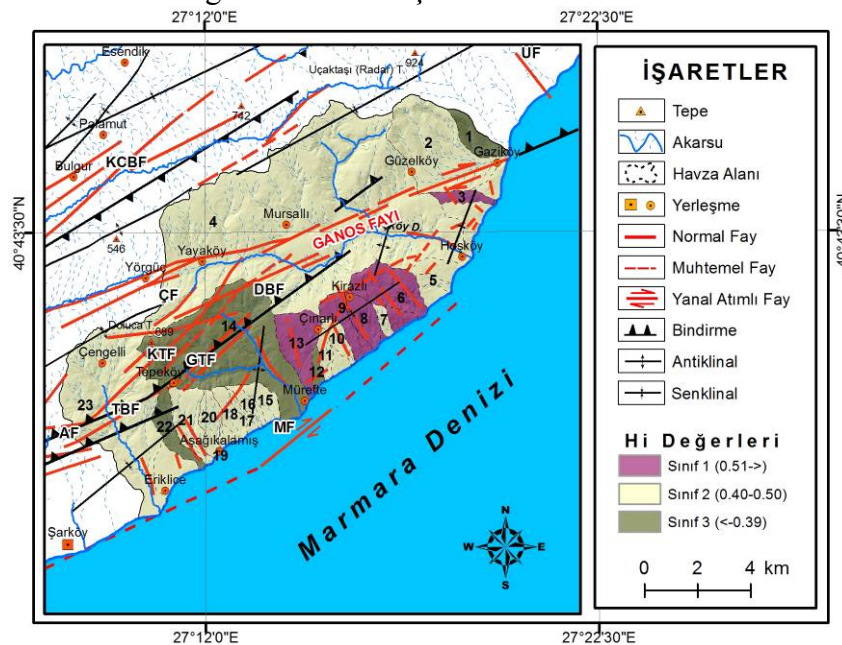
Toplam alanı 132 km² olan inceleme alanındaki havzalarda belirgin bir asimetri fonksiyonu tespit edilmiştir. Bu fonksiyona göre asimetri oranının en fazla 7, en az ise 6

numaralı havzalarda olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Ortalama asimetri oranının 0.34 (sınıf 2) olduğu inceleme alanında, tam simetri ölçüsünden uzak olan bu değer havzadaki asimetrisinin varlığının kanıtıdır. Keza Erginal ve Cürebal (2007) Soldere, Cürebal ve Erginal (2007) Mıhlı, Öztürk ve Erginal (2008) Bayramdere havzaları dahilinde benzer bulgulara ulaşmışlardır.

4. 4. Hipsometrik integral (Hi)

Hipsometrik eğriyi karakterize etmenin en basit yollarından birisi olan H_i , hipsometrik eğri altında kalan toplam alana karşılık gelir (Özdemir, 2007; Ekinci, 2011). Aktif tektonik deformasyonun etkinliğine işaret eden bu indis, aynı zamanda tektonik olarak aktif ve pasif sahaların tespit edilmesinde önemli ipuçları sunar. Zira yüksek H_i değerleri genç bir topoğrafya ve tektonik olarak aktif alanların, düşük H_i değerleri ise olgun-yaşlı bir topoğrafya ve tektonik olarak pasif alanların varlığının alametidir (Bekaroğlu, 2013). H_i indeksine, ortalama ve minimum yükseklik arasındaki farkın, maksimum ve minimum yükseklik arasındaki farka oranlanmasıyla ulaşılır (Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990; Keller ve Pinter, 2002; Dehbozorgi ve diğerleri, 2010).

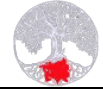
İnceleme alanındaki havzaların ortalama Hi değerleri; sınıf 1 (0.51->), sınıf 2 (0.40-0.50) ve sınıf 3 (<-0.39) olarak ayrılmıştır (Tablo 2; Şekil 7). Buna göre sahadaki ortalama Hi değeri 0.45 (Sınıf 2) olarak hesaplanmıştır. En yüksek Hi değerleri (0.63) 9 numaralı havzada görülürken, en düşük Hi değeri (0.35) 12 numaralı akarsu havzasında tespit edilmiştir (Tablo 2; Şekil 7). Bu sonuçlara göre inceleme alanındaki ortalama değer üzerinde Hi değerine sahip akarsu havzaları tektonik bakımdan aktif genç bir topoğrafyanın özellikleri sunarken, ortalamanın altındaki akarsu havzaları ise tektonik olarak pasif ve olgun bir topoğrafya yapısına sahiptir. Ayrıca inceleme alanında Hi değerinin yüksek olduğu sahalarda dış kuvvetler ve özellikle de akarsular tarafından gerçekleştirilen aşındırma, taşıma ve biriktirme faaliyetlerinin hâlâ etkili olduğu sonucuna ulaşılabilir.



Şekil 7. İnceleme alanının Hi haritası

4. 5. Vadi tabanı genişliği-vadi yüksekliği oranı (Vf)

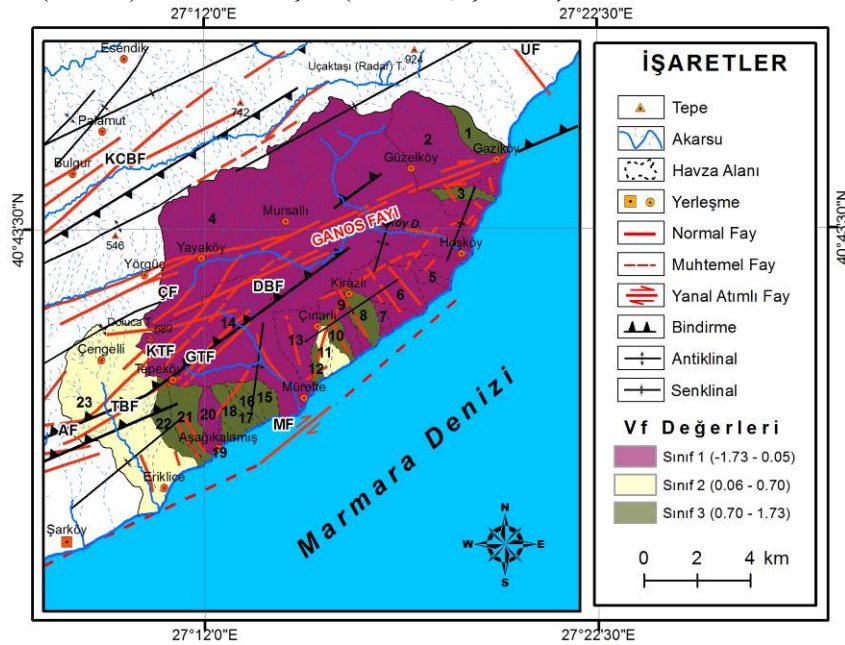
Tektonik etkinliğin akarsu vadi yamaçlarının profilleri üzerinde yaptığı tesirlerin anlaşılmasına müsaade eden (Bull ve McFadden, 1977; Keller, 1986) bu indis, esasında akarsuyun derine kazma faaliyetinin tektonikle olan ilişkisini yansıtmaları bakımından önem



arz eder (Keller ve Pinter, 2002; Erginal ve Cürebal, 2007). Yüksek Vf değerleri akarsuyun geniş bir vadi tabanı meydana getirdiğine ve dolayısıyla tektonik olarak sakin koşullara, düşük Vf değerleri ise akarsuyun derin bir vadide aktığına ve tektonik yükselimle ilişkili olarak yatağını derine kazdığına işaret etmektedir (Bekaroğlu, 2013). Bu indis aşağıdaki formül yardımıyla elde edilir.

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

Burada; Vf: Vadi Tabanı Genişliği – Vadi Yüksekliği Oranı, Vfw: Vadi Tabanı Genişliği, Eld: Sol Vadi Kesimi Yüksekliği, Erd: Sağ Vadi Kesimi Yüksekliği, Esc: Vadi Tabanı Yüksekliği'dir. İnceleme alanı için Vf değerleri literatürde bildirildiği üzere (Ramirez-Herrera, 1998; Tsodoulos ve diğerleri, 2008; Özkaymak, 2012) ~ 500 m mesafe aralıklarla alınan kesitler dahilinde 173 noktada tespit edilmiştir. Bu değerler Mahmood ve Gloaguen (2012) tarafından yapılan sınıflandırma göz önünde bulundurularak; sınıf 1 (-1.73-0.05), sınıf 2 (0.06-0.70) ve sınıf 3 (0.70-1.73) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır (Tablo 2; Şekil 8). Yapılan ölçüm ve hesaplamalar neticesinde -1.73 - 1.73 arasında belirlenen Vf değeri, ortalamada 0.16 (sınıf 2) elde edilmiştir (Tablo 2; Şekil 8).



