

Salanda Fay Zonu'nun Kesikköprü (Kırşehir) ve Yeşilöz (Nevşehir) arasında kalan kesiminin göreceli tektonik aktivitesinin jeomorfik indislerle incelenmesi

Investigation of relative tectonic activity of the salanda fault zone between Kesikköprü (Kırşehir) and Yeşilöz (Nevşehir) by geomorphic indices

Ramazan DEMİRCİOĞLU¹, Berkant COŞKUNER^{2*}

¹Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, Türkiye.

ra.demircioglu@gmail.com

²Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye.

bcoskuner@ktun.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 03.02.2021

Düzeltilme Tarihi/Revision: 15.04.2021

doi: 10.5505/pajes.2021.65848

Kabul Tarihi/Accepted: 03.06.2021

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada, Salanda Fay Zonu'nun Kesikköprü (Kırşehir) ve Yeşilöz (Nevşehir) arasında kalan kesiminin jeomorfolojik indisler kullanılarak tektonik aktivitesinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışılan bölgedeki en yaşlı birimleri Paleozoik-Mezozoik yaşlı metamorfik kayalar oluşturmaktadır. Geç Kretase yaşlı magmatik kayalar tarafından kesilen bu birimler üzerine Geç Paleosen-Orta Eosen yaşlı sedimanter kayalar uyumsuz olarak gelir. Yukarıda değinilen birimlerin üzerinde sırasıyla Oligosen-Orta Miyosen ve Geç Miyosen - Kuvaterner yaşlı kayalar açılı uyumsuz olarak yer alır. Salanda Fayı KB-GD gidikli yaklaşık 180 km uzunluğa ve 5-19 km genişliğe sahip olan Salanda Fay Zonu'nun ana yapısını oluşturmaktadır. Sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal fay karakterine sahip olan Salanda Fayı üzerinde gözlenen güncel traverten oluşumları ile aletsel dönemde meydana gelen depremler, fayın tektonik açıdan aktif olduğunun göstergesidir. Bu çalışmada Salanda Fay Zonu'nun incelenen bölgedeki tektonik aktivitesini belirlemek amacıyla Vadi Taban Genişliği - Vadi Yüksekliği Oranı İndeksi (Vf), Dağ Önü Sinüslük İndisi (Smf), Normalleştirilmiş Akarsu Uzunluk - Eğri İndisi (SLK), Asimetri Faktörü (AF), Hipsometrik İntegral (Hi), Havza Şekli (Bs) ve Göreceli Aktif Tektonik İndeksi (Iat) çeşitli jeomorfolojik indisler hesaplanmıştır. Hesaplamalara göre Vf değerleri 0.33 ile 3, Smf değerleri 1.57 ile 1.87, SLK değerleri 0,05 ile 16,05, Hi değerleri 0.22 ile 0.65, AF değerleri 23 ile 79, Bs değerleri 1.26 ile 7.42, Iat değerleri 1.3 ile 2.33 arasında değişiklik göstermektedir. Göreceli Aktif Tektonik İndisi (Iat) değerleri, jeomorfik indisler ve jeolojik bulgular Salanda Fayı'nın yüksek ve orta derecede tektonik bir aktiviteye sahip olduğunu ve sismik açıdan yakınında yer alan Nevşehir gibi önemli yerleşim merkezlerine tehdit oluşturabileceği göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Salanda fay zonu, Jeomorfik indis, Normalleştirilmiş akarsu uzunluk eğri indisi, Iat, Göreceli aktif tektonik indisi.

Abstract

This study aims to investigate the tectonic activity of Salanda Fault Zone between Kesikköprü (Kırşehir) and Yeşilöz (Nevşehir) with geomorphological indices. The Paleozoic and Mesozoic age metamorphic rocks form the base of the study area. They are intruded by the Late Cretaceous magmatic rocks and unconformably overlain by the Late Paleosen-Middle Eocene sedimentary rock units. Oligocene-Middle Miocene units unconformably overlie pre-Oligocene formations. All of the above mentioned geologic units are unconformably covered by the Late Miocene - Quaternary units. Salanda Fault is the main structure of the Salanda Fault Zone which has approximately 180 km long and 5 - 19 km in width. The dextral oblique-slip Salanda Fault is characterized by the recent travertine formations and earthquake activity along it. In order to determine the tectonic activity of the Salanda Fault Zone, some geomorphological indices as Valley Floor Width-To-Height (Vf), Mountain-Front Sinuosity (Smf), Normalized Stream Length-Gradient (SLK), Asymmetry Factor (AF), Hypsometric integral (Hi), Drainage Basin Shape (Bs), Relative Active Tectonic Index (Iat) were calculated. The calculated values range from 0.33 to 3, 1.57 to 1.87, 0.05 to 16.05, 0.22 to 0.65, 23 to 79, 1.26 to 7.42, 1.3 to 2.33 for Vf, Smf, SLK, Hi, AF, Bs, Iat respectively. Relative Active Tectonic Index (Iat) values, other geomorphic indices and geological findings reveal that the Salanda Fault Zone has a high to moderate level tectonic activity. The obtained results show us that Salanda Fault Zone is seismically active and threatens important settlements such as Nevşehir located nearby.

Keywords: Salanda fault zone, Geomorphic indices, Iat, Normalized stream length gradient index, Index of relative active tectonics.

1 Giriş

Türkiye' de Neotektonik dönem Geç Miyosen-Erken Pliyosen döneminde Arap levhası ile Avrasya levhasının Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı (BZKK) boyunca çarpışması ile başlamıştır [1]-[5]. BZKK boyunca meydana gelen bu çarpışma sonrası oluşan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca Anadolu levhasının batıya - güneybatıya kaçışı gerçekleşmektedir [6]-[11]. Neotektonik dönem ile

beraber Türkiye Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, Batı Anadolu Gerilme Rejimi, Orta Anadolu "Ova" bölgesi rejimi ve Kuzey Anadolu Bölgesi, olmak üzere başlıca dört farklı Neotektonik bölüme ayrılmıştır [6].

İnceleme alanı Batı Anadolu genişleme rejimi' nin doğusunda KAFZ ve DAFZ ile sınırlanan Orta Anadolu "Ova" bölgesi içerisinde yer almaktadır Şekil 1(a). Neotektonik dönemde bölge Anadolu ve Afrika levhalarının Kıbrıs Yayı boyunca yaklaşması sonucunda K-G ve KKD-GGB yönlü kısılrken saat

*Yazışılan yazar/Corresponding author

yönünün tersine bir dönüş göstermektedir [6],[9],[10], [12]-[16]. Bunun sonucunda bölgenin doğu kesiminde sol yönlü doğrultu atımlı Yıldızeli Fay Zonu (Akdağmadeni Fayı), sağ yönlü doğrultu atımlı Yerköy ve Seyfe Fay Zonları (Akınar Fayı), Sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal fay özelliğinde Salanda (Gümüşkent Fayı) ve Tuzgölü Fay Zonları gibi ikincil faylar gelişmiştir [17]-[22] Şekil 1(b).

Bu çalışmanın ana konusu olan Salanda Fay Zonu inceleme alanı içerisinde yaklaşık 43 km uzunluğundaki ve 10 km genişliğindeki bir alanı kapsamaktadır. Bu zon Kırşehir Fay sisteminin güneydoğu kesiminin en önemli tektonik unsuru olarak tanımlanmış ve doğrultu atım bileşenine sahip olduğu ortaya konmuştur [21],[23],[24]. Salanda Fay Zonu' nun bölgedeki en önemli bileşenini ise Salanda Fayı oluşturmaktadır. Salanda Fayı ilk kez [17] tarafından 60 km uzunluğunda normal fay karakterinde bir fay olarak tanımlanmış, daha sonra aynı fay [25] tarafından ise Gümüşkent Fayı, [26],[27] tarafından Karaburç Fayı, adı altında incelenmiştir. Türkiye Diri Fay Haritasında ise [22] tarafından Gümüşkent fayı adı altında haritalanmıştır. Mevcut çalışmada adlama önceliği ilkesine dayalı olarak söz konusu fay Salanda Fayı olarak ele alınmıştır. Sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal fay özelliğindeki bu fay K65°B doğrultuludur Fay düzlemi 58° ile 72° güneybatıya doğru eğimlidir [28]. Fayın sağ yönlü kayma hızı 4mm/yıl olarak hesaplanmıştır [21]. Bu faya paralel olarak inceleme alanı içerisindeki diğer önemli faylar ise Yüksekli [24],[21],[28] ve Yürücek [21] faylarıdır. Salanda Fayı ile yaklaşık aynı doğrultuya sahip olan bu faylar sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal fay karakterindedir. Yaklaşık olarak 22 km uzunluğa sahip olan Yüksekli Fayı inceleme alanı içerisinde Gümüşkent' in güneyinde bulunmakta ve KB-GD doğrultusunda uzanmaktadır. Yüksekli Fayı Pleistosen yaşlı birimleri keserek bunların teraslar şeklinde askıda kalmasını sağlamıştır [28]. Çalışılan bölgenin diğer önemli fayı ise Yürücek Fayıdır. Salanda Fayına paralel gidiş sunan ve sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal fay karakterindeki Yürücek Fayı Kesikköprü ve Aydoğmuş köylerinin güneyinde yaklaşık 20 km uzunluğunda devam etmektedir. Fay güncel birimler ile yaşlı birimler arasında bir sınır hattı boyunca uzanmaktadır [21].

Bölgenin fiziki hatları genellikle KB-GD yönünde uzanan yükseltilerden meydana gelmektedir. Bu morfolojik yapı içerisinde bölgenin en önemli yükseltisini 1683 m yükseklikteki Hırka Dağı Şekil 1(c) oluşturmaktadır. Bölgede bulunan akarsular Hırka Dağ'dan GB yönüne doğru akış göstermekte ve bölgenin morfolojik özelliklerini kontrol etmektedir.

Paleosismolojik [29], sismotektonik [30], Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) [31] gibi yöntemlerin yanı sıra jeomorfolojik indisler kullanılarak fayların tektonik aktivitelerinin araştırılması da son zamanlarda yaygınlık kazanmaktadır [32]-[50]. Bir bölgenin morfolojik özellikleri tektonik hareketlere, kayaçların litolojik özelliklerine, iklim şartları ve zaman gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir [51]-[58]. İnceleme alanında gözlenen fay diklikleri, ötelenen dere yatakları gibi morfolojik belirginliklerin yanı sıra Salanda Fay Zonu [21] boyunca gözlenen sıcak su çıkışları ve traverten oluşumları fayın aktivitesinin göstergesidir [28]. Ayrıca inceleme alanı içerisinde meydana gelen 2.6 (16.04.2020), 3.0 (31.05.2009) ve 2.6 (27.10.2008) [59] büyüklüğündeki depremlerde fayın aktivitesini ortaya koymaktadır Şekil 1(c).

İnceleme alanı ve yakın çevresinde temel kayaçların jeolojisi, yörenin stratigrafisi, hidrojeoloji özelliklerini irdeleyen birçok çalışma yapılmıştır [60]-[69]. Bunların yanı sıra inceleme alanının neo-tektonic ve yapısal özelliklerini [21],[28], bölgesel yükselim ile aşınma hızlarını [24], [70] ve Salanda Fay Zomu' nun özelliklerini [21] anlatan çalışmalarda vardır.

Ancak bölgenin jeomorfolojik indisleri hakkında bugüne kadar yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Fay zonu üzerinde Nevşehir ve Kırşehir gibi önemli yerleşim merkezleri ile irili ufaklı birçok yerleşim yerinin bulunması ve bölgede jeomorfolojik indisler ile ilgili çalışmanın bulunmaması nedeni ile Salanda Fay Zonu üzerinde bulunan fayların göreceli tektonik özelliklerini incelemek bu fay zonu hakkında önemli bilgiler elde etmemizi sağlayacaktır.

Bu amaç doğrultusunda bölgeye ait 1/25,000'lik sayısallaştırılmış topoğrafik haritalardan elde edilen 10 m çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuş ve çalışılan bölgedeki drenaj alanlarına Şekil 1(c) ait; Dağ Önü Sinüslülük Oranı (Smf), Vadi Taban Genişliğinin Vadi Yüksekliğine Oranı (Vf), Normalleştirilmiş Akarsu Uzunluk-Eğri İndisi (SLK), Havza asimetri Faktörü (AF), Hipsometrik integral (Hi), Drenaj Havzası Şekli (Bs) ve Göreceli Aktif Tektonik İndeksi (Iat) hesaplanmış ve bölgenin tektonik aktivitesi jeomorfolojik indisler kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

2 İnceleme alanının genel jeolojisi

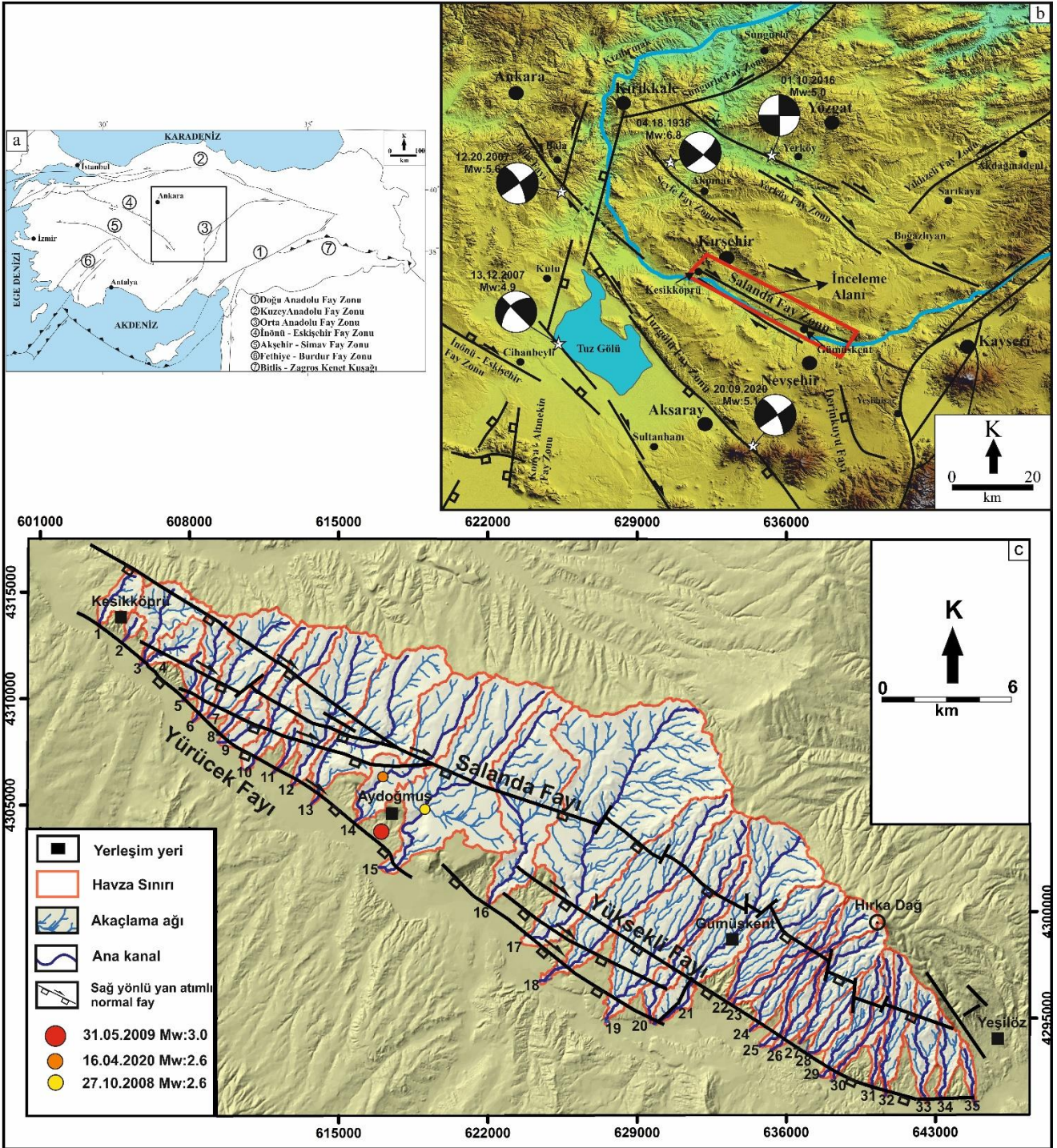
İnceleme alanının içerisinde bulunduğu bölge metamorfik ve plütonik kayaçlardan oluşmakta ve Kırşehir Masifi, Kırşehir Kristalen Masifi, Orta Anadolu Masifi, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi [73]-[79] gibi farklı isimlerle tanımlanmaktadır. Çalışılan bölgedeki en yaşlı birimleri Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı metamorfikler oluşturur [76]. Kıvrımlı, foliasyonlu bir yapıya sahip olan gnays, kuvarsit, amfibolit, bantlı mermer türü kayaçlardan oluşan metamorfikler çalışma alanında Hırka Dağı güneybatı yamaçları ile Eski Yaylacık Köyü civarında kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu uzanım gösterir Şekil 2. Bu birimler, Geç Kretase yaşlı gri, yeşil renkli porfirik dokulu andezitler tarafından kesilir [80]. Temele ait birimler üzerine, Geç Paleosen-Orta Eosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan birimler uyumsuz olarak gelir. Bu birimler üzerinde ise Oligosen-Orta Miyosen yaşlı çakıltaşı, silttaşı, kumtaşı ve marn ardalanmasından oluşan birimler uyumsuz olarak bulunmaktadır. Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve tüften oluşan birimler tarafından uyumsuz olarak örtülen bu birimler, daha sonraki dönemde Kuvaterner yaşlı siyah renkli masif bazaltlar tarafından kesilmekte ve bej, krem renkli bantlı travertenler tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir [28],[81],[82]. Yukarıda değinilen bütün birimler tutturulmamış çakıl, kum ve siltten oluşan alüvyal birimler tarafından uyumsuz olarak örtülür Şekil 2.

