

Buldan Horstu boyunca ana drenaj bölünmesinin konumu ve göçünün tektonik aktivite ile ilişkisi (GB Türkiye)

Location and migration of the main drainage divide along the Buldan Horst in relation to tectonic activity (SW Türkiye)

Savaş TOPAL* 

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20160, Denizli

• Geliş tarihi / Received: 16.04.2024

• Kabul tarihi / Accepted: 19.08.2024

Öz

Drenaj bölünmesi, tektonik aktiviteye tepki olarak göç eden, bir yükseltinin her iki yamacındaki komşu drenaj alanlarını ayıran dinamik bir özelliktir. İki komşu havza arasındaki asimetric yükselme, bölünmenin daha yavaş bir yükselme alanından daha hızlı bir yükselme alanına doğru göç etmesine neden olur. Bölünme göçü, drenaj alanı, sediman kaynağı ve nehir akışı dışarısında değişikliklere yol açacağından, yeryüzü şekli gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu için son zamanlarda popüler bir konu haline gelmiştir. Çalışma alanı olan Buldan Horstu, normal faylarla sınırlı bir yükselme alanıdır. Horstun KD'sunu Buldan Fayı, GB'sını ise Buharkent Segmenti'ni oluşturan normal faylar sınırlamaktadır. Buharkent Segmenti, Büyük Menderes Grabeni'nin (BMG) doğu ucunda yer alan ve en genç graben dolgularını kesen Holosen faylarından oluşmaktadır. Bu çalışmada Buldan Horstu ana drenaj bölünmesinin mevcut ve gelecekteki hareketini belirlemek amacıyla normalleştirilmiş diklik indeksi (ksn), Gilbert metrikleri ve Chi integrali (χ) kullanılmıştır. Gilbert metrikleri ile ilgili hesaplamalarda, ana drenaj bölünmesi 3 segment (D1, D2 ve D3) olarak taban yüksekliği 300 m alınarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler D1 ve D2 segmentinin güneye göç edeceğini ve dolayısıyla Buldan Horstu'nun güneyini sınırlayan Buharkent segmentinin bu göçte birincil etken olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak Buldan Horstu'nun güneye göç etmesi bu alandaki fayların deprem açısından gelecekte daha çok risk taşıdığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Buldan Horstu, Chi integrali (χ), Drenaj Bölünmesi, Gilbert metrikleri, Normalleştirilmiş diklik indeksi (ksn)

Abstract

Drainage divide is a dynamic feature that separates adjacent drainage areas on both slopes of an uplift, migrating in response to tectonic activity. Asymmetric uplift between two neighboring basins causes the divide to migrate from an area of slower uplift to an area of faster uplift. Divide migration has recently become a popular topic as it has a significant impact on landform development, as it will lead to changes in drainage area, sediment source and river flow discharge. The Buldan Horst, the study area, is an uplift area bounded by normal faults. The horst is bounded to the NE by the Buldan Fault and to the SW by the normal faults forming the Buharkent segment. The Buharkent Segment consists of Holocene faults located at the eastern end of the Büyük Menderes Graben (BMG) and cutting the youngest graben fills. In this study, normalized steepness index (ksn), Gilbert metrics and Chi integral (χ) were used to determine the current and future movement of the main drainage divide of the Buldan Horst. In the calculations related to Gilbert metrics, the main drainage divide was calculated as 3 segments (D1, D2 and D3) with a base height of 300 m. The obtained data reveal that the D1 and D2 segments will migrate to the south and therefore the the Buharkent segment bounding the south of Buldan Horst are the primary factor in this migration. As a result, the southward migration of the Buldan Horst indicates that the faults in this area have a higher risk of earthquakes in the future.

Keywords: Buldan Horst, Chi integral (χ), Drainage divide, Gilbert metrics, Normalized steepness index (ksn)