Şekil 8. İnceleme alanının Vf haritası

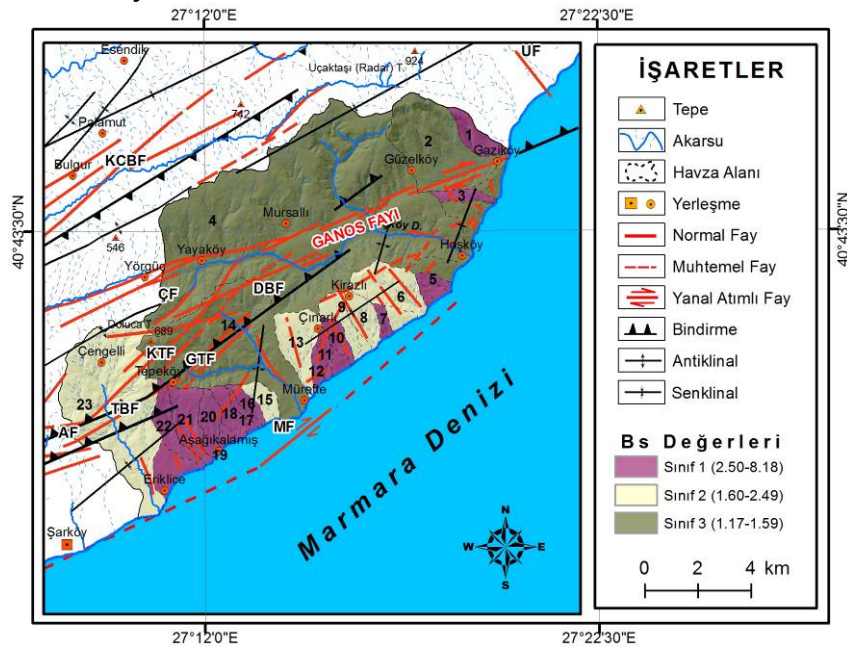
4. 6. Havza şekil indeksi (Bs)

Uzama oranı olarak da isimlendirilen bu indeks, bir akarsu havzasının yatay projeksiyonu ifade etmekte olup (Ramirez-Herrera, 1998), tektonik aktivitenin oranını yansıtmaktadır (Mahmood ve Gloaguen, 2012). Tektonik bakımdan aktif sahalardaki akarsu havzaları, bir dağın topoğrafik eğimine paralel olarak uzanma eğilimi gösterdiği için uzamış bir havza şekli kazanır. Bu uzamış havzalar, zaman içerisinde tektonik aktivitenin azalmasına bağlı olarak süregelen topoğrafik oluşum ve gelişim süreciyle beraber dairesel bir şekle dönüşür (Bull ve McFadden, 1977). Bu dönüşüm hadisesi, tektonik olarak aktif bölgelerdeki drenaj havzası genişliklerinin tektonik etkinlik neticesinde yukarıya doğru uzaması ve bu süreçte akarsu enerjisinin derine aşındırma eğilimi göstermesi şeklinde cereyan etmektedir. Havza şekil indeksi aşağıdaki denklem içeriği doğrultusunda hesaplanır (Mahmood ve Gloaguen, 2012).

$$Bs = B1 / Bw$$



Burada; Bs: havza şekil indeksi, B1 akarsuyun memba kısmı ile mansap kısmı arasındaki uzunluk, Bw maksimum havza genişliğini temsil etmektedir. Denklem sonucunda elde edilen yüksek Bs değerleri, göreceli olarak tektonik aktivitenin yüksek olduğu uzamış havzaları, düşük Bs değerleri ise göreceli olarak tektonik aktivitenin az olduğu dairesel havzaları teşhis etmektedir. İnceleme alanında Bs indeksi sınıf 1 (2.50-8.18), sınıf 2 (1.60-2.49) ve sınıf 3 (1.17-1.59) şeklinde kategorilendirilmiştir (Tablo 2; Şekil 9). Bu ayrıma göre 1 ve 2 numaralı sınıflar uzamış havzaları, 3 numaralı sınıf ise dairesel şekilli havzaları göstermektedir. İnceleme alanında genel olarak Bs indeksi 0.81-8.18 arasında değişmekte olup, ortalama olarak 3.04 (sınıf 2) değeri bulunmuştur. Bs değeri en yüksek (8.18) 17, en düşük ise (1.17) 14 numaralı havzalarda tespit edilmiştir (Tablo 2; Şekil 9). Buna göre Bs, inceleme alanının kuzey ve kuzeybatı kesimindeki havzalarda düşük, bazı havzalarda (1-3-5-7-10-11-12-16-17-18-19-20-21-22) ise yüksek değerler sergilemektedir. Söz konusu durum bilhassa yüksek Bs değerleri gösteren akarsu havzalarında tektonik etkinliğin daha baskın olduğunun delili olarak yorumlanabilir.



Şekil 9. İnceleme alanının Bs haritası

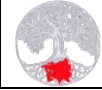
4. 7. Dağönü sinüsité indeksi (Smf)

Dağönlerinde meydana gelen tektonik aktivitenin oranını ölçmek için kullanılan (Bull ve McFadden, 1977; Keller ve Pinter, 2002; Silva ve diğerleri, 2003; Perez-Pena ve diğerleri, 2010) Smf indeksi, bir dağ cephesinde hüküm süren erozyonal süreçler ile aktif tektonik deformasyon arasındaki dengeyi yansıtmaları bakımından önem arz eder (Bekaroğlu, 2013). Bu indeks, aşağıdaki tanımlanan eşitlikle elde edilir (Bull, 1977).

$$Smf = Lmf/Ls$$

Burada; Lmf dağönü boyunca ani topoğrafya değişimi ile oluşan çizgiselliğin toplam uzunluğu (vadi önlerindeki belirgin kırılmalar da hesaba katılır), Ls ise dağönünün düz bir çizgi boyunca uzunluğunu yansıtır. Smf indeksi, erozyonal süreçlerin baskın olduğu tektonik anlamda pasif dağ önlerinde artarken, düz bir yapı ile karakterize edilen aktif dağ önlerinde meydana gelen yükselmelerin erozyonal süreçlere karşı daha baskın olduğu sahalarda ise düşer (Keller, 1986).

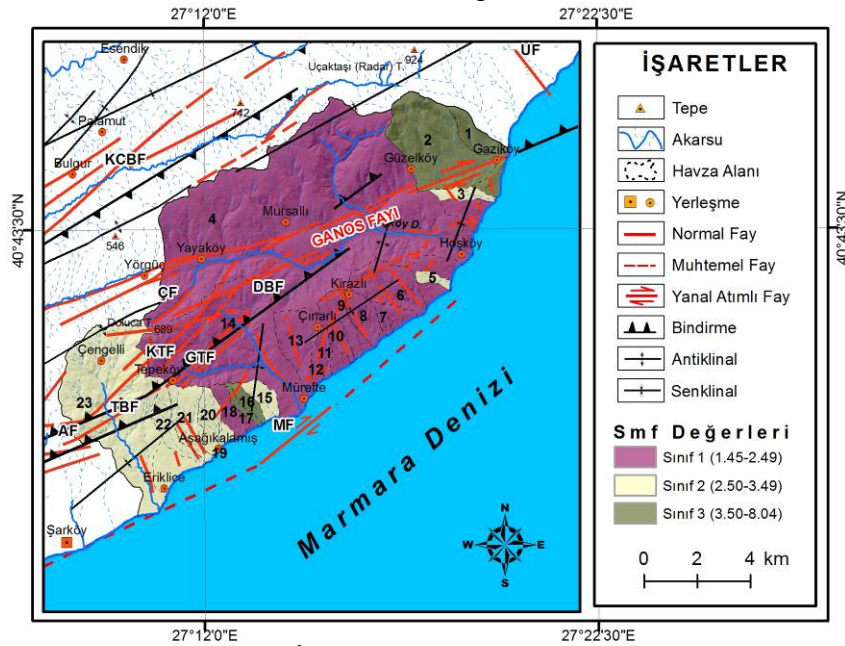
İnceleme alanındaki Smf değerleri, sınıf 1 (1.45-2.49), sınıf 2 (2.50-3.49) ve sınıf 3 (3.50-8.04) şeklinde üç farklı kategoriye ayrılmıştır (Tablo 2; Şekil 10). En düşük (1.45) 14 ve