3 Materyal ve yöntem

Salanda Fay Zonu'nun göreceli tektonik aktivitesinin araştırıldığı bu çalışmada Dağ Önü Sinüslülük Oranı (Smf), Vadi Taban Genişliğinin Vadi Yüksekliğine Oranı (Vf), Normalleştirilmiş Akarsu Uzunluk-Eğim indisi (SLK), Hipsometrik İntegral (Hi), Havza Asimetri Faktörü (AF) ve Drenaj Havza Şekli (Bs) gibi morfometrik indisler kullanılmıştır Şekil 3. Yapılan hesaplamalarda bölgeye ait 1/25,000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalardan elde edilen 10 m çözünürlüğe sahip SYM kullanılmıştır. SYM ile inceleme alanındaki drenaj ağları ve havza sınırları ArcGIS™ program

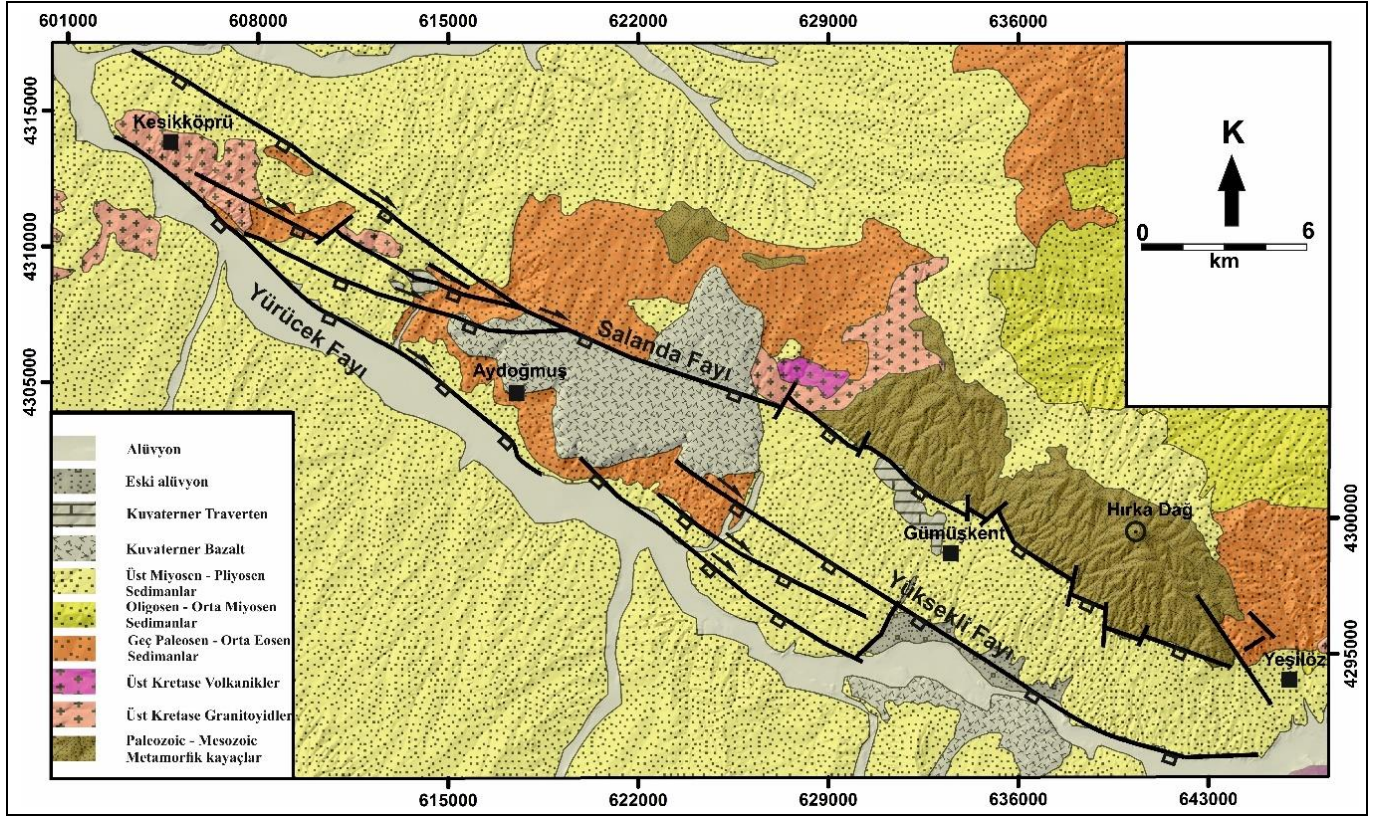
eklentisi olan, ArcHydro Tools ile tespit edilmiştir Şekil 1(c). Bölgenin göreceli tektonik aktivitesini belirlemek için, Smf, SLK, Vf, Hi, AF ve Bs jeomorfik indislerinin ortalama değerleri

kullanılarak inceleme alanında bulunan her bir havzaya ait lat değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 1(a): Türkiye ve yakın çevresinin Neo-tektonik hatlarını gösterir harita [6],[11],[71]' den değiştirilerek alınmıştır. (b): İnceleme alanı ve çevresinde gözlenen ana faylar ve bu faylar üzerinde meydana gelen depremler ve odak mekanizması çözümleri [15],[17]-[21],[72]' den değiştirilerek alınmıştır. (c): Salanda Fay Zonu'nun inceleme alanındaki kesimi, jeomorfik indislerin hesaplanması için seçilen drenaj alanları ve bölgede aletsel dönem içerisinde meydana gelen depremler [59].

Figure 1(a): Neo-tectonic maps of Turkey modified from [6],[11],[71]. (b): The main faults of study area and earthquake with focal mechanism solutions modified from [15],[17]-[21],[72]. (c): Section of the Salanda Fault Zone in the study area, selected drainage areas and instrumental earthquakes at study area [59].



Şekil 2. İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası [21],[29],[83]' dan değiştirilerek alınmıştır.

Figure 2. Simplified geology map of the study area modified from [21],[29],[83].

3.1 Kaya dayanımı

Bölgenin jeomorfolojik özelliklerinin belirlendiği bu çalışmada inceleme alanında bulunan kayaların dayanımı oldukça önemlidir. Bu nedenden dolayı inceleme alanında bulunan kayaların litolojik özellikleri göz önüne alınarak [84] ve benzer çalışmalardan faydalanılarak [37],[47],[50] inceleme alanındaki kayalar kendi içerisinde 5 farklı gruba ayrılmıştır. Bölgede bulunan mermer, kalkışit, gnays ve granitoid den oluşan birimler çok yüksek dayanıma, bazalt, dasit ve andezitten oluşan birimler yüksek dayanıma, kumlu kireçtaşı, silttaşı ve kumtaşından oluşan birimler orta dayanıma, gölsel kireçtaşı ve konglomeredan oluşan birimler düşük dayanıma, alüvyal çökeller ise çok düşük dayanım özelliğinde sınıflandırılmıştır.

3.2 Dağ önü sinüslülük (Smf)

Bu indis ilk kez [85] tarafından dağ önünün sinüslülük oranını belirlemede kullanılmıştır. Smf' ye göre fay kontrollü dağ önlerinin çizgisel bir görünüm sunacağı düşünülürken, erezyonal olayların etkin olması durumunda dağ önlerinin sinüsoidal bir geometriye sahip olacağı fikrini esas almıştır. Bu düşünce ile Smf değerleri [86] tarafından bölgenin tektonik aktivitesine göre sınıflandırılmıştır Şekil 3(a).

Bu çalışmada Smf indisinin belirlenmesi için SYM kullanılmıştır. SYM'den eğim haritaları oluşturulmuş ve dağ yamaçları ile düz bölgeler arasındaki sınırdan geçen hatlar boyunca Lmf değerleri tespit edilmiştir. Eğim haritasından tespit edilen bu hatlar, eş yükselti eğrileri kullanılarak çizilmiş ve bu hatlar otomatik olarak ArcGIS™ tarafından hesaplanmıştır. Ls değeri ise bu hatlar boyunca ArcGIS™ 10.0.

kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler ile Smf indisi hesaplanmış ve bölgedeki faylar tektonik aktivite bakımından sınıflandırılmıştır.

3.3 Vadi taban genişliğinin vadi yüksekliğine oranı (Vf)

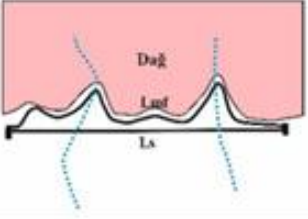
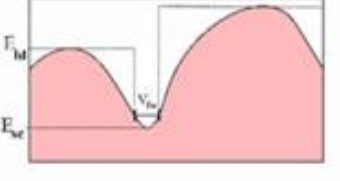
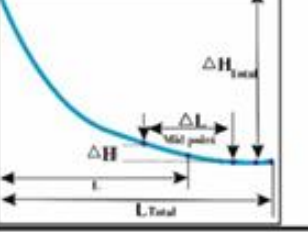
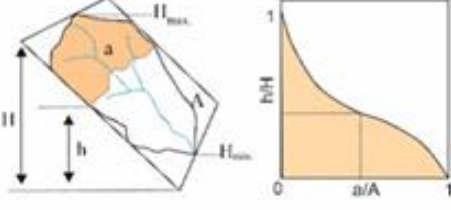
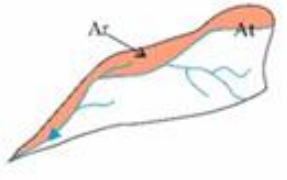

Vadi Taban Genişliğinin Vadi Yüksekliğine Oranı (Vf) [85], [86] vadi şekillerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır Şekil 3(b). Buna göre Vf değerlerinin 1'den yüksek olduğu vadiler, erozyonun baskın olduğu, tektonik olarak stabil veya önceden buzullaşmaya maruz kalan geniş vadi tabanına sahip, "U" şekilli vadileri ifade ederken, 1'den düşük Vf değerleri ise erezyonun az olduğu tektonik aktiviteden etkilenen dar vadi tabanına sahip "V" şekilli vadileri ifade etmektedir [52],[87]. Farklı araştırmacılar [32]-[35],[88] yaptıkları çalışmalar sonucunda elde ettikleri değerlere göre Vf indisini fayın tektonik aktivitesine göre sınıflandırmıştır Şekil 3(b).

3.4 Normalleştirilmiş akarsu uzunluk-eğri indisi (SLK)

Akarsu Uzunluk-Eğim İndisi (SL) indisi ilk kez [39] tarafından tanımlanmıştır. Bu indis akarsuyun yatak eğimindeki değişimleri belirlemek için kullanılmaktadır Şekil 3(c).

Bu çalışmada Vf değerleri dağ önünden başlayıp memba kesimine doğru 500 m'lik kesim içerisinde 150 m aralıklar ile hesaplanmış ve ortalamaları alınmıştır. SYM' den oluşturulan vadi profilleri ile elde edilen Vf değerleri kullanılarak inceleme alanındaki seçili vadilerin Şekil 1(c) tektonizma ile olan ilişkileri tespit edilmiştir.

SL indisi akarsu yatağındaki kayaç litolojisinden, tektonizmaya ve hatta bölgenin iklimine kadar birçok olaydan etkilenerek değişik sonuçlar vermektedir [89]-[93].