*Savaş TOPAL; savastopal@gmail.com

1. Giriş

1. Introduction

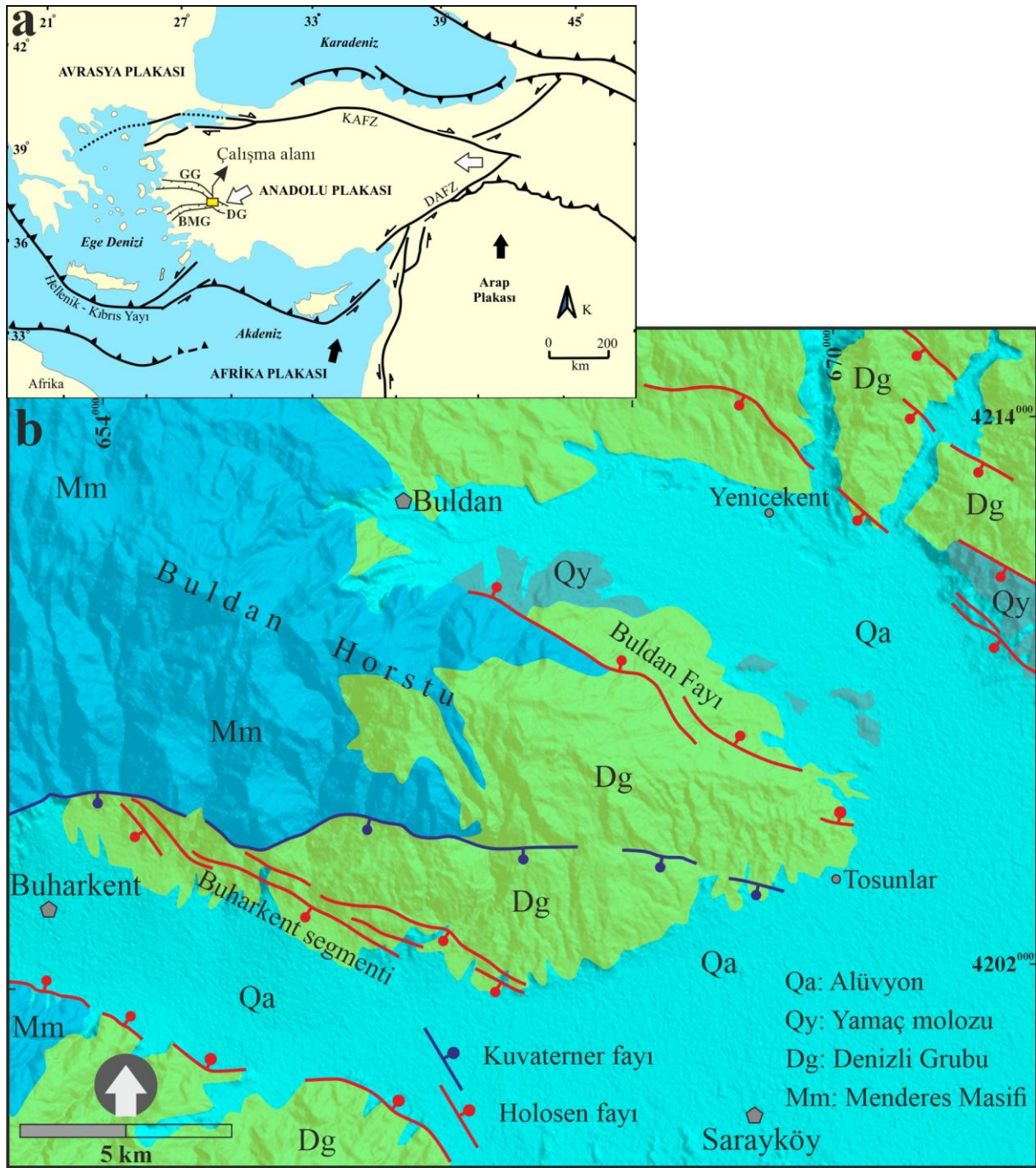
Komşu drenaj havzalarını birbirinden ayıran drenaj bölünmelerinin (ayrımlarının) dinamikleri tektonik, litoloji ve iklim koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Gilbert, 1987; Bonnet, 2009; Willet vd., 2014). Yeryüzü şekli gelişimini önemli ölçüde etkileyen bölünme göçü, drenaj ağları ve yeryüzü şekli değişiklikleri ile bağlantılı olarak giderek daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Kısa zaman ölçeklerinde, bölünme göçünün yönü, bölünme boyunca erozyon oranlarındaki farklılıklar tarafından belirlenir (Willet vd., 2014). Bununla birlikte, mekansal olarak asimetrik yükselme (Goren vd., 2014; Zhou vd., 2022), kaya aşımabilirliğindeki değişimler (Buscher vd., 2017; Zondervan vd., 2020) ve tektoniğe bağlı kabuksal yatay uzama gibi diğer faktörler de bölünme göçünü etkileyebilir (Goren vd., 2014; Forte vd., 2015). Bölünme hareketliliğinin jeomorfik sistemlerde dinamik bir özellik olarak kabul edilmesi, bölgesel jeomorfik evrim üzerindeki etkilerini anlamaya yönelik araştırmaların artmasına neden olmuştur. Bölünme göçü bölgesel drenaj alanlarının sediman taşınımını ve akarsu gücünü değiştirir. Bu değişiklik, erozyon süreçlerini, popülasyondaki genetik yapıları, tektonik, erozyon ve ekoloji arasındaki dengeyi etkiler (He vd., 2024). Topoğrafya evriminin uzun zamandır araştırılmış olmasına rağmen, drenaj bölünmesi oranlarını belirlemek, hatta belirli bir peyzajın sabit veya dengesiz bir durumda olup olmadığını belirlemek oldukça zor olmuştur. Sayısal yükseklik modeli (DEM) teknikleri, büyük mekansal topografik değişikliklerin ölçülmesini olanak sağlamış ve drenaj bölünmelerinin dengesizliğini belirlemek için, akarsu gücü kesişme modeline dayalı olarak geliştirilen χ -metriği (Willet vd., 2014) ve Gilbert'in 'eşit olmayan eğimler yasası' temelinde geliştirilen Gilbert metrikleri gibi çeşitli yöntemler önerilmiştir (Whipple vd., 2017; Forte ve Whipple, 2018). Normalleştirilmiş diklik indeksi (ksn), Chi integrali (χ) ve Gilbert metrikleri gibi çeşitli nicel jeomorfik teknikler ile göç yönü belirlenebilirken, göç oranlarını elde etmek bir zorluk olmaya devam etmektedir. Hem alüvyal hem de flüvyal alanları dikkate almak veya χ oranlarını kullanmak gibi yeni yöntemler umut vaat etmektedir, ancak göç hızı hesaplamalarında belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Bu yöntemleri iyileştirmek ve çeşitli mekansal ve zamansal ölçeklerde drenaj bölünme dinamikleri hakkındaki anlayışımızı geliştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu kapsamda, bu çalışmada ilk kez ksn, Gilbert metrikleri ve χ kullanılarak Gediz, Büyük Menderes ve Denizli grabenlerinin kesişim noktasında yer alan Buldan Horstu boyunca ana drenaj bölünmesinin güncel konumu ve göç yönünü araştırılmıştır. Elde edilen verilerle, ana drenaj bölünmesinin göç edebileceği yönler ve bu göçü sağlayacak kuvvetler hakkında yorumlar yapılarak, bölgenin gelecekteki tektonik aktivitesi değerlendirilmiştir.