en yüksek (8.04) 1 numaralı havzalarda belirlenen indeks değeri, ortalama olarak 2.92 (sınıf 2) olarak hesaplanmıştır (Tablo 2; Şekil 10). İnceleme alanında hesaplanan Smf indeksleri genel olarak düşüktür. Zira KAF zonu dâhilinde yapılmış çalışmalarda da kırık hattı boyunca uzanan vadilerin aktif tektonik deformasyona maruz kaldığını için düşük Smf değerleri gösterdiği bildirilmiştir (Tüysüz ve Erturaç, 2005; Tarı ve Tüysüz, 2008). İnceleme alanındaki Smf değerlerinin düşük olması sahanın tamamının tektonik olarak aktif olduğunun ispatı olarak algılanabilir. Zira yapılmış bazı çalışmalarda 1.4'ten daha az Smf değerlerinin, tektonik olarak aktif dağ önlerini göstermekte olduğu ileri sürülmüştür (Keller, 1986; Silva ve diğerleri, 2003; Perez-Pena ve diğerleri, 2010).

4. 8. Fraktal boyut (FD)

Doğada bulunan düzensiz nesnelerin tanımlanmasında klasik geometrinin yetersiz kaldığı durumlarda yararlanılan (Verbovsek, 2009) FD indisi, özellikle birbirine benzer (fraktal) özelliklere sahip düzensizliklerin mevcut olduğu akarsu drenaj ağının tektonik etkilere karşı hassasiyetini izah etmek için kullanılır (Guillermo ve diğerleri, 2004; Gloaguen ve diğerleri, 2007; Dombradi ve diğerleri, 2007). Temel olarak bir nesne ya da alandaki düzensizlik veya bölünme derecesinin miktarını belirleyen (Mahmood ve Gloaguen, 2012) bu indis, aşağıdaki denklem esasları dâhilinde hesaplanır.



Şekil 10. İnceleme alanının Smf haritası

$$FD = \lim_{s \rightarrow 0} \left(\frac{\log N(s)}{\log(1/s)} \right)$$

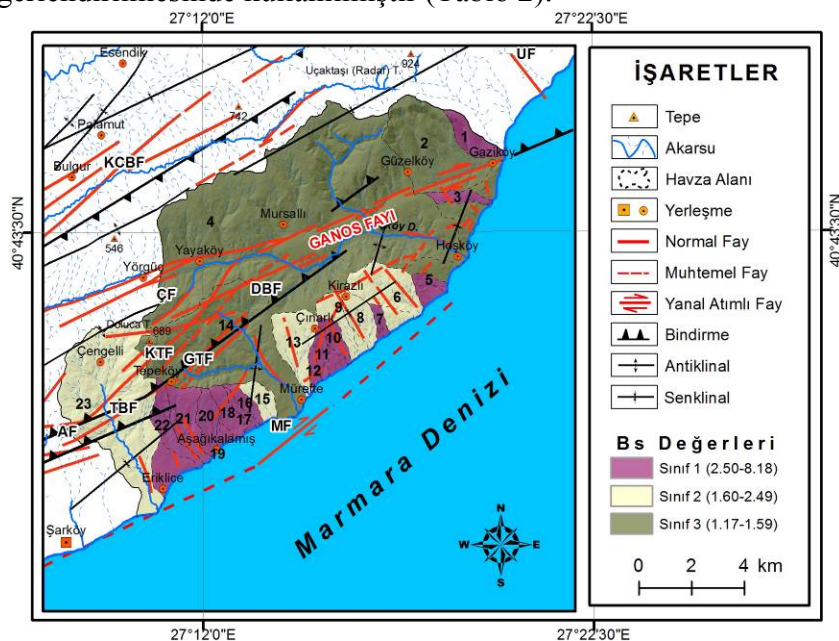
Burada, N (s) kutu sayısı, s ise işlemin uygulandığı kutu boyutu uzunluğudur. Ayrıca N (s) ve 1/s'nin log-log grafiği için en uygun çizginin eğimi se FD'ye eşittir. Söz konusu indisin elemanları, inceleme alanındaki akarsu havzalarının CSB teknikleriyle uyumlu Hawth's Tools kullanılarak 1 km genişliğinde karelere bölünmesiyle tespit edilmiştir. FD indisi tektonik deformasyona karşı son derece duyarlı alanlarda düşük iken, tektonik deformasyona duyarsız sahalarda ise yüksek değerlere ulaşır (Mahmood ve Gloaguen, 2012). FD değerleri mekânsal dağılımlarının göreceli analizine göre üç sınıf altında toplanmıştır (Tablo 2; Şekil 11). Bunlar; sınıf 1 (<-0.60) aktif yüzey deformasyonun yüksek olan sahalara;

sınıf 2 (0.60-0.80) yükselmenin orta derecede olduğu sahalalar; sınıf 3 (0.80->) düşük tektonik yükselme bölgelerine tekabül eder.

Ortalama FD değeri 0.71 (sınıf 2) olduğu inceleme alanında, en düşük değerler 3-16-19 numaralı havzalarda (0.00) ve en yüksek değerler ise 11-15-21 numaralı havzalarda (1.00) tespit edilmiştir. Bu durum inceleme alanında orta derecede bir yükselmenin işareti olarak yorumlanabilir. Zira Ganos Dağı'nda Orta Miyosen'den beri bir yükselmenin yaşandığını bilinmektedir (Erol ve Çetin, 1995; Çetin ve diğerleri, 1999).

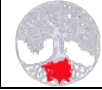
4. 9. Göreceli Tektonik Aktivitenin Değerlendirmesi

Akarsu havzalarındaki tektonik etkinliğin tespit edilmesinde çok önemli deliller ortaya koyan morfometrik analizlerde, birden fazla parametrenin kullanılması daha sağlıklı ve güvenilir sonuçlara ulaşılmasına yardımcı olur (Bekaroğlu, 2013). Zira yapılmış araştırmalarda da göreceli tektonik aktiviteye ilişkin yarı kantitatif bilgi vermek için iki veya daha fazla indis bileşiminin kullanılması gerektiği bildirilmiştir (Bull ve McFadden, 1977; Silva ve diğerleri, 2003). Bu bakımından her havzaya ait birbirinden farklı sekiz adet jeomorfik indisin ortalama değerlerini kapsayacak şekilde gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda ulaşılan değerler, inceleme alanında göreceli tektonik aktivitenin mekânsal dağılışının değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Tablo 2).