<p>a <u>Dağ Önü Sinüslülük Oranı</u></p> $Smf = L_{mf} / L_s$		<table border="0"> <tr> <td>$Smf < 1.4$</td> <td>S=1</td> </tr> <tr> <td>$1.4 \leq Smf < 3$</td> <td>S=2</td> </tr> <tr> <td>$Smf \geq 3$</td> <td>S=3</td> </tr> </table>	$Smf < 1.4$	S=1	$1.4 \leq Smf < 3$	S=2	$Smf \geq 3$	S=3
$Smf < 1.4$	S=1							
$1.4 \leq Smf < 3$	S=2							
$Smf \geq 3$	S=3							
<p>b <u>Vadi Tabanı Genişliği Yüksekliği Oranı İndisi</u></p> $Vf = 2V_{fw} / ((E_{sd} - E_{sd}) + (E_{rd} - E_{rd}))$		<table border="0"> <tr> <td>$Vf < 0.5$</td> <td>S=1</td> </tr> <tr> <td>$0.5 \leq Vf < 1$</td> <td>S=2</td> </tr> <tr> <td>$Vf \geq 1$</td> <td>S=3</td> </tr> </table>	$Vf < 0.5$	S=1	$0.5 \leq Vf < 1$	S=2	$Vf \geq 1$	S=3
$Vf < 0.5$	S=1							
$0.5 \leq Vf < 1$	S=2							
$Vf \geq 1$	S=3							
<p>c <u>Normalleştirilmiş Akarsu Uzunluk - Eğri İndisi</u></p> $SL = (\Delta H / \Delta L) \times L$ $K = \Delta H_{Total} / \ln L_{Total}$ $SLK = SL / K$		<table border="0"> <tr> <td>$SLK \geq 3.7$</td> <td>S=1</td> </tr> <tr> <td>$2.5 \leq SLK < 3.7$</td> <td>S=2</td> </tr> <tr> <td>$SLK < 2.5$</td> <td>S=3</td> </tr> </table>	$SLK \geq 3.7$	S=1	$2.5 \leq SLK < 3.7$	S=2	$SLK < 2.5$	S=3
$SLK \geq 3.7$	S=1							
$2.5 \leq SLK < 3.7$	S=2							
$SLK < 2.5$	S=3							
<p>d <u>Hipsometrik İntegral</u></p> $Hi = (H_{max} - H_{min}) / (H_{max} - H_{min})$		<table border="0"> <tr> <td>$Hi > 0.5$</td> <td>S=1</td> </tr> <tr> <td>$0.4 \leq Hi \leq 0.5$</td> <td>S=2</td> </tr> <tr> <td>$Hi < 0.4$</td> <td>S=3</td> </tr> </table>	$Hi > 0.5$	S=1	$0.4 \leq Hi \leq 0.5$	S=2	$Hi < 0.4$	S=3
$Hi > 0.5$	S=1							
$0.4 \leq Hi \leq 0.5$	S=2							
$Hi < 0.4$	S=3							
<p>e <u>Havza Asimetri Faktörü</u></p> $AF = (A_r / A_l) \times 100$		<table border="0"> <tr> <td>$IAF - 50 \geq 15$</td> <td>S=1</td> </tr> <tr> <td>$7 \leq IAF - 50 < 15$</td> <td>S=2</td> </tr> <tr> <td>$IAF - 50 < 7$</td> <td>S=3</td> </tr> </table>	$IAF - 50 \geq 15$	S=1	$7 \leq IAF - 50 < 15$	S=2	$IAF - 50 < 7$	S=3
$IAF - 50 \geq 15$	S=1							
$7 \leq IAF - 50 < 15$	S=2							
$IAF - 50 < 7$	S=3							
<p>f <u>Drenaj Havza Şekli</u></p> $BSs = B_l / B_w$		<table border="0"> <tr> <td>$Bs > 2.3$</td> <td>S=1</td> </tr> <tr> <td>$1.5 \leq Bs \leq 2.3$</td> <td>S=2</td> </tr> <tr> <td>$Bs < 1.5$</td> <td>S=3</td> </tr> </table>	$Bs > 2.3$	S=1	$1.5 \leq Bs \leq 2.3$	S=2	$Bs < 1.5$	S=3
$Bs > 2.3$	S=1							
$1.5 \leq Bs \leq 2.3$	S=2							
$Bs < 1.5$	S=3							

Şekil 3. Çalışmada kullanılan jeomorfolojik indisler [38],[40],[52],[85],[86]'den değiştirilerek alınmıştır. (a): Dağ önü sinüslülük oranı (Smf), (b): Vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı (Vf), (c): Normalleştirilmiş akarsu uzunluk-eğim indisi (SLK), (d): Hipsometrik eğri ve hipsometrik integral (Hi), (e): Havza asimetri faktörü (AF), (f): Drenaj havza şekli (Bs). Yüksek seviyede tektonik aktiviteye özgü değerler (S=1), Orta seviyede tektonik aktiviteye özgü değerler (S=2), Düşük seviyede tektonik aktiviteye özgü değerler (S=3).

Figure 3. Geomorphic indices applied in this study (modified from [38],[40],[52],[85],[86]). (a): Mountain-Front sinuosity (Smf), (b): Valley floor width-to-height (Vf), (c): Normalized stream length-gradient (SLK), (d): Hypsometric integral and Hypsometric curve (Hi), (e): Asymmetry Factor (AF), (f): Drainage Basin Shape (Bs) (f). Values specific to high level tectonic activity (S=1), moderate tectonic activity (S=2), low level tectonic activity (S=3).

Fakat bu değerin akarsu yatağının uzunluğu ile ilişkili olarak değiştiği gözlenmiştir. Bu farkı ortadan kaldırmak ve akarsu yataklarının birbirleri ile olan ilişkilerin daha doğru bir şekilde değerlendirmek amacıyla çalışmacılar [58],[94]-[96] normalleştirme faktörü "K" kullanılarak SLK indisi hesaplanmıştır Şekil 3(c). Farklı çalışmalar sonucunda [40], [96] SLK değerleri tektonik aktivite bakımından sınıflandırılmıştır Şekil 3(c).

Bu çalışmada SLK indislerini belirlemek için inceleme alanında belirlenen akarsuların profillerinden 500 m aralıklar ile SL değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan SL değerlerinin K sabitine bölünmesi ile SLK değerleri elde edilmiştir. Akarsu boyunca belirlenen SLK değerlerinin aritmetik ortalamasının alınması ile her bir havzaya ait ortalama değerler hesaplanmıştır. Bu ortalama değerler havzaların görelî tektonik aktivitesini ortaya çıkarmada kullanmıştır.

3.5 Hipsometrik eğri ve hipsometrik integral (Hi)

Hipsometrik Eğri (Hypsometric Curve) bir arazi alanı boyunca yüksekliklerin dağılımı olarak ifade edilir [97] ve bölgedeki yükseltici kuvvetler ile aşındırıcı kuvvetler arasındaki etkileşimi gösterir. Hipsometrik eğriyi oluştururken oransal yükseklikler, oransal alana iz düşürülür. Oluşturulan bu eğri bir havzanın gelişim evreleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Dış bükey bir eğri havzanın genç olduğunu ve az miktarda erozyona uğradığını, S şekilli bir eğri havzanın orta yaşlı olduğunu, iç bükey bir eğri ise havzanın yaşlı olduğunu ve yüksek miktarda erozyona uğradığını ifade etmektedir [97]-[101]. Hipsometrik İntegral (Hi) ise bu eğri altında kalan alanı ifade etmektedir Şekil 3(d). Hi değeri 0' a yaklaştıkça bölgenin penepleşme döneminde olduğunu ve aktif tektonizmanın az olduğu anlaşılırken 1'e yaklaştıkça havzanın tektonik aktivitesinin fazla olduğu belirtilmiştir. Daha önceki çalışmacılar [33]-[35],[40],[102] yaptıkları çalışmalarda Hi değerlerini tektonik aktiviteye göre sınıflamıştır. Buna göre Hi 0,5 ten büyük ise yüksek oranda tektonik aktivite, 0,4 ile 0,5 arasında ise orta seviyede tektonik aktivite, 0,4 ten küçük ise düşük seviyede tektonik aktivite olarak yorumlanır Şekil 3(d) [33]-[35],[40],[102].

Bu çalışmada fay hattı boyunca belirlenen 35 adet drenaj alanının Hipsometrik Eğrilerini oluşturmak amacıyla havzaların her biri 50 m yüksekliğe göre sınıflandırılmış ve bu sınıflara ait alanlar hesaplanarak oransal yükseklikler oransal alana iz düşürülmüş ve Hipsometrik Eğriler elde edilmiştir. Hipsometrik eğrilerin altında kalan alanlar hesaplanarak Hi değerleri hesaplanmış ve hesaplanan değerler tektonik aktivite yönünden sınıflandırılmıştır.

3.6 Havza asimetri faktörü (AF)

Başlangıçta simetrik bir yapıya sahip olduğu düşünülen havzada tektonik tiltleşme (eğimlenme) sonucu meydana gelen asimetri miktarını belirlemek amacıyla Havza Asimetri Faktörü (AF) kullanılır [52],[102], Şekil 3(e). Havzada herhangi bir asimetrinin oluşmaması durumunda AF değeri 50 ye yakın bir değere sahipken, tektonik aktivite ve litoloji farklılığı gibi durumlarda ise bu değer 50'den uzaklaşarak asimetrik havzaya özgü değerler sunmaktadır. Yapılan çalışmalarda [33],[34],[39],[40],[102]-[105] AF değerleri tektonik aktiviteye göre 3 sınıfa ayrılmıştır Şekil 3(e).

Bu çalışmada Salanda Fay Zonu üzerinde bulunan ve çalışma alanı içerisinde belirlenen 39 adet havzaya ait AF indisi hesaplanmıştır. Bu amaç doğrultusunda havzanın alanları ve

dere akış yönünün sağ tarafında kalan alan ve ArcGIS 10.0. ile hesaplanarak AF değeri elde edilmiştir.

3.7 Drenaj havzası şekli (Bs)

Havzaların şekilleri bölgenin tektonik aktivitesinden etkilenen ve buna bağlı olarak değişim gösteren bir yapıya sahiptir. Tektonik aktivitenin az olduğu bölgede havza şekilleri gittikçe yuvarlak bir görünüme sahip olurken, tektonik aktivitenin fazla olduğu alanlarda uzunlamasına bir görünüm sunarlar [85] Şekil 3(f). Daha önce yapılan çalışmalarda [40] Bs değerleri tektonik aktiviteye göre 3 sınıfa ayrılmıştır. Buna göre Bs değerinin 2.3' ten büyük olduğu havzalar yüksek tektonik aktiviteyi, 1.5 - 2.3 arasındaki değerler orta seviyede tektonik aktiviteyi, 1.5' dan küçük değerler ise düşük seviyede tektonik aktiviteyi yansıtır Şekil 3(f).

İnceleme alanında SYM kullanılarak ArcHydro Tools ile havza sınırları belirlenmiş ve havzaya ait Bw ve Bl değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler ile 35 adet havzaya ait Bs değerleri belirlenmiş ve bu değerler tektonik aktivitelerine göre sınıflanarak birbirleri ile kıyaslanmıştır.

3.8 Göreceli aktif tektonik indeksi (Iat)

Birbirinden farklı bölgelerin tektonik aktivitelerini kıyaslamak için Göreceli Aktif Tektonik İndisi (Iat) kullanılmaktadır [85]. Bu çalışmada Iat değeri Smf, Vf, AF, Bs, Hi ve SLK gibi morfometrik indislerden elde edilen sonuçların tektonik aktivitelerine göre yüksek (1), orta (2) ve düşük (3) sınıflandırılmasından sonra elde edilen sınıflar değerlerin aritmetik ortalamasının alınması ile belirlenmiştir Şekil 3. Yapılan çalışmalarda [33],[40] elde edilen sonuçlara göre Iat değerleri 4 sınıfa ayrılmıştır. Elde edilen Iat değeri 1-1.5 arasında ise çok yüksek tektonik aktiviteyi, 1.5 ile 2 arasında ise yüksek seviyede tektonik aktiviteyi, 2-2.5 arasında ise orta seviyede tektonik aktiviteyi ve 2.5 ile 3 arasında ise düşük derecede tektonik aktiviteyi temsil etmektedir.

4 Bulgular

İnceleme alanında Salanda Fay Zonu tarafından kesilen 35 adet havza ve ana akarsu kanallarına ait Smf, Vf, SLK, Af, Bs ve Hi değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerlere göre havzalara ait Iat değerleri belirlenmiş ve havzalar tektonik aktivitelerine göre sınıflandırılmıştır.

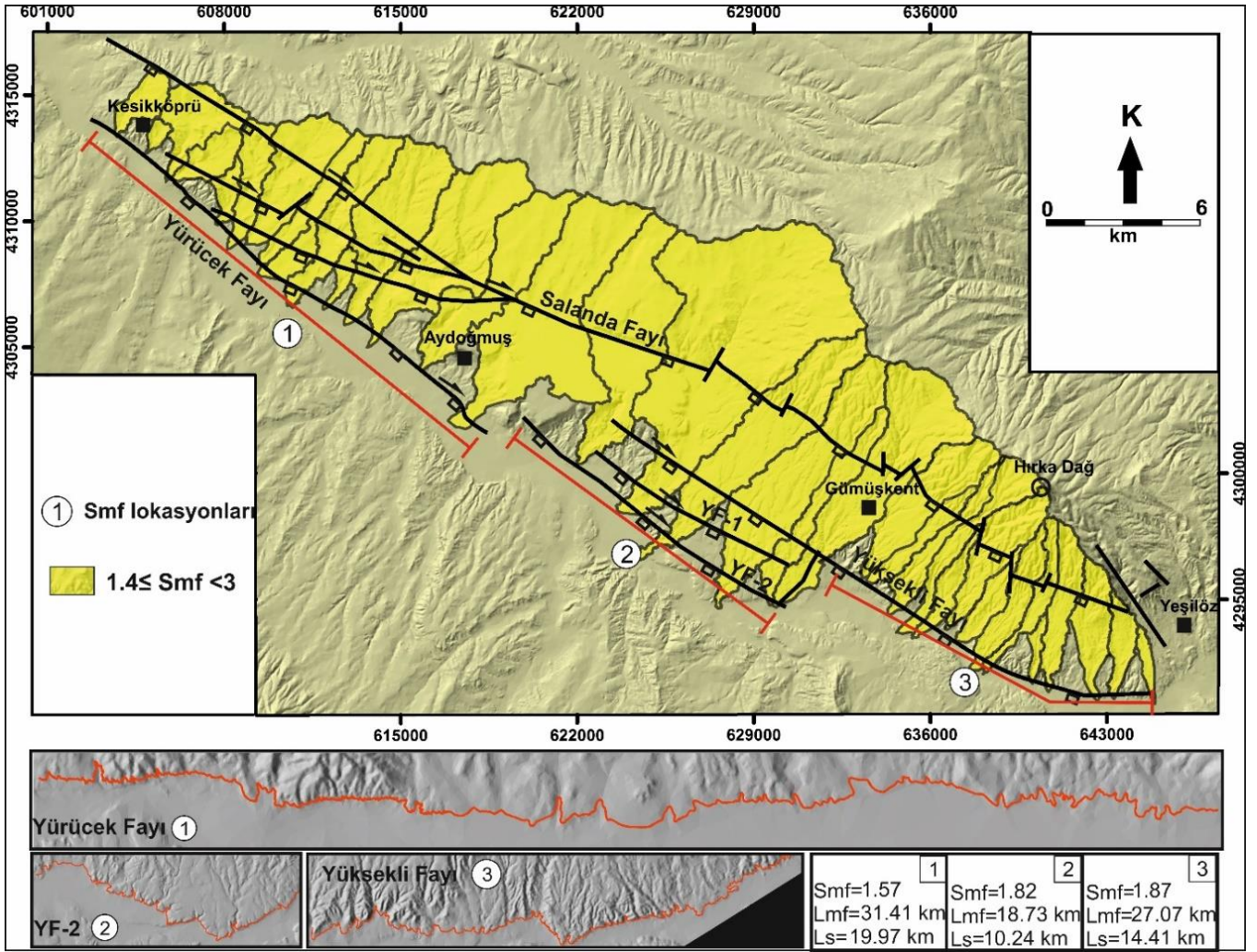
4.1 Dağ önü sinüslülük (Smf)

Smf değerleri inceleme alanı içerisinde bulunan havzaların son bulduğu ve Yürücek Fayı, Yüksekli Fayı'nın GD kesimi ve Yüksekli Fayı'nın bir segmenti olan YF-2 fayları ile sınırlanan dağ önlerinden hesaplanmıştır Şekil 4. Elde edilen sonuçlara göre Smf değerlerinin 1.57 ile 1.87 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir Tablo 1.

Tablo 1. Segmentlere ait Smf, Ort. Vf ve standart sapma değerleri.

Table 1. Smf, mean Vf and standard deviation values of segments.

Segment	Smf	Ort. Vf	$\sigma_n - 1$
1	1.57	1.15	0.63
2	1.82	0.67	0.1
3	1.87	0.88	0.27



Şekil 4. İnceleme alanında hesaplanan Smf değerleri.

Figure 4: Calculated Smf values of the study area.