2. Çalışma alanının jeolojisi

2. Geology of the study area

Denizli Havzası'nın KB'sında yer alan çalışma alanı, Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin kesişim noktasındadır (Şekil 1a). GB'da Buharkent segmenti ve KD'da Buldan Fayı ile sınırlanmış olan bu yükselim, Buldan Horstu adıyla anılmaktadır (Yılmaz vd., 2000) (Şekil 1b). Çalışma alanında yüzeyleyen kayalar yaşlıdan gence doğru şöyledir; Temel Kayalar (Menderes Masifi (Mm)): Altta Menderes masifi metamorfiklerine ait, üste doğru düşük dereceli metamorfizma gösteren, Likya Napları'na ait Mesozoyik yaşlı kireçtaşları yer alır (Yılmaz, 2017). Buldan Horstu boyunca gözlenen bu metamorfik kayalar Toroslar'dan İzmir- Ankara Kenet Kuşağı'na kadar yayılım gösteren Menderes Masifi'nin bir kesimini temsil etmektedir. Genç kayalar (Denizli Grubu (Dg)): Alt Miyosen'den Pliyosen'e kadar uzanan zaman aralığında çökelen bu kayalar "Denizli Grubu" olarak adlandırılmıştır (Şimşek, 1984; Topal, 2003). Denizli Grubu aşağıdaki kayalardan oluşmaktadır. Bozcu (2010) tarafından Alt-Orta Miyosen yaşı verilen ve 500 m'den daha fazla kalınlığa sahip, kırmızı konglomeralarla başlayarak üste doğru ince kırıntılılara dereceli olarak geçen kayalardan oluşur. Marn-kiltaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan ve altındaki kayaları yüksek açılı bir uyumsuzlukla örten Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı, düşük enerji ortamında çökelmiş gölsel bir istif yer almaktadır (Taner, 2001; Alçiçek, 2010). Kuvaterner yaşlı kayalar (Qa; Qy): Kuvaterner yaşlı ve en genç kayalarını temsil eder. Genellikle düz alanlarda alüvyonlar, fay önlerinde yelpazeler ve vadilerde akarsu çökelleri olarak çökelmişlerdir (Hakyemez vd., 1999).