Şekil 11. İnceleme alanının FD haritası

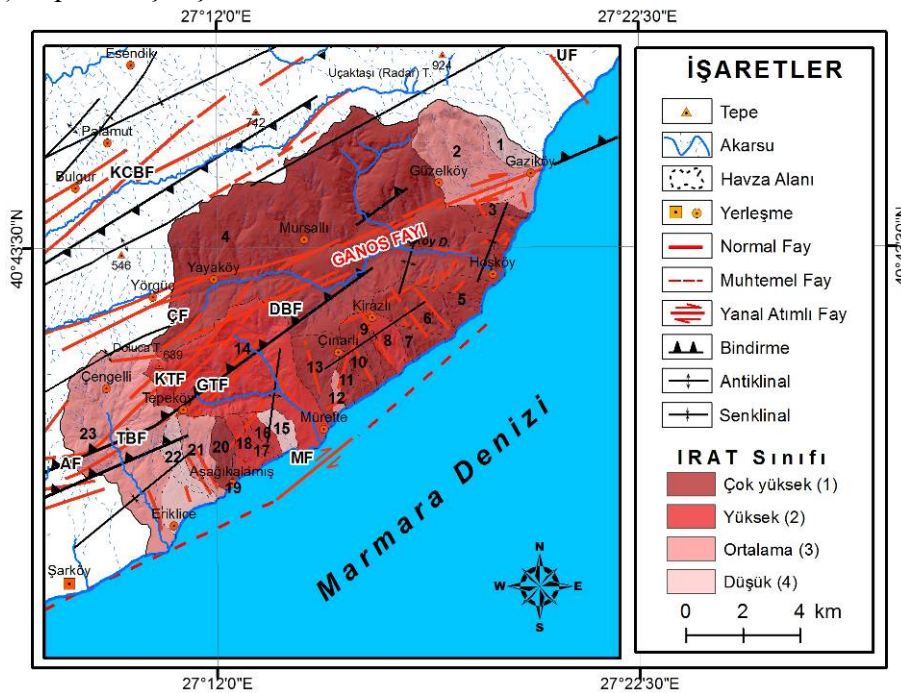
Göreceli tektonik aktivitenin etki derecesini gösteren bu kantitatif sonuçlar, literatürde bildirildiği üzere (El Hamdouni ve diğerleri, 2008; Mahmood ve Gloaguen, 2012) sınıf 1: çok yüksek (1.38-1.99), sınıf 2: yüksek (2.00-2.14), sınıf 3: orta (2.15-2.29) ve sınıf 4: düşük (2.30-2.38) şeklinde ayrılmıştır. Sonuçta sahanın yarısından fazlasında (% 56) çok yüksek (sınıf 1) göreceli tektonik aktivite etkinliği saptanmış ve ortalama değer olarak 1.99 (sınıf 1) derecesine ulaşılmıştır. Bu bulgu sahadaki tektonik aktivitenin çok yüksek derecede olduğunun ispatı olarak değerlendirilebilir. Bunun yanı sıra sahanın % 23'ünde orta (sınıf 3), % 17'sinde yüksek (sınıf 2) ve % 5'inde ise çok düşük (sınıf 4) oranlarında göreceli tektonik aktivite etkinliği hâkimdir (Tablo 1). İnceleme alanında tektonik hâkimiyetin en baskın olduğu havzalar, Güzelköy ve Görgüç arasında uzanan Ganos Fayı ve güneyindeki tabilerinin bulunduğu akarsu havzalarıdır. 1-15-22 numaralı havzalarda ise tektonik egemenlik en düşük seviyede gerçekleşmiştir (Şekil 12).



Tablo 3. İnceleme alanında göreceli tektonik aktivite sınıflarının, derecesinin ve değerlerinin dağılışı

Sınıf	Derece	Değer	Alan (km ²)	Oran (%)
Sınıf 1	Çok yüksek	1.29-1.99	74	56
Sınıf 2	Yüksek	2.00-2.14	22	17
Sınıf 3	Orta	2.15-2.29	30	23
Sınıf 4	Düşük	2.30-2.71	7	5
TOPLAM			132	100

İnceleme alanında göreceli tektonik aktivitenin etki derecesini gösteren bu sonuçlar, özellikle güncel tektonik durumun anlaşılması bakımından oldukça önemlidir. Zira inceleme alanında tektonik aktivitenin etki derecesinin çok yüksek ve yüksek sınıfta olduğu sahalar tektonik bakımdan aktif alanlara tekabül etmektedir. Zaten Altın (1992), Ganos Dağı'ndaki jeomorfolojik yapının oldukça arızalı bir karakter göstermesi, çarpılmış, ötelenmiş, alçalıp-yükselmiş genç jeomorfolojik birimlerin mevcudiyeti, akarsu kapmaları, aynı bölge içerisinde yaygın olarak gözlenen kütle hareketleri ve depremsellik gibi işaretlerin yöredeki tektonik hareketlerin varlığı ve bu hareketlerin devamlılığını gösteren önemli kriterler olduğunu zikretmiştir. Gerçekten de arazi çalışmaları esnasında tespit ettiğimiz, fay diklikleri, fay façetaları, fay yamaçları, asılı vadiler, akarsu kapmaları ve ötelenmeleri, asimetrik vadiler, çeşitli kıvrım tipleri ve yerşekli sistemlerinin yükselmesi gibi bulgular, ileri sürülen görüşü destekleyici olmuştur (Foto 1). Ayrıca sahada yapılmış jeolojik (Yaltırak, 1995; 1996; Kaya, 2000; Kaya ve diğerleri, 2004; Okay ve diğerleri, 2008) ve jeomorfolojik (Altın, 1992; 2000; Sekin, 1993) kapsamlı çalışmalarda bu durumu desteklemektedir.



Şekil 12. İnceleme alanında göreceli tektonik aktivitenin dağılışı haritası

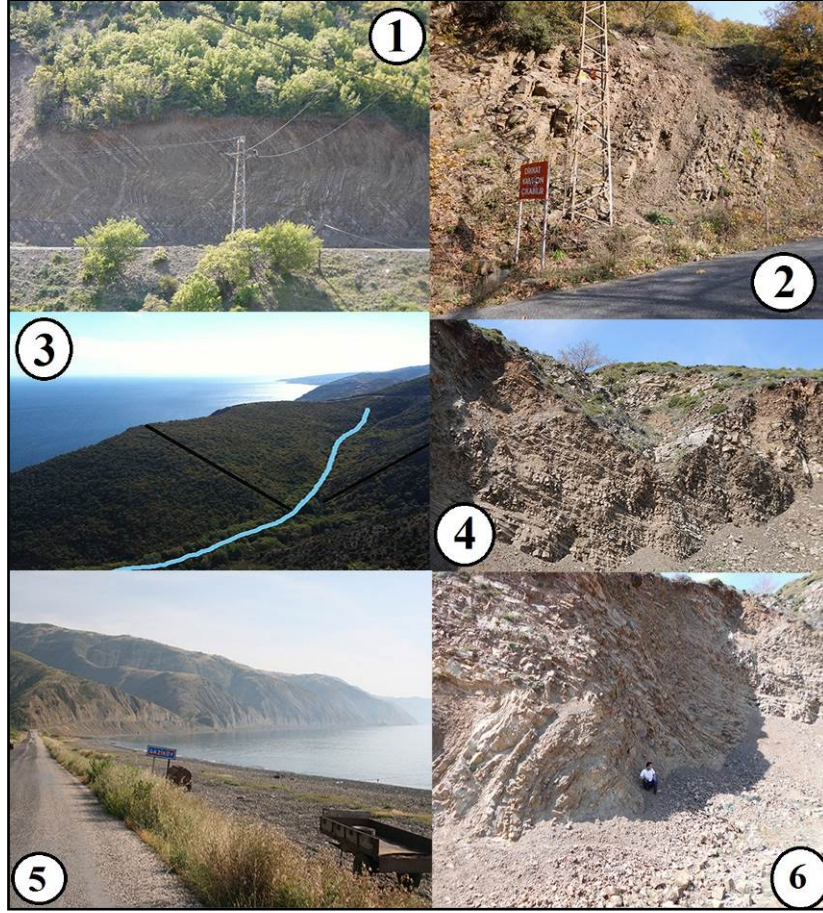
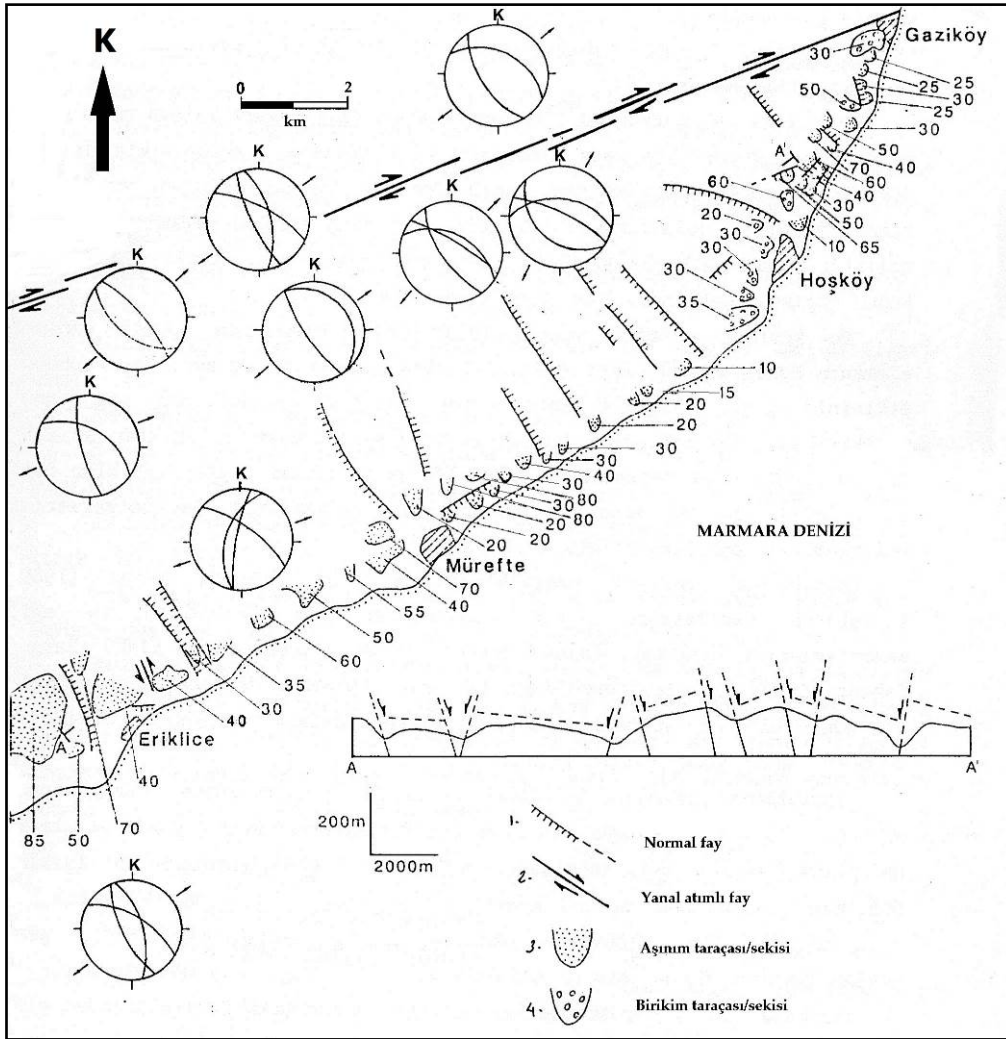
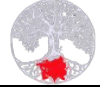
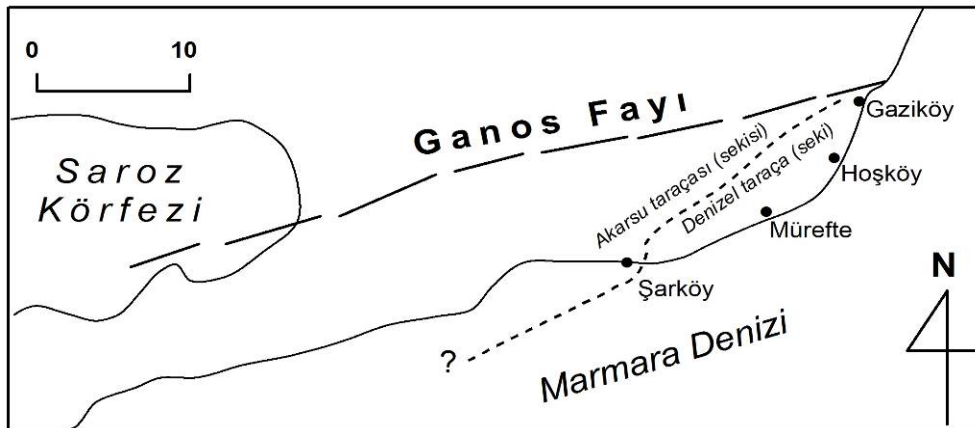