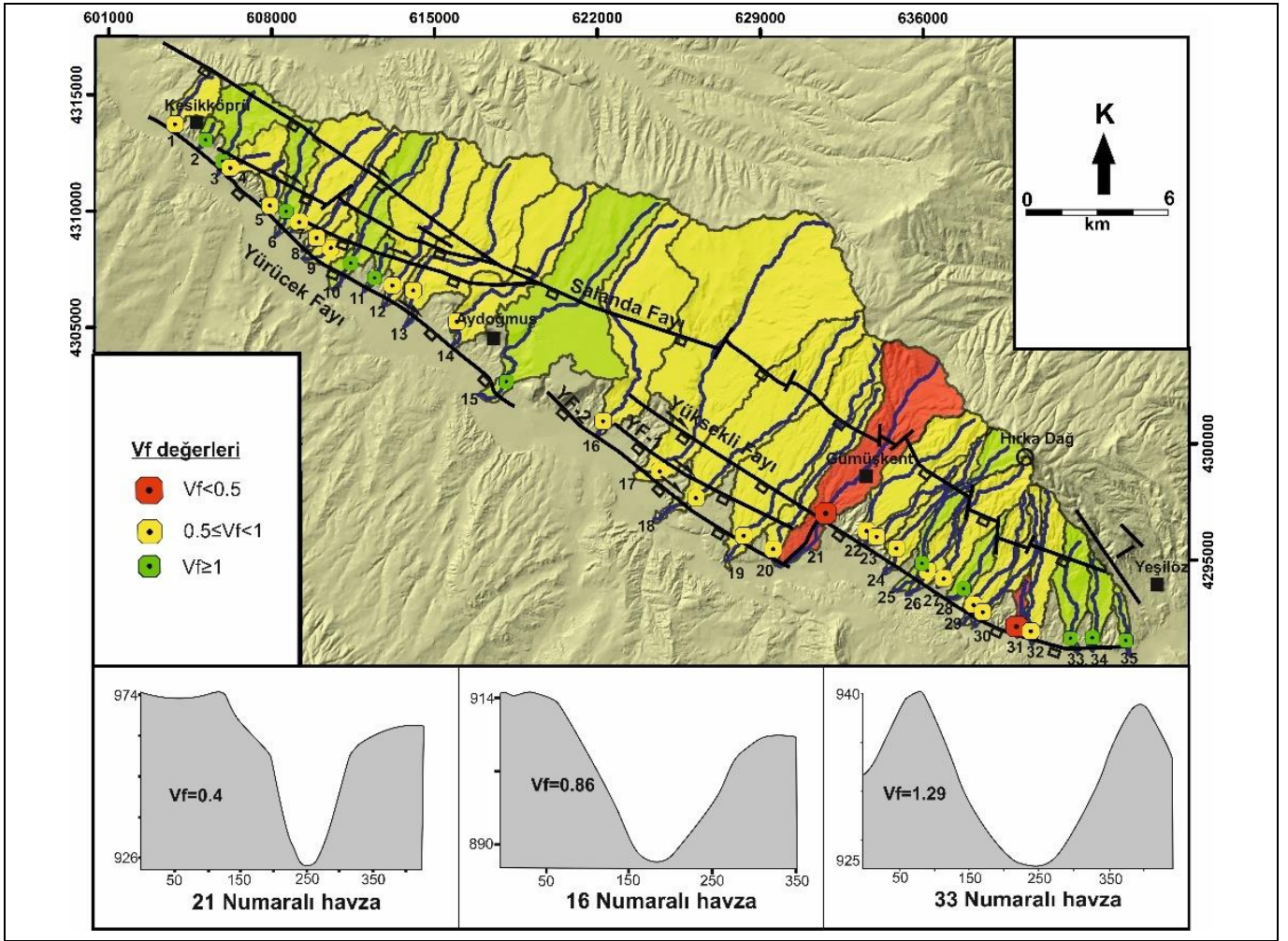
Smf değerleri ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde, en düşük Smf değerine Salanda Fay Zonu'nun KB kesiminde bulunan Yürücek fayı'nın sahip olduğu belirlenirken en yüksek Smf değerine ise Yüksekli Fayı'nın güneydoğu kesiminin sahip olduğu tespit edilmiştir. İnceleme alanındaki havzaları sınırlayan fayların tamamı orta seviyede tektonik aktiviteyi yansıtan değerler sunmaktadır Şekil 4.

4.2 Vadi Taban genişliğinin-vadi yüksekliğine oranı (Vf)

İnceleme alanında vadi başlangıcından memba kesimine doğru 500 m'lik kesimden 150 m aralıklar ile Vf değerleri hesaplanmış ve bu değerlerin ortalaması alınarak 35 adet vadiden Vf değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan Vf değerlerinin 0.33 ile 3 arasında değişiklik göstermektedir.

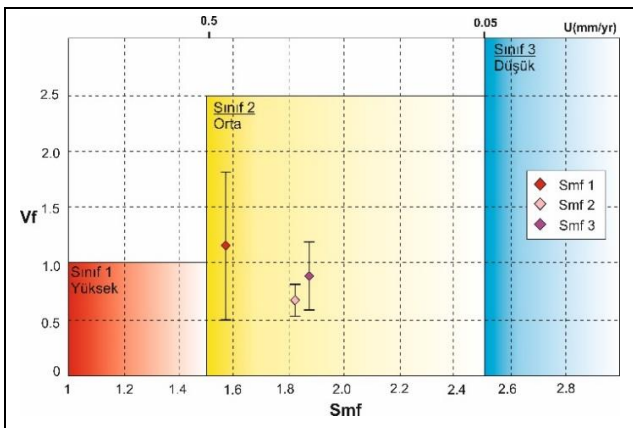
Bu değerlere göre çalışılan bölgede "U" ve "V" şekilli vadiler bulunmaktadır Şekil 5. İnceleme alanında bulunan vadilerden 2 tanesi yüksek tektonik aktiviteyi yansıtan Vf değerlerine, 22 tanesi orta seviyede tektonik aktiviteyi yansıtan Vf değerlerine 11 tanesi ise düşük derecede tektonik aktiviteyi yansıtan Vf değerlerine sahiptir Şekil 5.

Vf değerleri faylara göre sınıflandırıldığında Yürücek Fayına ait ortalama Vf değeri 1.15, YF-2 Fayı'nın ortalama Vf değeri 0.67, Yüksekli Fayı'nın GD kesimine ortalama Vf değeri ise 0.88 olarak belirlenmiştir. Vf değerlerine bakıldığında en yüksek ortalama Vf değeri Yürücek Fayına aitken en düşük Vf değerine ise Yüksekli Fayı'nın bir segmenti olan YF-2 Fayı sahiptir Tablo 1. İnceleme alanında elde edilen Smf ve ortalama Vf değerleri bir arada değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır Tablo 1, Şekil 6. Bu iki değer kullanılarak bölgedeki Yürücek, Yüksekli ve YF-2 faylarına ait yükselme hızı hesaplanmıştır [106]. İnceleme alanında en fazla yükselme hızı Yürücek Fayına ait iken en düşük yükselme hızı ise Yüksekli Fayı'nın GD kesiminde belirlenmiştir Şekil 6. En düşük Smf değerine Yürücek Fayı sahipken en yüksek Vf değerinde bu fay aittir. Diğer faylarda ise Smf değeri yükselirken Vf değerinde doğru orantılı olarak arttığı gözlenmiştir Şekil 6. Smf ve Vf değerlerinin bir arada yorumlanması sonucu İnceleme alanındaki yükselme hızı diyagrama göre 0.05 mm/yıl'dan büyüktür.



Şekil 5. İnceleme alanına ait Vf değerleri ve havzaların Vf değerlerine göre tektonik aktiviteleri.

Figure 5. The Vf values of the study area and the tectonic activities of the basins according to the Vf values.



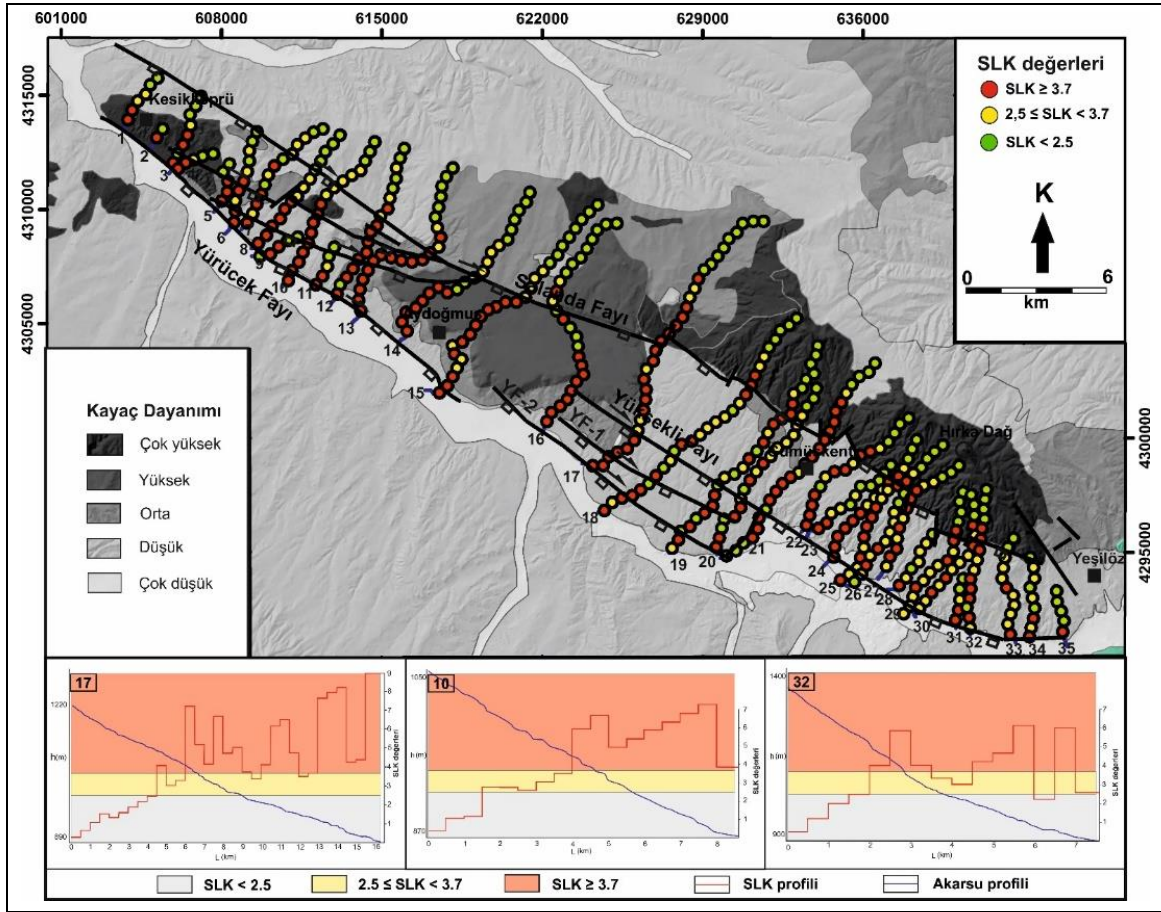
Şekil 6. Smf ve Vf değerlerinin aktivitelerine göre sınıflandırılması. Çizgiler ort. Vf değerlerine ait standart sapmayı, Üstteki kesim yükselme hızını göstermektedir [106].

Figure 6. Smf vs Vf values classify with tectonic activity. The lines show standart deviation of mean Vf values and the top side of graph show uplift rate [106].

4.3 Normalleştirilmiş akarsu uzunluk-eğri indisi (SLK)

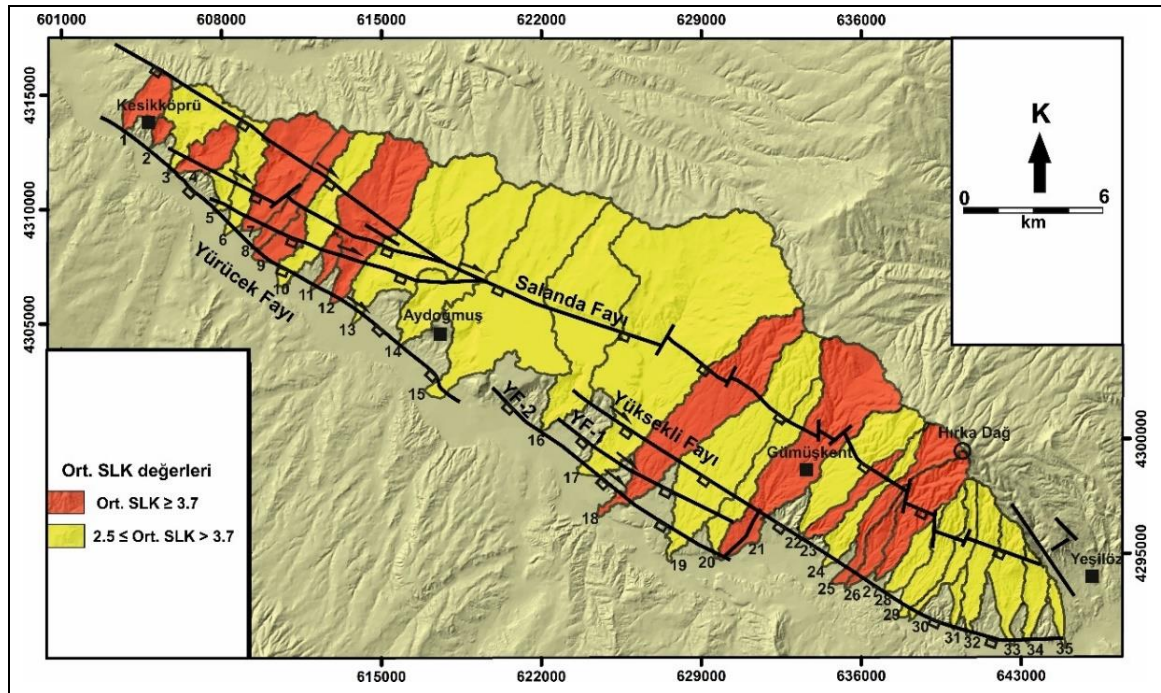
İnceleme alanında 500 m aralıklar ile 534 adet SLK değeri hesaplanmıştır. Bu değerlerden en düşük olan değer 0,05 iken en yüksek değer 16,05 olarak belirlenmiştir. Elde edilen SLK değerleri incelendiğinde değerlerin Salanda Fayı'na dik olan KD-GB hattı boyunca GB ya doğru artış gösterdiği net bir şekilde gözlenmiştir. Ayrıca fay hattı boyunca SLK değerlerinde çizgisel bir hat boyunca artış olduğu da belirlenmiştir. Bölgedeki maksimum SLK değerlerinin inceleme alanının orta kesiminde bulunan Aydoğmuş çevresinde yoğunlaştığı gözlenmiştir Şekil 7.

İnceleme alanında elde edilen SLK değerleri havzalara göre sınıflandırılmış ve ortalamaları alınmıştır. Elde edilen ortalama SLK değerlerine göre en düşük ortalama SLK değeri 2,56 ile 19 No.lu havzada gözlenirken en yüksek ortalama SLK değeri 5,15 ile 11 No.lu havzada gözlenmiştir. Bölgedeki havzalara ait ortalama SLK değerleri incelendiğinde havzaların 14 tanesi yüksek derecede tektonik aktiviteye (Sınıf-1), 21 tanesi orta derecede tektonik aktiviteye (Sınıf 2) sahip olduğu belirlenmiştir Şekil 8. Havzalara ait ortalama SLK değerlerinin tamamının yüksek ve orta derecede tektonik aktiviteyi yansıtan değerler sunmaktadır.



Şekil 7. İnceleme alanına ait SLK yoğunluk haritası ve SLK değerleri.

Figure 7. SLK density map and SLK values of the study area.



Şekil 8. İnceleme alanındaki havzalara ait ortalama SLK değerleri.

Figure 8. Mean SLK values for basins in the study area.