Buldan Horstu'nun KD'sunu Buldan Fayı sınırlar. Buldan Fayı KB-GD gidişli ve KD'ya eğimli bir normal faydır. Türkiye Diri Fay Haritası'nda Holosen fayı olarak gösterilen aktif bir faydır. Horstun GB'sını sınırlayan faylar Buharkent segmenti olarak adlandırılmıştır. Kuvaterner ve Holosen faylarını içeren bir zon olarak gelişen bu faylar, GB'ya eğimli yüksek açılı normal faylardır (Şekil 1b). Buharkent Segmenti BMG içerisindeki en genç çökellerin oluşumlarını denetleyerek güncel havza sınırını oluşturur (Sümer vd., 2020).



Şekil 1. a) Çalışma alanının yeri (GG: Gediz Grabeni, BMG: Büyük Menderes Grabeni, DG: Denizli Grabeni, KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu), b) Buldan Horstu'nun jeolojik özellikleri (Konak ve Şenel, 2002'den değiştirilerek alınmıştır).

Figure 1. a) Location of the study area (GG: Gediz Graben, BMG: Büyük Menderes Graben, DG: Denizli Graben, KAFZ: North Anatolian Fault Zone, DAFZ: East Anatolian Fault Zone), b) Geological characteristics of Buldan Horst (Modified from Konak and Şenel, 2002).

Bu fay zonu birbirine paralel ve basamaklı bir geometriye sahip olup BMG'nin en doğu bölümünü oluşturur. Horstun her iki tarafını sınırlayan fayların geçmiş aktiviteleri hakkında detaylı çalışmalar yapılmamış olduğundan fayların paleosismolojik verilerine yer verilememiştir.

3. Materyal ve metot

3.1. Material and method

Jeomorfolojik analizler sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Buldan Horstu için kullanılan veriler, NASA tarafından sağlanan 12.5 m çözünürlüğe sahip SYM

(<https://www.earthdata.nasa.gov>) ve MTA tarafından sağlanan 1:500.000 Türkiye Jeoloji Haritası'dır (Konak ve Şenel, 2002). Analizde, Buldan Horstu ana bölünmesi boyunca her iki taraf arasında net bir karşılaştırma yapabilmek için 3 bölüme ayrılmıştır. Bu bölümler, ana bölünmenin her iki tarafındaki drenaj alanlarının karşılıkları şeklinde ayrılmış ve her bir bölüm bundan böyle D1, D2 ve D3 olarak kullanılacaktır (Şekil 2).

3.1. Normalleştirilmiş diklik indeksi (ksn)

3.1. Normalized steepness index (ksn)

Ana kayadan elde edilen nehir profilleri, bir bölgenin ana kaya litolojisi, tektonik özellikleri ve iklim geçmişi hakkında bilgilerin elde edilmesine yardımcı olur (Kirby ve Whipple, 2001; Kirby ve Whipple, 2012). Ana kaya profillerinin analizi genellikle, erozyon oranlarının kanal eğiminin ve diğer katkıda bulunan drenaj alanlarının bir güç yasası fonksiyonu olarak modellenebileceğini belirten Akarsu Gücü Aşındırma Modeli'ne dayanmaktadır. Akarsu gücü erozyon modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Whipple ve Tucker, 1999):

$$\frac{dz}{dt} = U - KA^m S^n \quad (1)$$

burada, "U" ana kaya yükselme hızı, "A" havza alanı ve "S" kanal eğimidir; "K" kaya aşındırılabilirliğine, yağışa ve kanal geometrisine bağlı bir sabittir; "z" kanaldaki bir noktanın yüksekliği; "t" zaman; "m" ve "n" ampirik sabitlerdir. "U" ve "K" uzayda ve zamanda sabitse, Denklem 1'in kararlı durum çözümü şu şekilde ifade edilebilir (Perron ve Royden, 2013):

$$z(x) = z_b + \left(\frac{U}{KA_0^m}\right)^{\frac{1}{n}} \chi \quad (2)$$

Burada "z_b", nehir tabanı seviyesinde x= x_b' noktasındaki yüksekliği temsil etmektedir. Kanal ağındaki konumun integral bir fonksiyonu olan χ miktarı şu şekilde ifade edilebilir:

$$\chi = \int_{x_b}^x \left(\frac{A_0}{A(x')}\right)^{\frac{m}{n}} dx' \quad (3)$$