Foto 1. İnceleme alanında aktif tektoniğin emareleri (1-2-6: Kıvrımlar, 3: Asimetrik vadi, 4: Asılı vadi, 5: Fay yamaçları)

Diğer yandan inceleme alanındaki havzalarda göreceli tektonik aktivitenin dağılışı jeomorfolojik birimlere de yansımıştır. Erkal (1983) ile Hancock ve Erkal (1991) Gaziköy ve Eriklice arasındaki taraçaların tektonik aktivitenin etkisiyle konum değiştirdiğine ve farklı yüksekliklerde bulunduğu dikkat çekmiştir (Şekil 13). Hakikaten yöredeki taraçaların yükseklikleri kıyaslandığında inceleme alanındaki göreceli aktif tektoniğin dağılışı ile bir paralellik sunduğu görülmektedir (Şekil 12; 13).



Şekil 13. İnceleme alanındaki taraçalar ve tektonizma arasındaki ilişki haritası (Hancock ve Erkal, 1990'dan düzenlenerek)



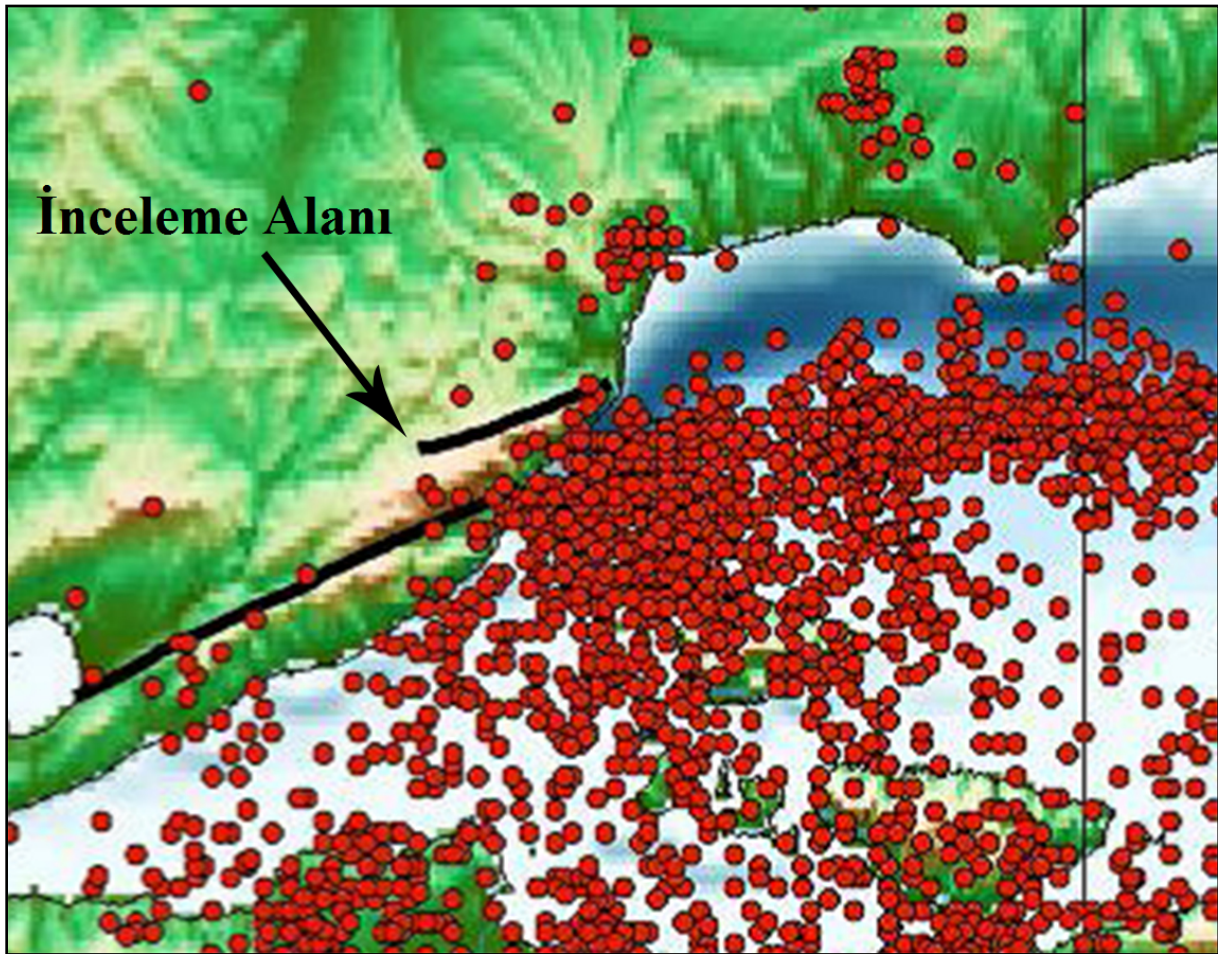
Şekil 14. İnceleme alanında Gaziköy-Şarköy çevresindeki taraçalarının tektonizmaya bağlı olarak değişmesi (Sekin, 1993'ten yeniden çizilerek)