4.4 Hipsometrik eğri ve hipsometrik integral (HI)

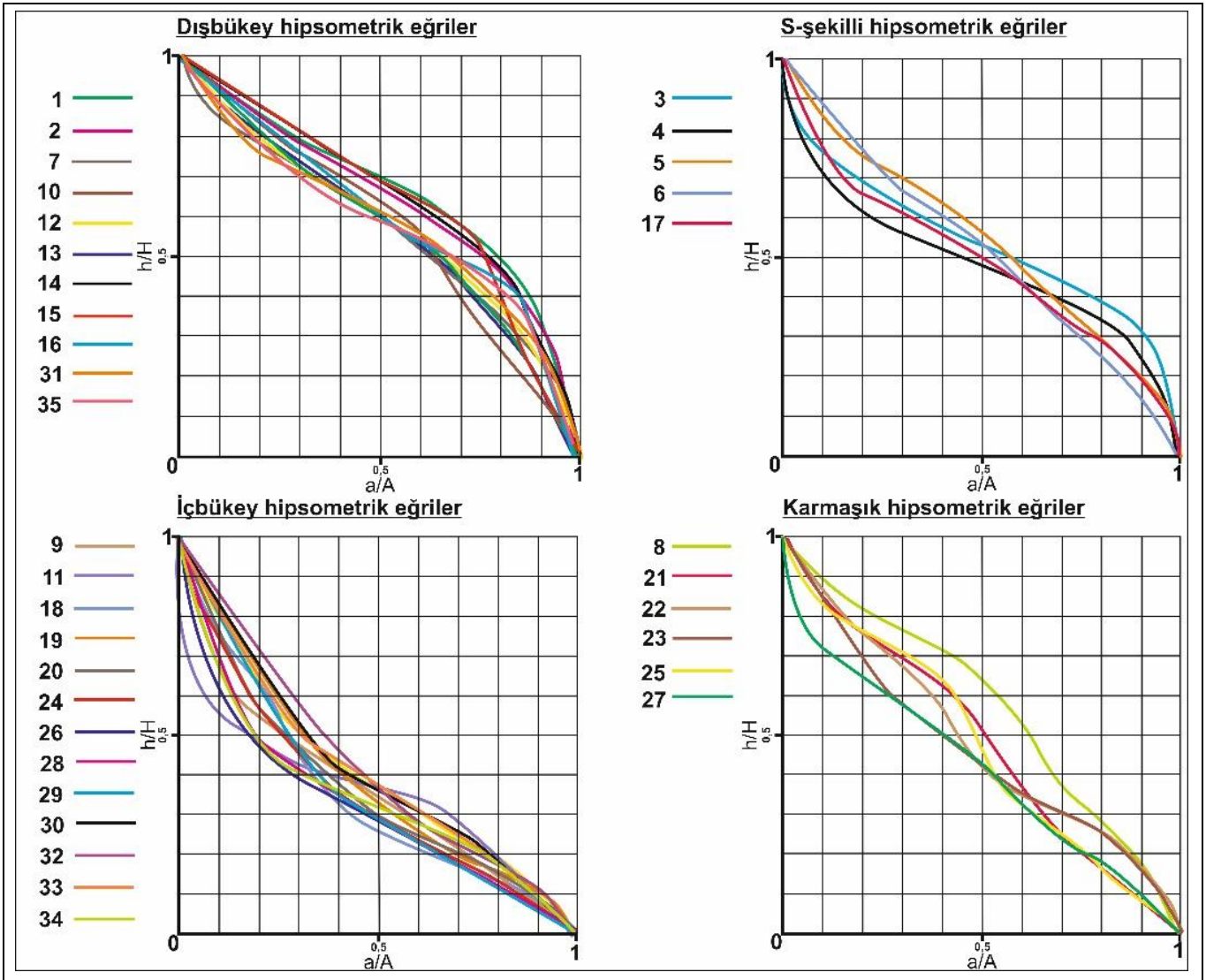
İncele alanında Salanda Fayı boyunca 35 adet havzaya ait hipsometrik eğriler çizilmiş ve Hipsometrik İntegral (Hi) değerleri hesaplanmıştır. Hipsometrik eğrilerin yorumlanması sonucunda 11 adet havzanın genç havza özelliği gösteren dış bükey eğriye sahip olduğu, 5 adet havzanın olgunluk döneminde S şekilli eğriye sahip olduğu, 13 adet havzanın yaşlılık döneminde iç bükey eğriye sahip olduğu 6 adet havzanın ise karmaşık bir eğriye sahip olduğu belirlenmiştir Şekil 9.

Çizilen hipsometrik eğrilerden elde edilen en düşük Hi değeri 0.22 ile 19 No.lu havzaya aitken en yüksek Hi değeri 0.65 ile 1 No.lu havzaya ait olduğu belirlenmiştir. Elde edilen değerlere göre inceleme alanında bulunan havzaların 13 (%33) tanesi yüksek derecede tektonik aktiviteye (Sınıf-1), 8 (%21) tanesi orta seviyede tektonik aktiviteye (Sınıf-2), 18 (%46) tanesi ise düşük seviyede tektonik aktiviteye (Sınıf-3) özgü değerlere sahiptir Şekil 10. Hi değerlerine göre inceleme

alanının KB kesimindeki değerlerin GD' ya göre daha yüksek olduğu net bir şekilde görülmektedir.

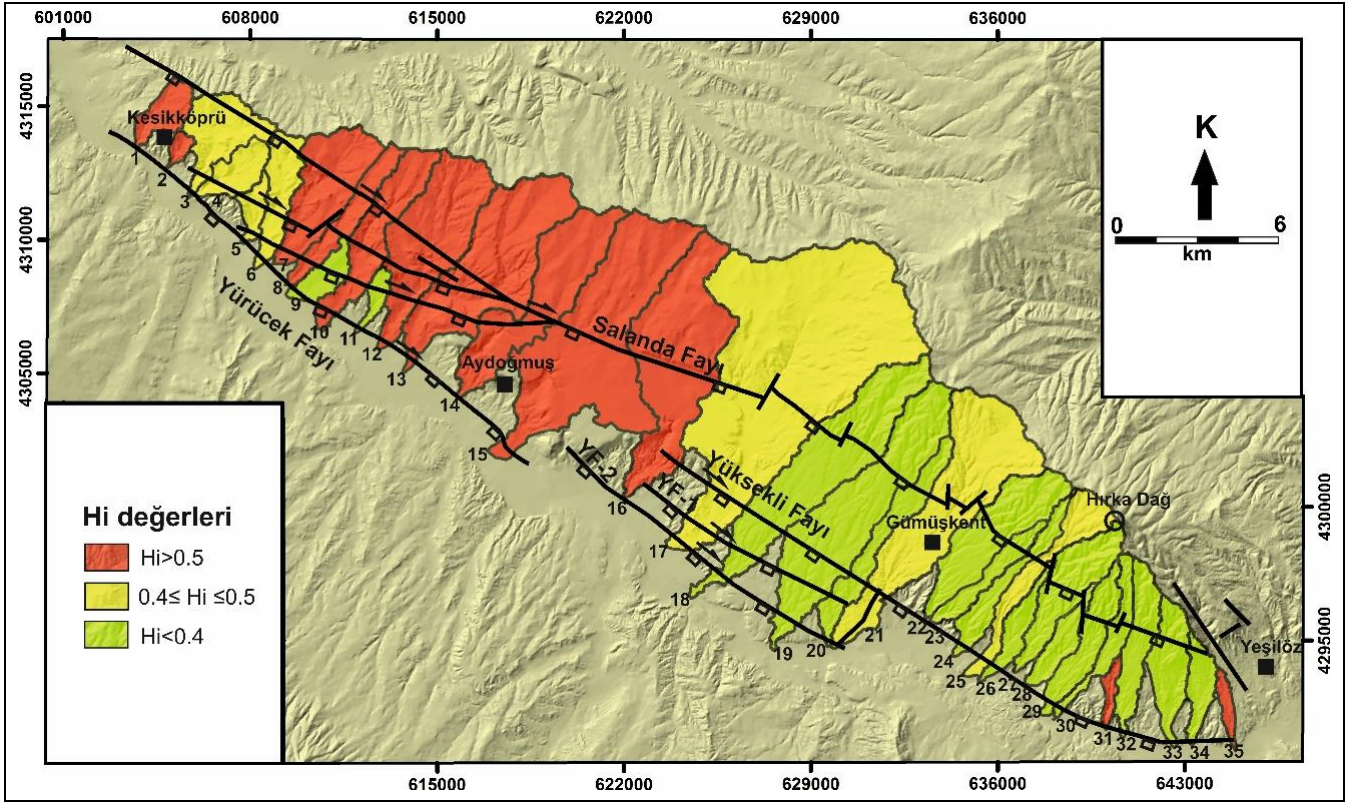
4.5 Havza asimetri faktörü (AF)

İnceleme alanında bulunan havzaların simetrik bir yapıya sahip olup olmadıklarını değerlendirmek amacı ile Af indisi hesaplanmıştır. Af değerleri inceleme alanı içerisinde 23 ile 79 arasında değişiklik sunmaktadır. Af indislerine göre inceleme alanında bulunan 35 adet havzadan 11 (%32) tanesi yüksek seviyede tektonik aktiviteye (Sınıf-1), 6 (%17) tanesi orta seviyede tektonik aktiviteye (Sınıf-2), 18 (%51) tanesi ise düşük seviyede tektonik aktiviteye (Sınıf-3) özgü değerlere sahiptir Şekil 11. Fay boyunca havzaların tiltleştiği yönler farklılık sunmakta herhangi bir bölgede aynı yönde tiltleşme göstermemektedir. Havzalardan 8 tanesi KB' ya 9 tanesi GD' ya tiltleşme gösterirken 18 tanesi ise herhangi bir yöne tiltleşme göstermemekte ve yaklaşık simetrik bir yapıya sahiptir Şekil 11.



Şekil 9. İnceleme alanında bulunan havzalara ait hipsometrik eğriler.

Figure 9. Hipsometric curves of the basins in the study area.



Şekil 10. İnceleme alanındaki havzalara ait Hi değerleri.

Figure 10. Hi values of the basins in the study area.

4.6 Drenaj havzası şekli (Bs)

İnceleme alanında en düşük Bs değeri 1.26 ile 6 No.lu havzaya aitken, en yüksek değer 7.42 ile 11 No.lu havzaya aittir. Bölgedeki havzaların 32 (%82) tanesi tektonik aktivitenin yüksek olduğu sınıfta (Sınıf 1), 6 (%15) tanesi tektonik aktivitenin orta seviyede olduğu sınıfta (Sınıf 2), 1 (%3) tanesi ise tektonik aktivitenin düşük olduğu sınıfta (Sınıf 3) yer almaktadır. Bs değerlerine göre inceleme alanındaki havzalar genel olarak yüksek derecede tektonik aktiviteye sahip olarak bulunmaktadır Şekil 12.

4.7 Göreceli tektonik aktivite indeksi (Iat)

İnceleme alanında bulunana 35 adet drenaj alanının göreceli tektonik aktivitelerini karşılaştırmak amacı ile Iat değerleri hesaplanmıştır. Bu amaç doğrultusunda havzalara ait Smf, Vf, Ort. SLK, Hi, AF ve Bs, değerleri belirlenmiş, daha sonra bu değerler kendi içerisinde tektonik aktivitelerini yansıtabilecek özellikte 3 sınıfa ayrılmıştır Şekil 3, [40]. Bu sınıflama sonucunda indislerden elde edilen sınıf değerlerinin aritmetik ortalaması ile Iat değerleri hesaplanmıştır Tablo 2. Elde edilen Iat değerleri 1.3 ile 2.33 arasında olup inceleme alanındaki drenaj alanlarının 1 tanesi çok yüksek tektonik aktiviteye 14 tanesi yüksek seviyede tektonik aktiviteye (Sınıf 2), 20 tanesi ise orta seviyede tektonik aktiviteye (Sınıf 3) sahiptir Şekil 13. Değerlerin dağılımları göz önüne alındığında Salanda Fay Zonu üzerinde bulunan Aydoğmuş Köyünün KB kesiminin ve Gümüşkent köylerinin KB' sındaki yaklaşık 6 km uzunluğundaki kesimin yüksek tektonik aktiviteye özgü değerlere sahip olduğu net bir şekilde gözlenmektedir. Fay

zonu genel olarak yüksek ve orta seviyede tektonik aktiviteye sahiptir.

5 Sonuçlar ve tartışmalar

Bu çalışma Salanda Fay Zonu' nun göreceli tektonik aktivitesini, belirlemek için 35 adet havzadan Smf, ortalama SLK, Vf, Hi, AF ve Bs değerleri hesaplanmış ve elde edilen jeomorfik indislerden Iat değerleri bulunmuştur. Havzaların son bulduğu ve faylar tarafından sınırlandırılan dağ önlerinden, değerleri 1.57 ile 1.87 arasında değişen Smf verisi elde edilmiştir Şekil 4. Hesaplanan Smf değerleri sonucuna göre inceleme alanındaki dağ önleri orta derecede tektonik aktiviteyi yansıtan değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

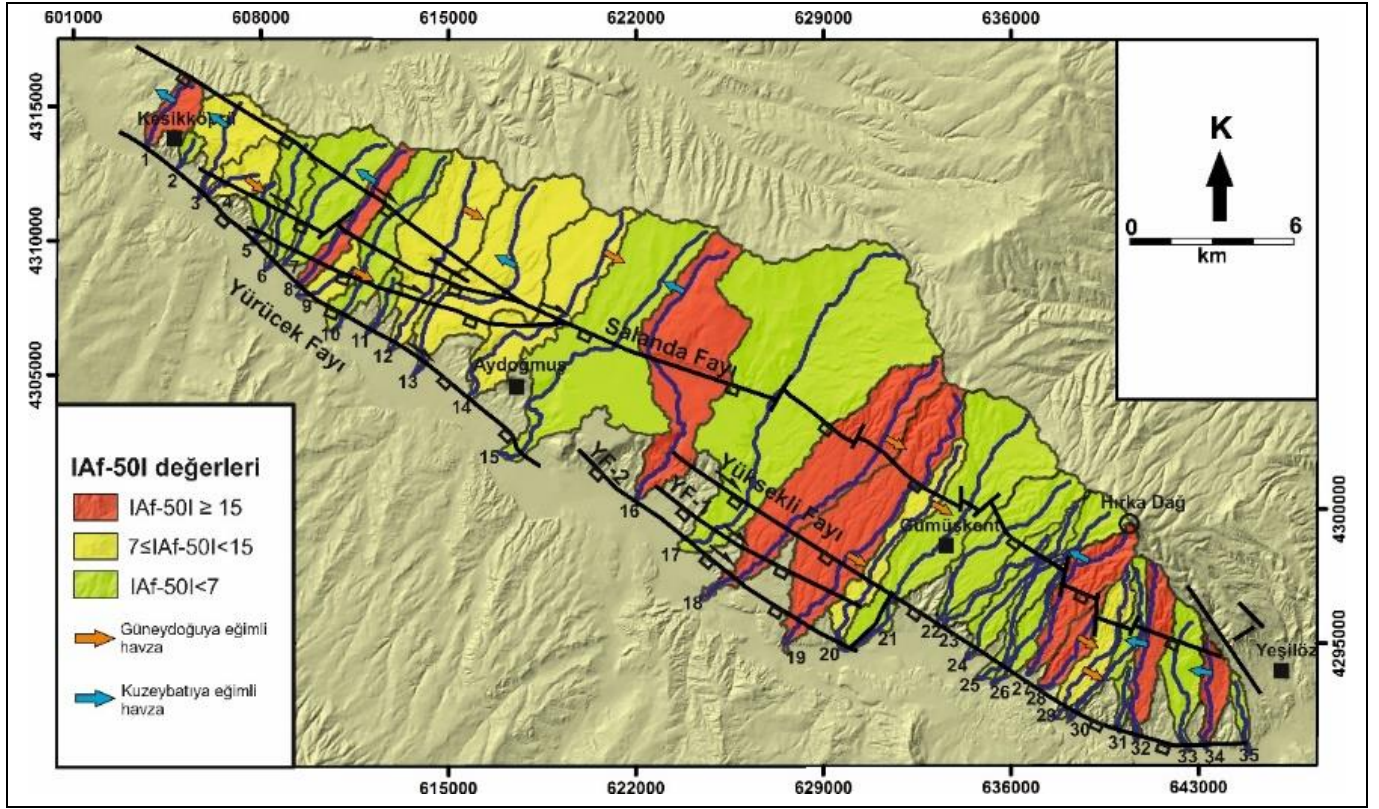
Hesaplanan Vf değerleri 0.33 ile 3 arasında değişmektedir. Bu değerler çalışılan bölgede "U" ve "V" şekilli vadilerin varlığını göstermektedir. Hesaplanan Vf değerlerine göre inceleme alanındaki vadilerin 2 tanesi yüksek, 22 tanesi orta, 11 tanesi ise düşük seviyede tektonik aktiviteye özgü değerlere sahiptir.