Denklem 2, bağımlı değişken z'nin dikey eksen ve integral miktarı χ 'nin yatay eksen olarak hareket ettiği bir doğru şeklindedir (her zaman χ -plot olarak adlandırılır (Perron ve Royden, 2013)). Bu nedenle, χ -plot genellikle bölgesel göreceli ana kaya yükselme oranını çıkarmak için kullanılır (Gallen ve Wegmann, 2017; Wang vd., 2017). Ayrıca, bir ana bölünme boyunca χ farkı, bölünmenin varsayılan hareketini göstermek için de kullanılabilir; bölünme, denge için daha büyük χ yönüne doğru göç eder (Willett vd., 2014; Willett vd., 2018). Bu çalışmada, Buldan Horstu için elde edilen ksn değerleri, önceki çalışmalarda önerildiği gibi 0,45 referans içbükeyliği kullanılarak hesaplanmıştır (Kirby ve Whipple, 2012; Wobus vd., 2006).

3.2. Gilbert metrikleri ve χ

3.2. Gilbert metrics and χ

Yukarıda belirtildiği gibi, χ 'nin ana bölünme göç yönünü yorumlamak için mükemmel bir ölçüt olduğu öne sürülmüştür (Willett vd., 2014). Bununla birlikte, bir bölünme boyunca χ -anomalilerinin yorumlanması tipik olarak doğal sistemde yerine getirilmesi zor olan tek tip ana kaya yükselmesi, kaya gücü ve benzer iklim koşullarını varsayar (Whipple vd., 2017). Bu nedenle, χ -anomalileri pratik uygulamalarda yanlış göç yönünü gösterebilir (Forte ve Whipple, 2018; Whipple vd., 2017). Bu sorunu ele almak için, ilk olarak Gilbert (1877) ve daha sonra Whipple vd. (2017) tarafından önerilen Gilbert metrikleri geliştirilmiştir. Önceki çalışmalar, nehir tepe yüksekliği, eğim gradyanı, yerel rölyef (Gilbert metrikleri ile temsil edilir) ve bölünme boyunca χ farklılıklarının, pratik uygulamalarda bölünmenin mevcut ve/veya potansiyel göç yönünü göstermek için organik olarak birleştirilebileceğini öne sürmüştür (Forte ve Whipple, 2018; Whipple vd., 2017). Bu nedenle, bu çalışmada Buldan Horstu bölünmesinin mevcut durumunu araştırmak için hem Gilbert metrikleri hem de χ kullanılmıştır.

3.3. Bölünme hareketliliğinin tahmini

3.3. Estimation of divide mobility

Bölünme hareketliliğinin değerlendirilmesi, χ parametreleri ve Gilbert metriklerinin sonuçları birbiriyle uyumlu olduğunda daha doğru sonuç verir. Gilbert metrikleri ve χ kombinasyonu son zamanlarda giderek daha

fazla kullanılmaktadır (Forte ve Whipple, 2018; Su vd., 2020; Li vd., 2021; Sakashita ve Endo, 2023). Gilbert metrikleri ve χ sonuçları arasında çelişki olması durumunda, Gilbert metriklerinin güncel bölünme hareketliliğini, χ 'in ise uzun zaman ölçeğindeki bölünme göçünü gösterdiği şeklinde yorumlamak mümkündür. Gilbert metrikleri kullanılarak standartlaştırılmış delta grafikleri çizilmiştir (Forte ve Whipple, 2018). Grafikte $\Delta\chi$, her kanal için bölünme boyunca χ farkından elde edilir. Standartlaştırılmış delta grafiği, bölünmenin göç etme eğiliminde olduğu tarafı göstermek için indislerin ortalaması ve standart sapması dikkate alınarak çizilir. Rölyef diğer üç indis arasında en güvenilir olanıdır, bu çalışmada, rölyef ve yükseklik veya eğimden en az biri aynı yönü gösteriyorsa, bölünmenin belirli bir yöne doğru göç ediyor olduğunu gösterir. Bu yorum, diğer parametreler (eğim veya yükseklik) ters yönü göstermedikçe güvenli bir şekilde kullanılabilir (Forte ve Whipple, 2018).