İnceleme alanında göreceli tektonik aktivitenin dağılışı aynı zamanda tektonik etkinliğin Gaziköy civarında daha belirgin olduğunu göstermektedir. Sekin (1993) bu durumu Gaziköy çevresinde kıyının yükselirken, Şarköy civarında alçalmasına bağlamıştır (Sekin, 1993; Şekil 14). Gerçekten de Gaziköy'de deniz seviyesinden yaklaşık 50 m'ye kadar çıkan



denizel depoların farklı derinliklerinden alınan kavrılar, U/Th analize göre OİD (Oksijen İzotop Dönemi) 5e (Son Buzularası Dönem)'ye tarihlendirilmiş ve bu bulgulara dayanılarak kıyının 0.29-0.31 mm/yıl oranında yükseldiği tespit edilmiştir (Yaltırak ve diğerleri, 2002).

Çalışmanın insanlık açısından muhtemelen en yararlı sonucu başta deprem olmak üzere çeşitli türde yer kökenli doğal afetlerin ortaya çıkabileceği alanlara işaret etmesinden kaynaklanmaktadır. Çünkü çok yüksek ve yüksek tektonik etkinlik derecesinin tespit edildiği alanlar söz konusu olayların vuku bulabileceği sahaları kapsamaktadır. Nitekim Kalafat (2011) Gaziköy-Müreffe-Şarköy arasındaki sahanın yoğun bir deprem aktivitesi gösterdiğini ve bu nedenle ilgili sahanın Marmara'da deprem riskinin yüksek olduğu iki sahadan biri olduğunu öne sürmüştür (Şekil 15). Keza Özşahin (2014a; 2014b) inceleme alanında Ganos Fayı boyunca gerek deprem, gerekse deprem etkisiyle meydana gelebilecek kütle hareketleri riskinin yüksek olduğunu belirtmiştir. Zaten sahadaki göreceli tektonik aktivitenin dağılışı da araştırmacılar tarafından savunulan görüşlerle uyumaktadır.



Şekil 14. İnceleme alanında 2000-2011 yılları arasında bölgede meydana gelen depremler (Kalafat, 2011)

5. Sonuç

Çalışma sonucunda morfometrik parametreler yardımıyla göreceli tektonik aktivitenin değerlendirilebileceği, analiz edilebileceği ve mekânsal dağılışının yapılabileceği anlaşılmıştır. Bu parametrelerin değerlerinin hesaplanmasında ve dağılışlarının gerçekleştirilmesinde CBS tekniklerinin kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca morfometrik parametreler çerçevesinde tektonik aktivitenin belirlenmesine yönelik CBS teknikleri

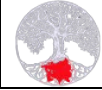


kullanılarak yapılan araştırmaların daha net ve doğruluğu yüksek sonuçlar verdiği saptanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemin aktif tektonik etkinliğin tespiti için benzer sahalarda da kullanılabileceği teyit edilmiştir. Böylece başta deprem olmak üzere yer kökenli çeşitli doğal afetlerin meydana gelme ihtimalinin yüksek olduğu sahalarda daha doğru bir şekilde tespit edilerek, çeşitli önlemler alınabilecektir. Bu çalışmada ilgili düşünce perspektifi usulünce hazırlanmıştır.



REFERENCES

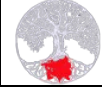
- ALTIN, B. N. (1992). Işıklar (Ganos) Dağı ve çevresinin Neotektonik dönem jeomorfolojik-tektonik gelişimi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri Coğrafya Enstitüsü.
- ALTIN, B. N. (2000). "Trakya'da Yerçekillerinin Neotektonik Dönem Jeomorfolojik Gelişimleri", 28. Coğrafya Meslek Haftası (10-12 Haziran 1998, Edirne) Bildiriler, Geçmişte, Günümüzde ve Gelecekte Trakya, Editör: Prof. Dr. Suna Doğaner, s.: 53-71, İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Coğrafya Meslek Haftaları Serisi: 2.
- ALTUNEL, E., MEGHRAOUI, M., AKYÜZ, H. S., DIKBAŞ, A. (2004). "Characteristics of the 1912 co-seismic rupture along the North Anatolian Fault Zone (Turkey): implications for the expected Marmara earthquake", Terra Nova, V. 16, p. 198-204.
- ANDERMANN, C., GLOAGUEN, R. (2009). "Estimation of erosion in tectonically active orogenies. Example from the Bhotekoshi catchment, Himalaya (Nepal)", International Journal of Remote Sensing, V. 30, p. 3075-3096.
- ARAL, İ. F. (2004). "Karatepe Bazaltlarının (Çorlu-Tekirdağ) Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği", İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, S. 17 (2), s. 69-76.
- ARMIJO, R., MEYER, B., HUBERT, A., BARKA, A. (1999). "Westward propagation of the North Anatolian fault into the northern Aegean: Timing and Kinematics", Geology, V. 27 (3), s. 267-270.
- ATA, H. A. (2008). A Test of The Validity Of Morphometric Analysis in Determining Tectonic Activity From Aster Derived Dems in The Jordan-Dead Sea Transform Zone. Ph Thesis, ABD: University of Arkansas.
- AZOR, A., KELLER, E. A., YEATS, R. S. (2002). "Geomorphic indicators of active fold growth: Oak Ridge anticline, Ventura basin, southern California", GSA Bulletin, V. 114, s. 745-753.
- BAHADIR, M., ÖZDEMİR, M. A. (2011). "Acıgöl Havzası'nın Sayısal Topoğrafik Analiz Yöntemleri ile Morfometrik Jeomorfolojisi", The Journal of International Social Research, V. 4 (18), p. 323-344.
- BAYRAKDAR, C. (2013). "Akdağ Kütlesi'nin (Batı Toroslar) Jeomorfolojik Evrimine Morfometrik Yaklaşım", TÜCAUM VII. Coğrafya Sempozyumu 18-19 Ekim 2012 Bildiriler Kitabı, s.: 48-56, Ankara: Ankara Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları.
- BEKAROĞLU, E. (2013). "Jeomorfolojide Temel Araştırma Yöntemleri", On ikinci Bölüm, Coğrafya Araştırma Yöntemleri (Editörler: Yılmaz Arı ve İlhan Kaya), s.: 343-367, Balıkesir: Coğrafyacılar Derneği.
- BULL, W. B. (1977). "Tectonic geomorphology of the Mojave Desert", U.S. Geological Survey Contact Report 14-08-001-G-394, California: Office of Earthquakes, Volcanoes and Engineering, Menlo Park.
- BULL, W. B. (2008). Tectonic Geomorphology of Mountains: A New Approach to Paleoseismology, Oxford: Blackwell Publishing.
- BULL, W. B., McFADDEN, L. D. (1977). "Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California", Geomorphology in Arid Regions, Proceedings of the Eight Annual Geomorphology Symposium (Ed. D. O. Doehring), p.: 115-138, USA: State University of New York at Binghamton, Binghamton, NY.
- BURBANK, D. W., ANDERSON, R. S. (2001). Tectonic Geomorphology, Oxford: Blackwell Science.