Smf ve ortalama Vf değerleri beraber değerlendirildiğinde bölgenin yükselme hızının 0.05 mm/yıl' dan fazla olduğu belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda bölgesel yükselme hızı 0.05 - 0.06 mm/yıl olarak hesaplanırken [70] Kızıl Irmağın inceleme alanındaki ortalama kazma hızı 0.08 mm/yıl olarak tespit edilmiştir [24]. En fazla yükselme hızına Yürücek fayı sahipken en yüksek ortalama Vf değeride yine bu faya aittir. Yürücek Fayında gözlenen bu sıradışı durumun nedeni olarak ise Yürücek fayının oluşturduğu yükselmenin diğer segmentlere göre daha az olması olarak düşünülmüştür [37].

Tablo 2. İnceleme alanındaki havzalara ait Smf, Vf, Ortalama SLK, Hi, AF, Bs, İat değerleri. (S-1: Yüksek seviyede tektonik aktivite S-2: Orta seviyede tektonik aktivite, S-3: Düşük seviyede tektonik aktivite, İat S-1: Çok yüksek tektonik aktivite, İat S-2: Yüksek tektonik aktivite, İat S-3: Orta tektonik aktivite.)

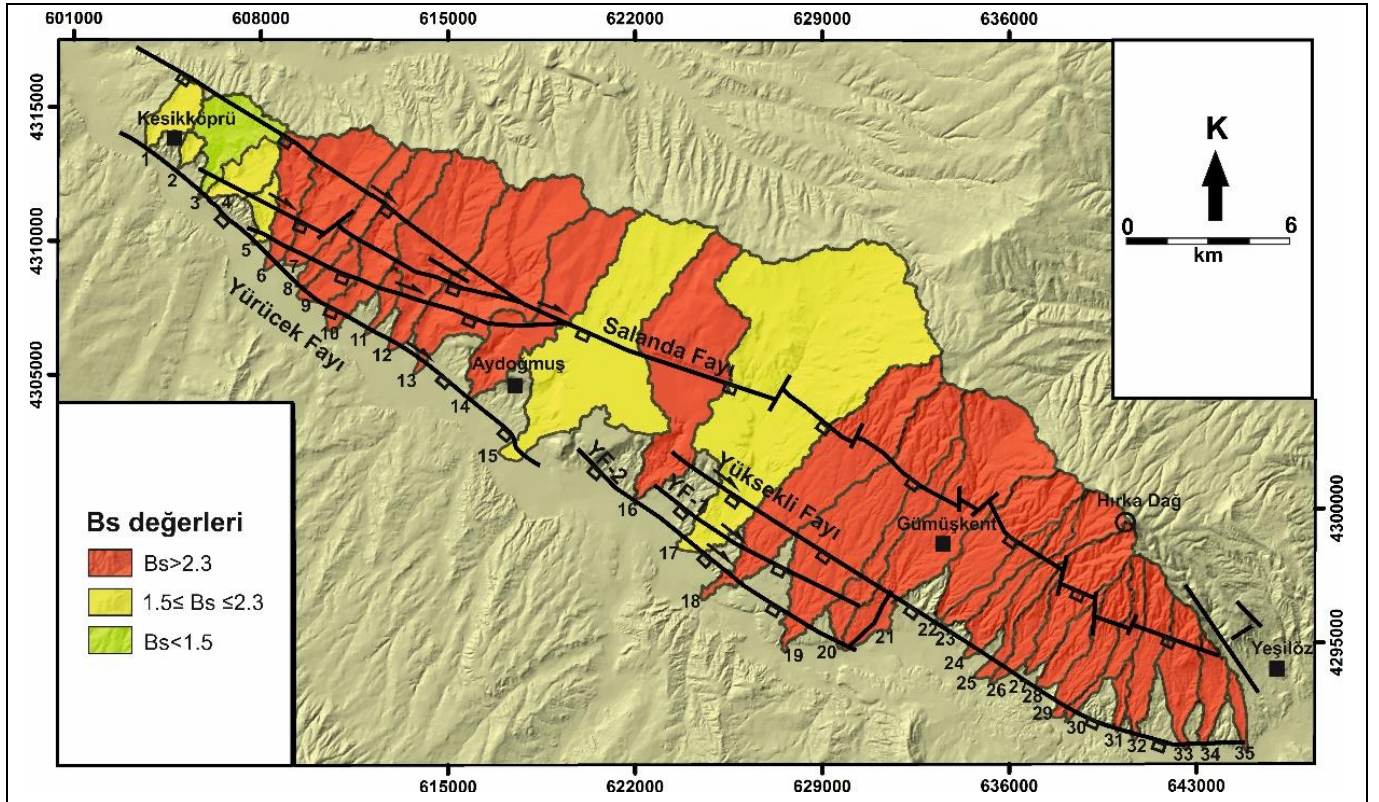
Table2. Smf, Vf, Mean SLK, Hi, AF, Bs, İat values of the the study area. (S-1: High tectonic activity S-2: Medium tectonic activity, S-3: Low tectonic activity, İat S-1: Very high tectonic activity, İat S-2: High tectonic activity, İat S-3: Medium tectonic activity.)

Havza No	Smf	Vf	Ort. SLK	Hi	AF	Bs	İat
1		0.55 (S-2)	4.24 (S-1)	0.65 (S-1)	21.29 (S-1)	1.88 (S-2)	1.5 (İat S-2)
2		1.17 (S-3)	4.12 (S-1)	0.61 (S-1)	0.01 (S-3)	1.67 (S-2)	2 (İat S-3)
3		1.14 (S-3)	3.42 (S-2)	0.47 (S-2)	8.79 (S-2)	1.26 (S-3)	2.33 (İat S-3)
4		0.71 (S-2)	3.74 (S-1)	0.44 (S-2)	11.6 (S-2)	2.05 (S-2)	1.83 (İat S-2)
5		0.8 (S-2)	3.53 (S-2)	0.49 (S-2)	2.47 (S-3)	2.33 (S-2)	2.16 (İat S-3)
6		1.8 (S-3)	3.46 (S-2)	0.48 (S-2)	1.9 (S-3)	3.38 (S-1)	2.16 (İat S-3)
7		0.97 (S-2)	4.06 (S-1)	0.53 (S-1)	5.53 (S-3)	2.38 (S-1)	1.6 (İat S-2)
8	1.57 (S-2)	0.73 (S-2)	4.82 (S-1)	0.6 (S-1)	19.41 (S-1)	7.4 (S-1)	1.3 (İat S-1)
9		0.93 (S-2)	4.53 (S-1)	0.32 (S-3)	7.49 (S-2)	2.78 (S-1)	1.83 (İat S-2)
10		2 (S-3)	3.46 (S-2)	0.58 (S-1)	5.16 (S-3)	4.89 (S-1)	2 (İat S-3)
11		1.25 (S-3)	5.15 (S-1)	0.35 (S-3)	3.88 (S-3)	3.2 (S-1)	2.16 (İat S-3)
12		0.78 (S-2)	4.18 (S-1)	0.53 (S-1)	8.81 (S-2)	2.61 (S-1)	1.5 (İat S-2)
13		0.64 (S-2)	3.55 (S-2)	0.56 (S-1)	13.16 (S-1)	2.99 (S-1)	1.66 (İat S-2)
14		0.9 (S-2)	2.96 (S-2)	0.62 (S-1)	13.55 (S-1)	3.69 (S-1)	1.6 (İat S-2)
15		3 (S-3)	3.11 (S-2)	0.61 (S-1)	0.97 (S-3)	1.86 (S-2)	2.16 (İat S-3)
16		0.73 (S-2)	3.22 (S-2)	0.6 (S-1)	22.82 (S-1)	2.9 (S-1)	1.5 (İat S-2)
17		0.62 (S-2)	3.1 (S-2)	0.45 (S-2)	0.72 (S-3)	1.64 (S-2)	2.16 (İat S-3)
18	1.82 (S-2)	0.5 (S-2)	3.99 (S-1)	0.3 (S-3)	24.07 (S-1)	4.92 (S-1)	1.6 (İat S-2)
19		0.7 (S-2)	2.56 (S-2)	0.22 (S-3)	29.38 (S-1)	4.21 (S-1)	1.83 (İat S-2)
20		0.8 (S-2)	3.64 (S-2)	0.27 (S-3)	9.1 (S-2)	6.73 (S-1)	2 (İat S-3)
21		0.44 (S-1)	3.74 (S-1)	0.44 (S-2)	6.41 (S-3)	2.4 (S-1)	1.6 (İat S-2)
22		0.55 (S-2)	3.55 (S-2)	0.39 (S-3)	3.35 (S-3)	3.35 (S-1)	2.16 (İat S-3)
23		0.77 (S-2)	3.71 (S-1)	0.38 (S-2)	1.38 (S-3)	6.17 (S-1)	2 (İat S-3)
24		0.92 (S-2)	3.64 (S-2)	0.26 (S-3)	0.42 (S-3)	6.2 (S-1)	2.16 (İat S-3)
25		1.23 (S-3)	3.7 (S-1)	0.48 (S-2)	1.62 (S-3)	4.17 (S-1)	2 (İat S-3)
26		0.9 (S-2)	3.88 (S-1)	0.25 (S-3)	5.98 (S-3)	5.7 (S-1)	2 (İat S-3)
27		0.98 (S-2)	3.92 (S-1)	0.38 (S-3)	21 (S-1)	3.81 (S-1)	1.6 (İat S-2)
28	1.87 (S-2)	1.21 (S-3)	3.46 (S-2)	0.24 (S-3)	15.53 (S-1)	3.97 (S-1)	2 (İat S-3)
29		0.96 (S-2)	3.59 (S-2)	0.27 (S-3)	9.83 (S-2)	5.42 (S-1)	2 (İat S-3)
30		0.97 (S-2)	2.79 (S-2)	0.33 (S-3)	2.37 (S-3)	7.42 (S-1)	2.16 (İat S-3)
31		0.33 (S-1)	3.46 (S-2)	0.54 (S-1)	2.65 (S-3)	5.62 (S-1)	1.66 (İat S-2)
32		0.6 (S-2)	2.97 (S-2)	0.36 (S-3)	26.04 (S-1)	6.17 (S-1)	1.83 (İat S-2)
33		1.1 (S-3)	3.15 (S-2)	0.32 (S-3)	2.98 (S-3)	3.24 (S-1)	2.33 (İat S-3)
34		1.27 (S-3)	3.19 (S-2)	0.28 (S-3)	16.85 (S-1)	3.98 (S-1)	2 (İat S-3)
35		1 (S-3)	3.61 (S-2)	0.54 (S-1)	1.4 (S-3)	5.12 (S-1)	2 (İat S-3)



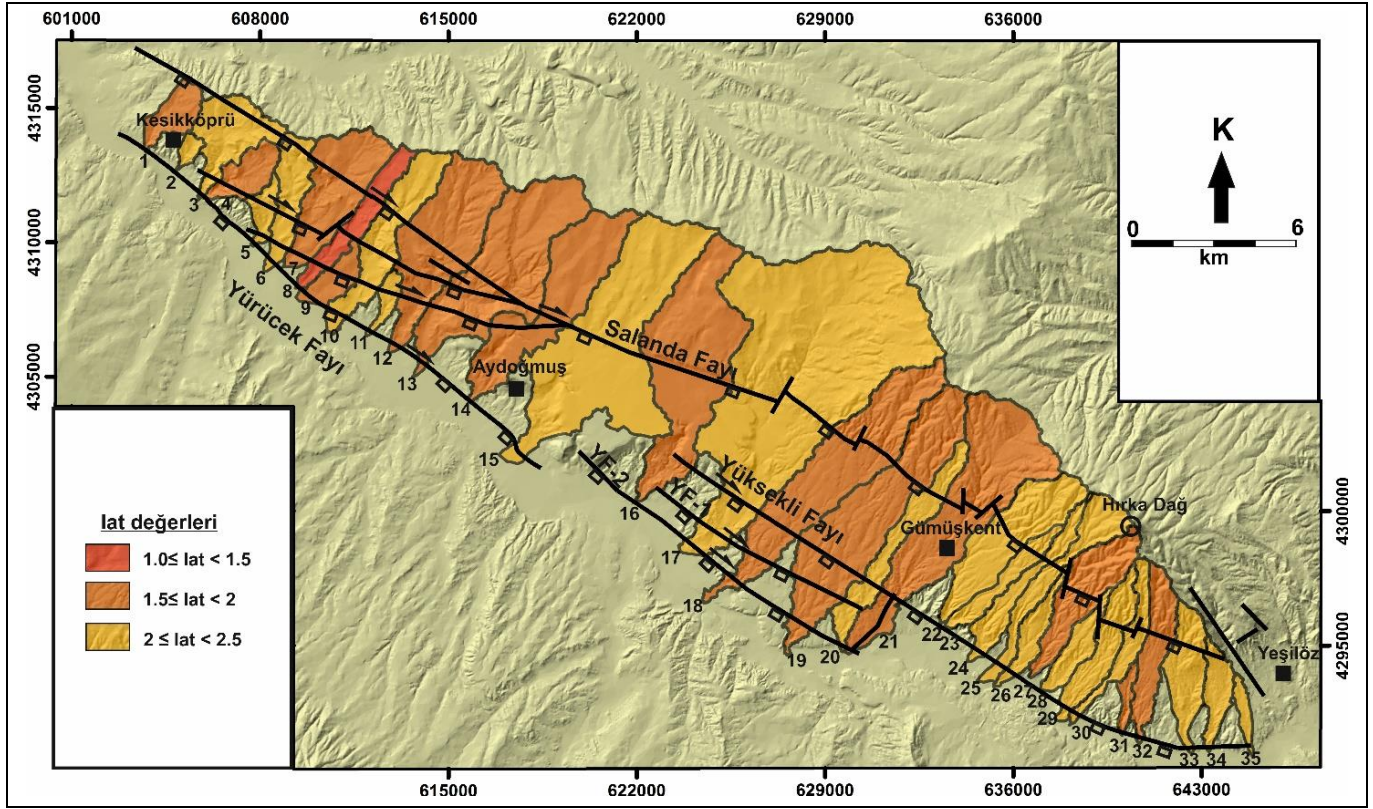
şekil 11: İnceleme alanındaki havzalara ait AF değerleri.

Figure 11: AF values of the basins in the study area.



şekil 12. İnceleme alanında bulunan havzalara ait Bs değerleri.

Figure 12. Bs value of the basins in the study area.



Şekil 13: İnceleme alanında hesaplanan lat değerleri.

Figure 13: Calculated lat values of the study area.

Ana akarsu kanallarından elde edilen SLK değerleri 0.05 ile 16.05 arasında değişim sunmaktadır. Salanda Fay Zonu boyunca bir çizgisellik gösteren bu değerler, GB' ya doğru giderek artan değerlere sahiptir Şekil 7. Bu bulgu tektonik aktivitenin GB yönünde arttığını göstermektedir. Fay Zonu'nun orta kesimindeki maksimum SLK değerleri tektonik aktivitenin yanı sıra litolojik etmenlerin de SLK değerleri üzerindeki etkisini göstermektedir. Yüksek dayanıma sahip Kuvaterner yaşlı bazaltlardan ve orta dayanıma sahip Eosen yaşlı birimlerin yüzeylediği bu bölgede yüksek SLK değerlerin litolojik farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir Şekil 7. Aynı bölgede 16.04.2020 (2.6), 27.10.2008 (2.6) ve 31.05.2009 (3) tarihlerinde sırasıyla 2.6, 2.6 ve 3 büyüklüğünde depremlerin meydana gelmesi bölgenin tektonik olarak aktif olduğunu göstermektedir. Ortalama SLK değerlerine göre bölge orta ve yüksek derecede tektonik aktiviteye sahiptir.

Hipsometrik eğriler incelendiğinde eğrilerin %31'i dışbükey, %14'ü "S" şekilli, %13'ü iç bükey ve %17'si karmaşık şekilli olarak belirlenmiştir Şekil 9. Bu eğrilerden karmaşık şekilli hipsometrik eğriler daha önceki çalışmalar [49],[107] dikkate alınarak yorumlanmıştır. Buna göre bu eğriler tektonik aktivite sonucunda akıntı süreçlerinin yenilenmesine bağlanmıştır. Bu yenilenme 8, 25 ve 22 No.lu havzada en az 2 kere tekrarlamıştır. Hipsometrik integral değerlerinin 0.22 ile 0.65 arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu değerler ayrıntılı olarak incelendiğinde ise çalışılan bölgenin KB kesimine ait değerlerin GD' ya göre daha yüksek olduğu net bir şekilde gözlenmektedir Şekil 10. Bölgenin litolojik özellikleri incelendiğinde inceleme alanının KB kesiminde yüksek ve orta dayanıma sahip Geç

Kretase yaşlı Granitlerin, Geç Paleosen - Orta Eosen yaşlı sedimanların ve Kuvaterner yaşlı bazaltların, bölgenin GD kesiminin ise çoğunluğun düşük dayanıma sahip Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı sedimanların bulunduğu gözlenmiştir Şekil 2 ve Şekil 7. Buradan Salanda Fay Zonu'nun KB kesimindeki birimlerin GD da bulunan birimlere oranla erozyona karşı daha dayanıklı birimlerden oluştuğu anlaşılmaktadır Şekil 7. Bu verilere göre Salanda Fayı Zonu'nun KB kesiminin GD kesimine göre daha yüksek Hi değerlerine sahip olmasının nedeni olarak hem litolojik faktörlerin hem de tektonik aktivitenin etkin olduğu söylenebilir.

AF indislerine göre inceleme alanında bulunan 35 adet havzadan 18 tanesi simetrik bir geometriye sahipken, 17 tanesi ise tektonik aktivite ve litolojik farklılıktan kaynaklanan asimetrik bir şekle sahiptir. Havzaların kazandığı bu asimetrik yapının belli bir yönde gelişmemiş olması, Asimetri tektonik nedenlerin yanısıra litolojik nedenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Bu yapı en net 13 No.lu havzada gözlenmektedir. Akarsu yatağı orta ve düşük dayanıma sahip birimler ile yüksek dayanıma sahip birimler boyunca devam etmiş ve havzada asimetrisinin gelişmesine neden olmuştur. Sonuç olarak tektonik aktivitenin yanısıra litolojik etmenlerde havza asimetrisine yol açtığı gözlenmiştir.

Bs değerleri havzaların çoğunluğunun yüksek derecede tektonik aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Fakat Salanda Zonu'nun KB ve orta kesiminde bazı havzaların düşük ve orta seviyede tektonik aktiviteyi temsil eden değerler sunduğu gözlenmiştir. Salanda Fayı Zonu'nun KB kesiminde bulunan 1, 2, 4, 5 ve orta kesiminde yer alan 15 ve 17 No.lu

havzalar orta seviyede tektonik aktiviteyi yansıtan Bs değerlerine sahiptir (Şekil 12). Fakat genel olarak bölgede bulunan havzalar yüksek tektonik aktiviteyi gösteren uzamış havza şekillerine sahiptir.

Iat değerlerine göre inceleme alanı yüksek ve orta derecede tektonik aktiviteye sahiptir. Salanda Fay Zonu'nun Aydoğmuş Köyünün KB' sında bulunan bölgesinin ve Gümüşkent Köyünün 6 km lik KB kesiminin fay zonunun GD kesimine oranla yüksek tektonik aktiviteye sahip olduğu gözlenmektedir. Yükselim hızlarında yine KB kesiminde GD kesimine göre daha yüksek belirlenmiştir.

Sonuç olarak jeomorfolojik indisler Salanda Fay Zonu'nun inceleme alanındaki kesiminin genel olarak orta-yüksek derecede tektonik aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Fay zonu boyunca gözlenen güncel traverten oluşumları ile yakın geçmişte meydana gelen küçük magnitudüli depremler, bölgenin tektonik olarak aktif bir yapıya sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Fay zonu boyunca aletsel dönemde ve bilinen tarihsel dönem içinde yıkıcı bir depremin olmaması, faya oldukça yakın konumlanmış Nevşehir ve Kırşehir gibi önemli yerleşim yerleri için Salanda Fay Zonu tehdit oluşturabilecek deprem üretme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

6 Conclusions and discussion

This study aims to investigate the tectonic activity of Salanda Fault Zone between Kesikköprü (Kırşehir) and Yeşilöz (Nevşehir) with geomorphological indices. For this purpose 35 basins determined along the Fault Zone and their Mountain-Front Sinuosity (Smf), Ratio of Valley-Floor Width to Valley Height (Vf), Normalized Stream Length - Gradient Index (SLK), Hypsometric Integral (Hi), Asymmetry Factor (AF) and Basin shape (Bs) indices calculated. Then index of the Relative Tectonic Activity (Iat) values were calculated by using the obtained geomorphic indices values.

Smf indices were calculated from mountain fronts which are limited by faults. The calculated Smf values vary between 1.57-1.87. According to results of the calculated Smf values, mountain fronts represent moderate tectonic activity.

The calculated Vf values in the study area range from 0.33 to 3, and demonstrate that the existence of both "U" and "V" shaped valleys. Obtained Vf values indicate that 2 of them have high tectonic activity, 22 of them have moderate tectonic activity and 11 of them have low tectonic activity.

Smf and average Vf values are evaluated together and the uplift rate of the area is determined more than 0.05 mm/year. According to Previous studies the uplift rate of study area is between 0.05-0.06 mm/y and average incision rate is determined 0.08 mm/y [70], [24]. The Yürücek fault has both the highest uplift rate and the highest average Vf value. The reason for this extraordinary situation is thought to be that the Yürücek fault has low fault scarp than the other segments [37].

The SLK values which are obtained from main streams, vary between 0.05 -16.05. These values, showing a linearity along the Salanda Fault Zone and have increasing towards the SW (Figure 7). This finding indicates that the tectonic activity increases in the SW direction. Maximum SLK values in the middle part of the fault zone show that the effect of tectonic activity as well as lithological factors on SLK values (Figure 7). The middle part of the Fault zone consist of high strength Quaternary age Basalt and moderate strenght Eocene aged sandy limestone and sandstone alternation in which indicating

maximum SLK values because of lithological factors. Earthquakes (16.04.2020 (2.6), 27.10.2008 (2.6) and 31.05.2009 (3)) which occur in the same area show that the region is also tectonically active. The study area has moderate to high tectonic activity according to the mean SLK values.

Basins which are located in the study area show convex (%31), S-shape (%14), concave (%13) and complex (%17) hypsometric curves (Figure 9). According to studies [49], [107] complex shape hypsometric curves associated with foot-rejuvenation processes. The complex hypsometric curves of 8, 25 and 22 numbered basins gives evidence of two sites of foot-rejuvenation. Hypsometric integral values which are obtained from Hypsometric curves range from 0.22 to 0.65 and demonstrate that the basins have got high and moderate tectonic activity. The NW part of the fault zone have higher hypsometric integral values than SE part. When the lithological features of the region are examined, The NW part of the study area consist of high and medium strength Late Cretaceous Granites, Late Paleocene - Middle Eocene sediments and Quaternary basalts, on the other hand the SE part consist of low strength Late Miocene - Pliocene aged sedimentary rocks. From here, it is understood that the units in the NW section of the Salanda Fault Zone more resistant to erosion than to the SE. According to these data, both lithological factors and tectonic activity are the reason for higher Hi values of NW part of Salanda Fault Zone.

According to AF indices, 18 of the 35 basins in the study area have a symmetrical geometry, while 17 of them have an asymmetrical shape due to tectonic activity and lithological difference. The asymmetry has not developed in a certain direction. This situation indicate that the tilting is caused by combination of lithological variations and the tectonic reasons. This lithological effect on AF is clearly observed basin 13. In this basin, the main channel is continues at the boundary between medium and high strength rocks which is caused the development of asymmetry in the basin. As a result, it has been observed that lithological factors caused the basin asymmetry.

The Bs values show that most of the basins have high tectonic activity. However, it has been observed that some basins in the NW and central part of the Salanda Fault Zone represent low and medium tectonic activity. Basins located NW (1, 2, 4, 5) and middle (14, 15) part of the Salanda Fault Zone show the moderate tectonic activity. However, basins in the region generally have elongated basin shapes which are formed with high tectonic activity.

Iat values show that the study area has high and moderate tectonic activity. The 6 km long segments of the Salanda Fault Zone located in the NW of Aydoğmuş and Gümüşkent villages has higher tectonic activity than other segments of the Salanda Fault Zone. The uplift rates are also higher in the NW section than in the SE section.

As a result, the geomorphological indices show that the study area has moderate to high tectonic activity. Current travertine formations observed along the fault zone and the recent small magnitude earthquakes also prove that the region has a tectonically active features. The absence of a destructive earthquake in the instrumental and the known historical time in the studied area shows that the Salanda Fault Zone has the potential to generate earthquakes which are threat to Nevşehir and other important settlements located nearby the Salanda Fault Zone.

7 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Ramazan DEMİRCİOĞLU, fikrin oluşmasına, bölgenin jeolojik özelliklerinin belirlenmesine, elde edilen sonuçların yorumlanmasına, Berkant COŞKUNER jeomorfolojik analizlerin yapılmasına ve ortaya çıkan sonuçların değerlendirilmesinde, elde edilen sonuçların yorumlanmasına katkı sunmuştur.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

"Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur"
"Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır".

9 Kaynaklar

- [1] Şengör AMC, Yılmaz Y. "Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach". *Tectonophysics*, 75(3-4), 181-241, 1981.
- [2] Dewey J, Hempton M, Kidd W, Saroglu F, Şengör AMC. "Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia-a young collision zone". *Geological Society of London. Special Publications*, 19(1), 1-36, 1986.
- [3] Hempton MR. "Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red Sea". *Tectonics*, 6, 687-705, 1987.
- [4] Robertson A, Clift PD, Degnan P, Jones G. "Palaeogeographic and palaeotectonic evolution of the Eastern Mediterranean Neotethys". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 87(1-4), 289-343, 1991.
- [5] Yılmaz Y, Yiğitbaş E, Genç ŞÇ. "Ophiolitic and metamorphic assemblages of southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the orogenic belt". *Tectonics*, 12(5), 1280-1297, 1993.
- [6] Şengör AMC, Yılmaz Y. "Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach". *Tectonophysics*, 55, 361-376, 1981.
- [7] DeMets C, Gordon RG, Argus D, Stein S. "Current plate motions". *Geophysical journal international*, 101(2), 425-478, 1990.
- [8] Oral MB, Reilinger RE, Nafi Toksöz M, King RW, Barka A, Kinik I, Lenk O. "Global positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean". *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 76(2), 9-11, 1995.
- [9] Barka A, Reilinger R. "Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data". *Annali Geofisica*, 40, 587-610, 1997.
- [10] Reilinger R, McClusky S, Oral M, King R, Toksoz M, Barka A, Kinik I, Lenk O, Sanli, I. "Global positioning system measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B5), 9983-9999, 1997.
- [11] Bozkurt E. "Neotectonics of Turkey-a synthesis". *Geodinamica acta*, 14(1-3), 3-30, 2001.
- [12] Şengör AMC. *Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları [Fundamentals of the neotectonics of Turkey]*. Ankara, Türkiye, Publication of the geological society of Turkey, 1980.
- [13] Rotstein Y. "Counterclockwise rotation of the Anatolian block". *Tectonophysics*, 108(1-2), 71-91, 1984.
- [14] Tatar O, Piper JD, Park RG, Gürsoy H. "Palaeomagnetic study of block rotations in the Nixsar overlap region of the North Anatolian Fault Zone, central Turkey". *Tectonophysics*, 244(4), 251-266, 1995.
- [15] Bozkurt E, Koçyiğit A. "The Kazova basin: an active negative flower structure on the Almus Fault Zone, a splay fault system of the North Anatolian Fault Zone, Turkey". *Tectonophysics*, 265(3-4), 239-254, 1996.
- [16] Platzman E, Tapirdamaz C, Sanver M. "Neogene anticlockwise rotation of central Anatolia (Turkey): preliminary palaeomagnetic and geochronological results". *Tectonophysics*, 299(1-3), 175-189, 1998.
- [17] Koçyiğit A. "Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişimi". *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27(1), 1-16, 1984.
- [18] Dirik K, Göncüoğlu MC. "Neotectonic characteristics of central Anatolia". *International Geology Review*, 38(9), 807-817, 1996.
- [19] Eren Y. "Konya Bölgesinin Depremselliği". *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 5(Özel Sayı), 85-98, 2003.
- [20] Koçyiğit A. "Orta Anadolu'nun genel neotektonik özellikleri ve depremselliği". *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 5(Özel Sayı), 1-26, 2003.
- [21] Koçyiğit A, Doğan U. "Strike-slip neotectonic regime and related structures in the Cappadocia region: a case study in the Salanda basin, Central Anatolia, Turkey". *Turkish Journal of Earth Sciences*, 25(5), 393-417, 2016.
- [22] Emre Ö, Duman TY, Özalp S, Olgun Ş, Elmacı H. "1: 250000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası". Ankara, Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 26, 2012.
- [23] Doğan U, Koçyiğit A, Wijbrans J. "Evolutionary history of the Kızılırmak River, Cappadocia Section: implication for the initiation of Neotectonic regime in Central Anatolia, Turkey". *62nd Geological Congress of Turkey*, Ankara, Türkiye, 13-17 Nisan, 2009.
- [24] Doğan U. "Climate-Controlled river terrace formation in the Kızılırmak Valley, Cappadocia section, Turkey: inferred from Ar-Ar dating of Quaternary basalts and terraces stratigraphy". *Geomorphology*, 126, 66-81, 2011.
- [25] Şaroğlu F, Emre Ö, Aydoğan B. "Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 394, 1987.
- [26] Atabey E. *Aksaray-H18 Quadrangle, 1:100,000 Scale Geological Map and Explanatory Text*. Ankara, Türkiye, Maden Tetkik Arama Yayınları, 1989.
- [27] Atabey E. *Aksaray-H19 Quadrangle, 1:100,000 Scale Geological Map and Explanatory Text*. Ankara, Türkiye, Maden Tetkik Arama Yayınları, 1989.
- [28] Demircioğlu R. *Gülşehir-Özkonak (Nevşehir) Çevresinde Kırşehir Masifi ve Örtü Birimlerinin Jeolojisi Ve Yapısal Özellikleri*. Doktor Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2014.
- [29] Kürçer A, Özaksoy V, Özalp S, Güldoğan ÇU, Özdemir E, Duman TY. "The Manyas fault zone (southern Marmara region, NW Turkey): active tectonics and paleoseismology". *Geodinamica Acta*, 29(1), 42-61, 2017.
- [30] Seyitoğlu G, Esat K, Kaypak B, Toori M. "Doğu Akdeniz'in sismotektoniği içinde türkiye'nin yeri: yeni bulgular ve test edilmesi gereken hipotezler". *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir, Türkiye, 11-13 Ekim 2017.