- CHEN, Y. C., SUNG, Q. C., CHENG K. Y. (2003). "Along-strike variations of morphotectonic features in Western Foothills of Taiwan and its tectonic implications based on stream-gradient and hypsometric analysis", *Geomorphology*, V. 56, p. 109-137.
- 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*, V. 106, p. 571-581.
- CÜREBAL, İ., ERGİNAL, A. E. (2007). "Mıhlı Çayı Havzası'nın Jeomorfolojik Özelliklerinin Jeomorfik İndislerle Analizi", *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, C. 6, S. 19, s. 126-135.
- ÇETİN, O., EROL, O., MERİÇ, E., VARİNLİOĞLU, A. (1999). Marmara Bölgesinden Toplanan Pliyosen ve Kuvaterner Dönemlere Ait Deniz Kabuklarının Elektron Spin Rezonans (ESR) Yöntemi Kullanılarak Tarihlendirilmesi, Ankara: TÜBİTAK Proje No: TBAG-1634.
- DEHBOZORGI, M., POURKERMANI, M., ARIAN, M., MATKAN, A. A., MOTAMEDİ, H., HOSSEINIASL, A. (2010). "Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran", *Geomorphology*, V. 121 (3-4), p. 329-341.
- DOMBRADI, E., TIMAR, G., GABOR, B., SIERD, C., FRANK, H. (2007). "Fractal dimension estimations of drainage network in the Carpathian Pannonian system", *Global and Planetary Change*, V. 58, p. 197-213.
- EKİNCİ, D. (2011). Safranbolu ve Çevresinin Jeomorfoloji Özellikleri, II. Baskı, İstanbul: Titiz Yayınevi.
- EL HAMDOUNI, R., IRIGARAY, C., FERNANDEZ, T., CHACON, J., KELLER, E. A. (2008). "Assessment of relative active tectonics, southwest border of Sierra Nevada (Southern Spain)", *Geomorphology*, V. 96, p.150-173.
- ENRICO, M., TOMMASO, P. (2011). "Two Tectonic Geomorphology Studies on the Landscape and Drainage Network of Chain and Piedmont Areas of the Abruzzi Region (Central Apennines, Italy)", *Earth and Planetary Sciences "Geology and Geophysics" "New Frontiers in Tectonic Research - At the Midst of Plate Convergence"*, book edited by Uri Schattner, Published: August 9, 2011 under CC BY-NC-SA.
- ERCAN, T., TÜRKECAN, A., GAILOU, H., SATIR, M., SEVIN, D., ŞAROĞLU, F. (1998). "Marmara Denizi çevresindeki Tersiyer volkanizmasının özellikleri", *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, S. 120, s. 199-222.
- ERGİNAL, A. E., CÜREBAL, İ. (2007). "Soldere Havzasının Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım: Jeomorfik İndisler ile Bir Uygulama", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, S. 17, s. 203-210.
- ERKAL, T. (1983). Structure, sedimentology and geomorphology related to active faulting in the Gaziköy-Şarköy area, Thrace-Turkey, A thesis master of science University of Bristol, UK: Bristol.
- EROL, O. (1979). Dördüncü Çağ (Kuvaterner) Jeoloji ve Jeomorfolojisinin ana çizgileri, Ankara: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Yayınları No: 289, Coğrafya Araştırmaları Enstitüsü Yayınları No: 22.
- EROL, O. (1981). "Neotectonic and geomorphologic evolution of Turkey", In: Fairbridge R. W. (ed.) *Neotectonics*, *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplement Band., V. 40, p. 193-211.



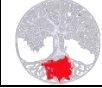
- EROL, O. (1983). “Türkiye’nin Genç Tektonik ve Jeomorfolojik Gelişimi (1981 tarihli makalenin Türkçe tercümesidir)”, Jeomorfoloji Dergisi, S. 11, s. 1-22.
- EROL, O. (1989). Türkiye Jeomorfolojisi “Türkiye’nin Jeomorfolojik Evrimi ve Bugünkü Genel Jeomorfolojik Görünümü”, İstanbul: Basılmamış Ders Notu.
- EROL, O., ÇETİN, O. (1995). “Marmara Denzinin Geç Miyosen-Holosendeki Evrimi. İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi” (Editör: Engin Meriç), s.: 313-341, İstanbul: Kocaeli Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Deniz Harp Okulu Komutanlığı Basımevi.
- GIACONIA, F., BOOTH-REA, G., MARTINEZ-MARTINEZ, J. M., AZANON, J. M., PEREZ-PENA, J. V., PEREZ-ROMERO, J., VILLEGAS, I. (2012). “Geomorphic evidence of active tectonics in the Sierra Alhamilla (eastern Betics, SE Spain)”, Geomorphology, V. 145–146, p. 90-106.
- GLOAGUEN, R., MARPU, P.R., NIEMEYER, I. (2007). “Automatic extraction of faults and fractal analysis from remote sensing data”, Nonlinear Processes in Geophysics, V. 14, p. 31-138.
- GUILLERMO, R.A., GERARDO, M.E.P., PICCOLOA, M.C., PIERINI, J. (2004). “Fractal analysis of tidal channels in the Bahia Blanca Estuary (Argentina)”, Geomorphology, V. 57, p. 263-274.
- HACK, J. T. (1957). “Studies of longitudinal profiles in Virginia and Maryland”, U. S. Geological 529 Survey Professional Paper, N. 294-B, p. 45-97.
- HACK, J. T. (1973). “Stream-profiles analysis and stream-gradient index”, Journal of Research of the U.S. Geological Survey, V. 1, p. 421-429.
- HANCOCK, P. L., ERKAL, T. (1990). “Enigmatic normal faults within the European sector of the North Anatolian transform fault zone”, Annales Tectonica, 4 (2), p. 171-181.
- HANCOCK, P. L., SKINNER, B. J. (Edit.) (2012). The Oxford Companion to the Earth, UK: Oxford University Press.
- HARE, P. W., GARDNER, T. W. (1985). “Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica”, Tectonic Geomorphology: Proceedings of the 15 Annual Binghamton Geomorphology Symposium (Ed. M. Morisawa & J.T. Hack), p.: 75-104, September 1984. Boston: Allen & Unwin.
- HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI (1997). Türkiye Topoğrafya Haritaları (BANDIRMA G18 b4; d2; d3), Ankara: Harita Genel Komutanlığı.
- HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI (2001). Türkiye Topoğrafya Haritaları (BANDIRMA G18 a3; c1), Ankara: Harita Genel Komutanlığı.
- KALAFAT, D. (2011). “Marmara Bölgesi’nin Depremselliği ve Deprem Ağının Önemi”, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim 2011, s.: 1-11, ODTÜ-Ankara: Türkiye Deprem Mühendisliği Derneği.
- KARABULUT, M., KÜÇÜKÖNDER, M., TOPUZ, M. (2013). “Alata (Erdemli) Deresi’nin Jeomorfometrik Analizi”, Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı (Editörler: Ali DEMİRCİ, Yılmaz ARI), s.: 450-459, 19-21 Haziran 2013, İstanbul: Fatih Üniversitesi.
- KARABULUT, M., KÜÇÜKÖNDER, M., TOPUZ, M. (2014). “Kızkalesi, Ayaş ve Kabızlı Havzalarının (Erdemli-Mersin) Jeomorfometrik Analizi”, Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı (Editörler: Mustafa ERTÜRK, Alper UZUN, Şevki DANACIOĞLU), s.: 482-492, 04-06 Haziran 2014, Muğla: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi.