- [31] Gezgin C, Tiryakioğlu İ, Ekercin S, Gürbüz E. "Tuz Gölü fay zonu (TGFZ) Güney kesimine ait tektonik hareketlerin gnss gözlemleri ile izlenmesi". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 456-464, 2020.
- [32] Silva PG, Goy J, Zazo C, Bardaji T. "Fault-Generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity". *Geomorphology*, 50(1-3), 203-225, 2003.
- [33] El Hamdouni R, Irigaray C, Fernández T, Chacón J, Keller E. "Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain)". *Geomorphology*, 96(1-2), 150-173, 2008.
- [34] Dehbozorgi M, Pourkermani M, Arian M, Matkan A, Motamedi H, Hosseiniasl A. "Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran". *Geomorphology*, 121(3-4), 329-341, 2010.
- [35] Mahmood SA, Gloaguen R. "Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis". *Geoscience Frontiers*, 3(4), 407-428, 2012.
- [36] Sarp G, Düzgün Ş. "Spatial analysis of morphometric indices: the case of Bolu pull-apart basin, western section of North Anatolian Fault System, Turkey". *Geodinamica Acta*, 25(1-2), 86-95, 2012.
- [37] Yıldırım C. "Relative tectonic activity assessment of the Tuz Gölü fault zone; Central Anatolia, Turkey". *Tectonophysics*, 630, 183-192, 2014.
- [38] Özkaymak Ç. "Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) using geomorphic indices and the regional implications". *Geodinamica Acta*, 27(2-3), 110-129, 2015.
- [39] Köle M. "Devrez Çayı Vadisinin Tektonik Özelliklerinin Morfometrik İndisler ile Araştırılması". *Journal of Geography*, 33, 20-36, 2016.
- [40] Cheng Y, He C, Rao G, Yan B, Lin A, Hu J, Yu Y, Yao Q. "Geomorphological and structural characterization of the southern Weihe Graben, central China: Implications for fault segmentation". *Tectonophysics*, 722, 11-24, 2018.
- [41] Yazıcı M, Zabcı C, Sançar T, Natalin BA. "The role of intraplate strike-slip faults in shaping the surrounding morphology: The Ovacık Fault (eastern Turkey) as a case study". *Geomorphology*, 321, 129-145, 2018.
- [42] Coşkuner B, Eren Y, Demircioğlu R, Aksoy R. "Fethiye Burdur Fay Zonu'nun Kuzeydoğu Kesiminin (Burdur-Güneybatı Anadolu) Göreceli Tektonik Aktivitesinin Jeomorfik İndislerle İncelenmesi". *Türkiye Jeoloji Bülteni* 62(3), 221-246, 2019.
- [43] Eren Y. "Konya Fay Zonu'nun göreceli tektonik aktivitesinin akarsu uzunluk-gradyanı (SL) ve normalize uzunluk-gradyanı (SLK) indisleri ile incelenmesi". *II. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi*, Eskişehir, Türkiye, 03 - 05 Ekim 2019.
- [44] Eren Y, Coşkuner B, Demircioğlu R. "Altınapa Havzasının (KB Konya) Vadi Tabanı Genişliği-Vadi Yüksekliği Oranı (Vf) İndisi ile Morfometrik Analizi". *II. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi*, Eskişehir, Türkiye, 03 - 05 Ekim 2019.
- [45] Saber R, Isik V, Caglayan A. "Tectonic geomorphology of the Aras drainage basin (NW Iran): Implications for the recent activity of the Aras fault zone". *Geological Journal*, 55(7), 5022-5048, 2020.
- [46] Topal S. "Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Acıgöl fault, SW Turkey". *Arabian Journal of Geosciences*, 11(9), 1-10, 2018.
- [47] Topal S. "Evaluation of relative tectonic activity along the Priene-Sazlı Fault (Söke Basin, southwest Anatolia): Insights from geomorphic indices and drainage analysis". *Journal of Mountain Science*, 16(4), 909-923, 2019.
- [48] Topal S. "Karacasu Fayı'nın (GB Türkiye) göreceli tektonik aktivitesinin jeomorfik indislerle incelenmesi". *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 37-48, 2019.
- [49] Giaconia F, Booth-Rea G, Martínez-Martínez JM, Azañón JM, Pérez-Peña JV. "Geomorphic analysis of the Sierra Cabrera, an active pop-up in the constrictional domain of conjugate strike-slip faults: The Palomares and Polopos fault zones (eastern Betics, SE Spain)". *Tectonophysics*, 580, 27-42, 2012.
- [50] Softa M, Emre T, Sözbilir H, Spencer JQ, Turan M. "Geomorphic evidence for active tectonic deformation in the coastal part of Eastern Black Sea, Eastern Pontides, Turkey". *Geodinamica Acta*, 30(1), 249-264, 2018.
- [51] Hack JT. "Stream-profile analysis and stream-gradient index". *Journal of Research of the US Geological Survey*, 1(4), 421-429, 1973.
- [52] Keller EA, Pinter N. *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape*. 2nd ed. New Jersey, United States, Prentice Hall, 1996.
- [53] Duvall A, Kirby E, Burbank D. "Tectonic and lithologic controls on bedrock channel profiles and processes in coastal California". *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 109(F3), 1-18, 2004.
- [54] Molin P, Pazzaglia FJ, Dramis F. "Geomorphic expression of active tectonics in a rapidly-deforming forearc, Sila massif, Calabria, southern Italy". *American journal of science*, 304(7), 559-589, 2004.
- [55] Whipple KX. "Bedrock rivers and the geomorphology of active orogens". *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 32, 151-185, 2004.
- [56] VanLaningham S, Meigs A, Goldfinger C. "The effects of rock uplift and rock resistance on river morphology in a subduction zone forearc, Oregon, USA. Earth Surface Processes and Landforms". *The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 31(10), 1257-1279, 2006.
- [57] Kirby E, Whipple KX. "Expression of active tectonics in erosional landscapes". *Journal of Structural Geology*, 44, 54-75, 2012.
- [58] Wu L, Xiao A, Yang S. "Impact of wind erosion on detecting active tectonics from geomorphic indexes in extremely arid areas: a case study from the Hero Range, Qaidam Basin, NW China". *Geomorphology*, 224, 39-54, 2014.
- [59] Boğaziçi Üniversitesi. "Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi". www.koeri.boun.edu.tr, (31.01.2021).
- [60] Becker H. "Gülşehir ve Hacıbektaş Arasındaki Bölgenin (Kayseri'nin batısı) Jeolojisi ve Linyit Zuhurları". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2578, 1956.
- [61] Lebküchner RF. "Kayseri ve Avanos-Ürgüp Havalisi ile Boğazlıyan Havalisinin Jeolojisi". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2656, 1957.
- [62] Pisoni C. "Ortaköy (Aksaray), Nevşehir, Avanos ve İncesu bölgeleri jeolojisi ve petrol imkanları". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2839, 1961.

- [63] Lange G. "Kırşehir-Keskin-Kaman-Kozaklı Gölü Neojen Havzasının Linyit Ocakları". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 6125, 1968.
- [64] Kayakıran S. "Gülşehir Kaya Tuzlası Etüd ve Aramaları Açılanma Evreleri". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 6606, 1979.
- [65] Seymen İ. "Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifi'nin stratigrafisi ve metamorfizması". *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24, 7-14, 1981.
- [66] Seymen İ. "Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifi'nin metamorfizması". *Türkiye Jeoloji Kurumu, İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 9-13 Mart 1981.
- [67] Seymen İ. "Tamadağ (Kaman-Kırşehir) çevresinde Kaman grubunun ve onunla sınırdas oluşukların karşılaştırılmalı tektonik özellikleri". *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 89-98, 1983.
- [68] Aydın N. *Orta Anadolu Masifinin Gümüşkent B. (Nevşehir) Dolayında Jeolojik Petrografik İncelemeler*. Ankara, Türkiye, Maden Tetkik Arama, Jeoloji Etüdları Daire Başkanlığı, 1984.
- [69] Afşin M. "CO₂' ce zengin çorak, Karakaya ve Gümüşkent (Nevşehir) mineralli sularının hidrojeokimyası". *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 26, 1-14, 2002.
- [70] Çiner A, Doğan U, Yıldırım C, Akçar N, Ivy-Ochs S, Alfimov V, Schlüchter C. "Quaternary uplift rates of the Central Anatolian Plateau, Turkey: insights from cosmogenic isochron-burial nuclide dating of the Kızılırmak River terraces". *Quaternary Science Reviews*, 107, 81-97, 2015.
- [71] Barka A. "The north Anatolian fault zone". *Annales tectonicae*, 6, 164-95, 1992.
- [72] United States Geological Survey. "Search Earthquake Catalog". www.earthquake.usgs.gov, (13.04.2021).
- [73] Bailey E, McCallien W. "The Ankara mélangé and the Anatolian thrust". *Nature*, 166(4231), 938-940, 1950.
- [74] Egeran E, Lahn E. "Kuzey ve Orta Anadolu'nun tektonik durumu hakkında not". *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 41, 23-27, 1951
- [75] Ketin İ. "Anadolu'nun tektonik birlikleri". *Maden Tetkik Arama dergisi*, 66, 20-34, 1966.
- [76] Seymen İ. "Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifinin stratigrafisi ve metamorfizması". *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24(2), 101-108, 1982.
- [77] Göncüoğlu M, Erler A, Toprak V, Yalınz K, Olgun E, Rojay B. "Orta Anadolu Masifi'nin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 2: Orta Kesim". Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Ankara, Türkiye, 3155, 1992.
- [78] Kuscu I, Erler A. "Mineralization events in a collision-related setting: The Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey". *International Geology Review*, 40(6), 552-565, 1998.
- [79] Okay AI, Tüysüz O. "Tethyan sutures of northern Turkey". *Geological Society of London. Special Publications*, 156(1), 475-515, 1999.
- [80] Aydın N. *Orta Anadolu Masifinin Gümüşkent (Nevşehir) Dolayında Jeolojik-Petrografik İncelemeler*. Ankara, Türkiye, Maden Tetkik Arama Jeoloji Etüdları Daire Başkanlığı, 1984.
- [81] Atabey E, Tarhan N, Yusufoglu H, Canpolat M. "Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir)-Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi". Maden Tetkik Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 8523, 1988.
- [82] Göncüoğlu M, Erler A, Toprak V, Olgun E, Yalınz K, Kuşçu İ, Köksal S, Dirik K. "Orta Anadolu Masifinin Orta Bölümünün Jeolojisi. Bölüm 3: Orta Kızılırmak Tersiyer Baseninin Jeolojik Evrimi". Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Ankara, Türkiye, 3313, 1993.
- [83] Lefebvre C, Peters MK, Wehrens PC, Brouwer FM, Van Roermund HL. "Thermal history and extensional exhumation of a high-temperature crystalline complex (Hırkadağ Massif, Central Anatolia)". *Lithos*, 238, 156-173, 2015.
- [84] Selby MJ. "A rock strength classification for geomorphic purposes: with tests from Antarctica and New Zealand". *Zeitschrift für Geomorphologie*, 24, 31-51, 1980.
- [85] Bull WB, McFadden L. "Tectonic Geomorphology North and South of the Garlock Fault, California". Editor: Doehring DO. *Geomorphology in Arid Regions*, 107-131, New York, USA, Binghamton State University, 1977.
- [86] Bull WB. "Geomorphic Tectonic Activity Classes of the South Front of the San Gabriel Mountains". U.S. Geological Survey, Virginia, USA, 14-08-001-G-394, 1978.
- [87] Keller EA. "Investigation of active tectonics: use of surficial earth processes". *Active Tectonics*, 136-147, 1986.
- [88] Ramírez-Herrera MT. "Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt". *Earth Surface Processes and Landforms. The Journal of the British Geomorphological Group*, 23(4), 317-332, 1998.
- [89] Brookfield, M. "The evolution of the great river systems of southern Asia during the Cenozoic India-Asia collision: rivers draining southwards". *Geomorphology*, 22(3-4), 285-312, 1998.
- [90] Azor A, Keller EA, Yeats RS. "Geomorphic indicators of active fold growth: South Mountain-Oak Ridge anticline, Ventura basin, southern California". *Geological Society of America Bulletin*, 114(6), 745-753, 2002.
- [91] Font M, Amorese D, Lagarde JL. "DEM and GIS analysis of the stream gradient index to evaluate effects of tectonics: the Normandy intraplate area (NW France)". *Geomorphology*, 119(3-4), 172-180, 2010.
- [92] Gao M, Zeilinger G, Xu X, Wang Q, Hao M. "DEM and GIS analysis of geomorphic indices for evaluating recent uplift of the northeastern margin of the Tibetan Plateau, China". *Geomorphology*, 190, 61-72, 2013.
- [93] Ntokos D, Lykoudi E, Rondoyanni T. "Geomorphic analysis in areas of low-rate neotectonic deformation: South Epirus (Greece) as a case study". *Geomorphology*, 263, 156-169, 2016.
- [94] Seeber L, Gornitz V. "River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics". *Tectonophysics*, 92(4), 335-367, 1983.
- [95] Chen YC, Sung Q, Cheng KY. "Along-Strike variations of morphotectonic features in the Western Foothills of Taiwan: tectonic implications based on stream-gradient and hypsometric analysis". *Geomorphology*, 56(1-2), 109-137, 2003.
- [96] Pérez-Peña JV, Azañón JM, Azor A, Delgado J, González-Lodeiro F. "Spatial analysis of stream power using GIS: SLK anomaly maps". *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(1), 16-25, 2009.
- [97] Strahler AN. "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography". *Geological Society of America Bulletin*, 63(11), 1117-1142, 1952.

- [98] Schumm SA. "Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey". *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646, 1956.
- [99] Pike RJ, Wilson SE. "Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis". *Geological Society of America Bulletin*, 82(4), 1079-1084, 1971.
- [100] Mayer L. *Introduction to Quantitative Geomorphology: An Exercise Manual*. New Jersey, USA, Prentice-Hall International, 1990.
- [101] Alipor R, Poorkermani M, Zare M, El Hamdouni R. "Active tectonic assessment around Rudbar Lorestan dam site, High Zagros Belt (SW of Iran)". *Geomorphology*, 128(1-2), 1-14, 2011.
- [102] Selim H, Tüysüz O, Karakaş A, Taş K. "Morphotectonic evidence from the southern branch of the North Anatolian Fault (NAF) and basins of the south Marmara sub-region, NW Turkey". *Quaternary International*, 292, 176-192, 2013.
- [103] Hare PW, Gardner TW. "Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica". *Tectonic Geomorphology*, 4, 75-104, 1985.
- [104] Bagha N, Arian M, Ghorashi M, Pourkermani M, El Hamdouni R, Solgi A. "Evaluation of relative tectonic activity in the Tehran basin, central Alborz, northern Iran". *Geomorphology*, 213, 66-87, 2014.
- [105] Xue L, Gani ND, Abdelsalam MG. "Geomorphologic proxies for bedrock rivers: A case study from the Rwenzori Mountains, East African Rift system". *Geomorphology*, 285, 374-398, 2017.
- [106] Rockwell TK, Keller EA, Johnson DL. "Tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts near Ventura, California". *Tectonic geomorphology: proceedings of the 15th Annual Binghamton Geomorphology Symposium*, Massachusetts, USA, September 1985.
- [107] Giaconia F, Booth-Rea G, Martínez-Martínez JM, Azañón JM, Pérez-Peña JV, Pérez-Romero J, Villegas I. "Geomorphic evidence of active tectonics in the Sierra Alhamilla (eastern Betics, SE Spain)". *Geomorphology*, 145, 90-106, 2012.