- KARATAŞ, A., EKİNCİ, D. (2014). "Interpretation of the morphological characteristics of Şehir creek basin (İspir) regarding fluvial geomorphology and regional tectonics", The 3rd International Geography Symposium-GEOMED 2013, Procedia - Social and Behavioral Sciences, V. 120, p. 576-585.
- KAYA, Ş. (2000). Determination of Geomorphological Characteristics Around of the Işıklar Mountain by Using Remote Sensed Data and DEM. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, V. XXXIII (Part B7, Amsterdam), p. 670-677.
- KAYA, Ş., MÜFTÜOĞLU, O., TÜYSÜZ, O. (2004). "Tracing the geometry of an active fault using remote sensing and digital elevation model: Ganos segment, North Anatolian Fault zone, Turkey", International Journal of Remote Sensing, V. 25 (19), p. 3843-3855.
- KELLER, E. A. (1986). "Investigation of active tectonics: use of surficial earth processes", In: Wallace, R.E. (Ed.), Active Tectonics, p.: 136-147, Washington: Studies in Geophysics. Nat. Acad. Press.
- KELLER, E. A., PINTER, N. (2002). Active Tectonics. Earthquakes, Uplift and Landscape, 2nd edition, USA: Upper Saddle River, Prentice Hall.
- MAHMOOD, S. A., GLOAGUEN, R. (2012). "Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis", Geoscience Frontiers, V. 3 (4), p. 407-428.
- MAYER, L. (1990). Introduction to Quantitative Geomorphology, USA: Prentice Hall.
- OKAY, A., OKAY, N., ÖZGÖRÜŞ, Z. (2008). Ganos Fay Zonu ve çevresinin Oligosen sonrası tektonik evrimi: Trakya'da Paleotektonik dönemden Neotektonik döneme geçişin niteliği, İstanbul: TÜBİTAK Proje No: 104Y155.
- OKAY, A., OKAY, N., YIKILMAZ, B. (2002). Marmara Denizi Kuzey Sahil Kesimlerinin Kuzey Anadolu Fayı'ndaki Etkinliğe Bağlı Olarak Yükselmesinin Araştırılması, Ankara: TÜBİTAK Proje No: YDABÇAG-100Y079.
- ÖZDEMİR, H. (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- ÖZKAYMAK, Ç. (2012). Manisa Havzası'nın Aktif Tektoniği ve Depremselliği, Batı Anadolu, Türkiye, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı.
- ÖZKAYMAK, Ç., SÖZBİLİR, H. (2012). "Tectonic geomorphology of the Spildağı High Ranges, western Anatolia." Geomorphology, V. 173-174, p. 128-140.
- ÖZKAYMAK, Ç. (2013). "Honaz Dağı'nın Tektonik Jeomorfolojisi, Batı Anadolu-Türkiye." Aktif Tektonik Araştırma Grubu Çalıştayı (ATAG-17) Bildiri Özleri Kitabı, s. 25, 24-26 Ekim 2013, Antalya: Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.
- ÖZKAYMAK, Ç. (2014). "Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) using geomorphic indices and the regional implications." Geodinamica Acta, DOI: 10.1080/09853111.2014.957504, p. 1-20.
- ÖZŞAHİN, E. (2010). "Komşu Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi: Sarıköy ve Kocakıran Dereleri Üzerine Temel Bir Çalışma (Gönen Havzası, Güney Marmara)", Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, C. 20, S. 1, s. 139-154.
- ÖZŞAHİN E. (2014a). "Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak Tekirdağ ilinde deprem hasar riski analizi", Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, S. 11 (1), s. 861-879.



- ÖZŞAHİN, E. (2014b). “Tekirdağ İlinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanarak Heyelan Duyarlılık Analizi”, HUMANITAS, S. 3, s. 167-186.
- ÖZTÜRK, B., ERGİNAL, A. E. (2008). “Bayramdere Havzasında (Biga Yarımadası, Çanakkale) Havza Gelişiminin Morfometrik Analizler ve Jeomorfik İndislerle İncelenmesi”, Türk Coğrafya Dergisi, S. 50, s. 61-68.
- PEDRERA, A., PEREZ-PENA, J. V., GALINDO-ZALDIVAR, J., AZANON, J. M., AZOR, A. (2009). “Testing the sensitivity of geomorphic indices in areas of low-rate active folding (eastern Betic Cordillera, Spain)”, Geomorphology, V. 105, p. 218-231.
- PEREZ-PENA, J. V., AZANON, J. M., AZOR, A., DELGADO, J., GONZALEZ, F. L. (2009). “Spatial analysis of stream power using GIS: SLk anomaly maps”, Earth Surface Processes and Landforms, V. 34, p. 16-25.
- PEREZ-PENA, J. C., AZOR, A., AZANON, J. M., KELLER, E. A. (2010). “Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis”, Geomorphology, V. 119, p. 74-87.
- PIKE, R. J., WILSON, S. E. (1971). “Elevation-Relief Ratio, Hypsometric Integral and geomorphic area-altitude analysis”, Geological Soc. Am. Bull., V. 82, p. 1079-1084.
- PONZA, A. (2010). Tectonic Geomorphology and Active Strain of The Northern Apennines Mountain Front. Bologna, Italy: Tesi di Dottorato, Università Di Bologna Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Dottorato Di Ricerca In Scienze Della Terra XXII Ciclo.
- RAMIREZ-HERRERA, M. T. (1998). “Geomorphic Assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican Volcanic Belt”, Earth Surface Processes and Landforms, V. 23, p. 317-332.
- ROCKWELL, T. K., KELLER, E. A., JOHNSON, D. L. (1985). Tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts near Ventura, California. In: Morisawa, M. (Ed.), Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Geomorphology Symposium. Allen and Unwin Publishers, Boston, MA, pp. 183-207.
- SARP, G., GEÇEN, R., TOPRAK, V., DÜZGÜN, S. (2011). “Morphotectonic Properties of Yenicaga Basin Area in Turkey”, 10-15 April 2011, Sydney, Australia: 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE34).
- SEKİN, S. (1993). Bolayır-Şarköy-Gaziköy Çevresinin Jeomorfolojik Etüdü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri Coğrafya Enstitüsü.
- SELBY, M. J. (1980). “A rock strength classification for geomorphic purposes: with tests from Antarctica and New Zealand”, Z. Geomorphol., V. 24, p. 31-51.
- SILVA, P. G., GOY, J. L., ZAZO, C., BARDAJM, T. (2003). “Fault generated mountain fronts in Southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and earthquake activity”, Geomorphology, V. 250, p. 203-226.
- SIYAKO, M. (2006). Trakya Havzasının Tersiyer Kaya Birimleri. Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri, , s.: 43-83, Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi-2.
- SÜMENGİN, M., TERLEMEZ, I., ŞENTÜRK, K., KARAKÖSE, C., ERKAN, E., ÜNAY, E., GÜRBÜZ, M., ATALAY, Z., ŞENTÜRK, K. (1987). Gelibolu Yarımadası ve Güneybatı Trakya Tersiyer Havzasının Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Tektoniği, Ankara: MTA Rapor No: 8128.



- ŞENTÜRK, K., KARAKÖSE, C. (1987). Çanakkale Boğazı ve dolayının jeolojisi, Ankara: MTA Rapor No: 371.
- ŞENTÜRK, K., SÜMENGİN, M., TERLEMEZ, İ., KARAKÖSE, C. (1998). 1:100 000 ölçekli Açınama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Bandırma-D4 Paftası, Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü No: 64.
- TARI, U., TÜYSÜZ, O., (2008). “İzmit Körfezi ve Çevresinin Morfotektoniği”, İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi/d Mühendislik, C. 7, S. 1, s. 17-28.
- TSODOULOS, I. M., KOUKOUVELAS I. K., PAVLIDES S. (2008). “Tectonic geomorphology of the easternmost extension of the Gulf of Corinth (Beotia, Central Greece)”, Tectonophysics, V. 453, p. 211–232.
- UTLU, M., TOPRAK, A., ÖZDEMİR, H. (2013). “Köyceğiz Gölü Kuzey Havzalarının Jeometrik Analizlere Bağlı Değerlendirilmesi”, III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Editörler: Hüseyin KORKMAZ, Atilla KARATAŞ), s.: 768-776, Hatay: Color Ofset.
- UZUN, M. (2014). “Lale Dere (Yalova) Havzası’nın Jeomorfolojik Özelliklerinin Jeomorfometrik Analizlerle İncelenmesi”, Route Educational and Social Science Journal, V. 1 (3), p. 72-88.
- VERBOVSEK, T. (2009). “BCFD — a Visual Basic pro gram for calculation of the fractal dimension of digitized geological image data using a box-counting technique”, Geological Quarterly, V. 53 (2), p. 241–248
- YALTIRAK, C. (1995). “Gaziköy-Mürefte Arasının Sedimentolojisi ve Tektoniği”, TPJD Bülteni, S. 6 (1), s. 93-112.
- YALTIRAK, C. (1996). “Ganos Fay Sistemi’nin Tektonik Tarihi”, TPJD Bülteni, S. 8 (1), s. 137-156.
- YALTIRAK, C., SAKINÇ, M., OKTAY, F. Y. (2000). “Westward propagation of North Anatolian fault into northern Aegean: Timing and kinematics: Comment and Reply”, Geology, V. 28 (2), p. 187-188.
- YILDIRIM, A., KARADOĞAN, S. (2011). “Raman Dağları Güneyinde (Dicle Vadisi) Morfometrik ve Morfotektonik Analizler”, Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, S. 16, s. 154-166.
- YILDIRIM, C. (2014). “Relative tectonic activity assessment of the Tuz Gölü Fault Zone; Central Anatolia, Turkey”, Tectonophysics, V. 630, p. 183–192.