4. Analiz sonuçları

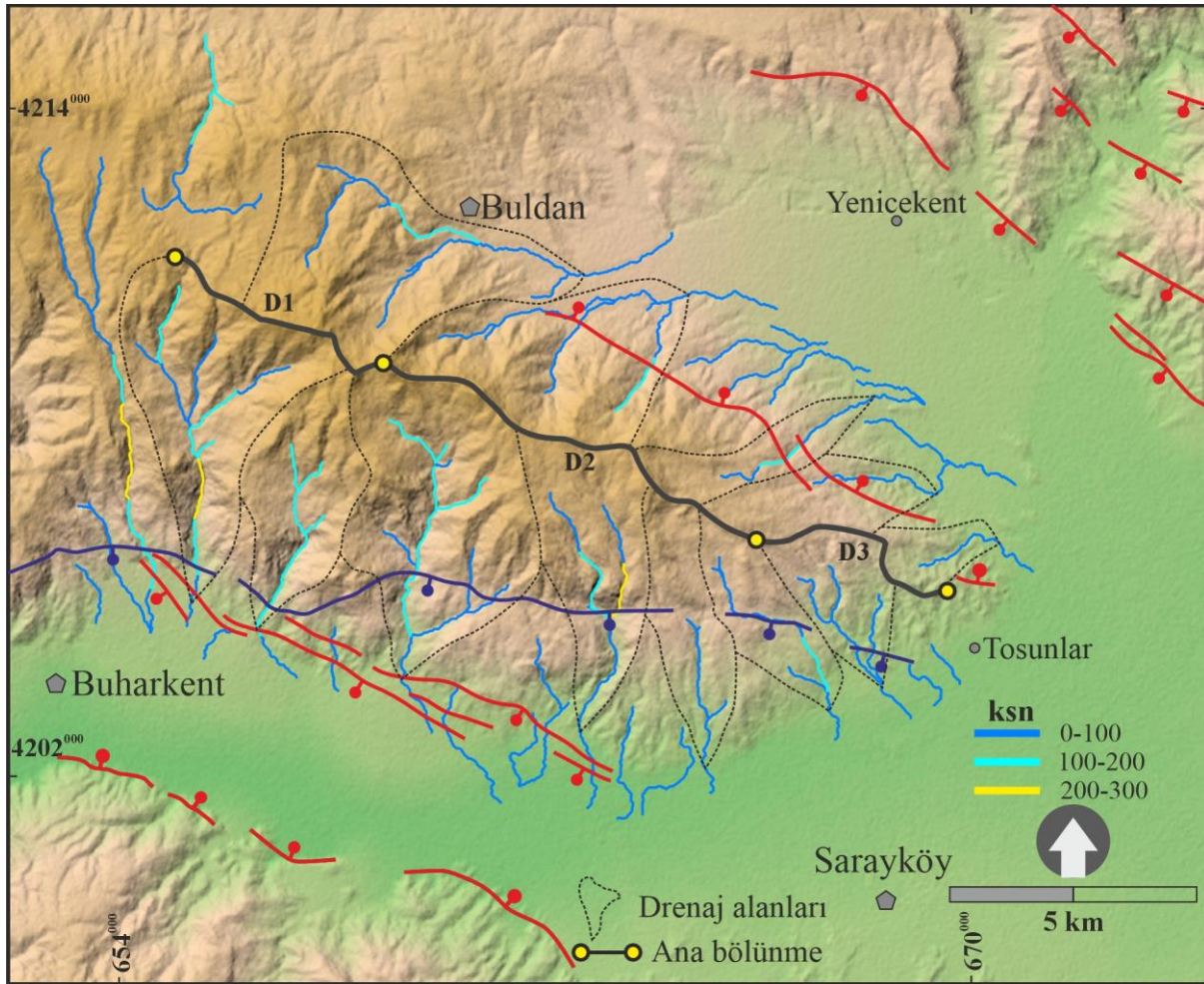
4. Analysis results

ksn, Gilbert metrikleri ve χ indisleri için elde edilen veriler ve sonuçları bu bölümde başlıklar halinde değerlendirilecektir.

4.1. Normalleştirilmiş diklik indeksi (ksn)

4.1. Normalized steepness index (ksn)

Çalışma alanından elde edilen ksn dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir. ksn değerleri 0-300 arasında değişmekte olup, özellikle Buldan Hostu’nun GB yamacında ksn değerlerinin daha yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu alandaki değerlerin daha yüksek olması, buradaki drenaj alanlarının daha derin kazıldığını ve dolayısıyla da GB yamacındaki yükselmenin daha hızlı gerçekleştiği şeklinde yorumlanabilir.

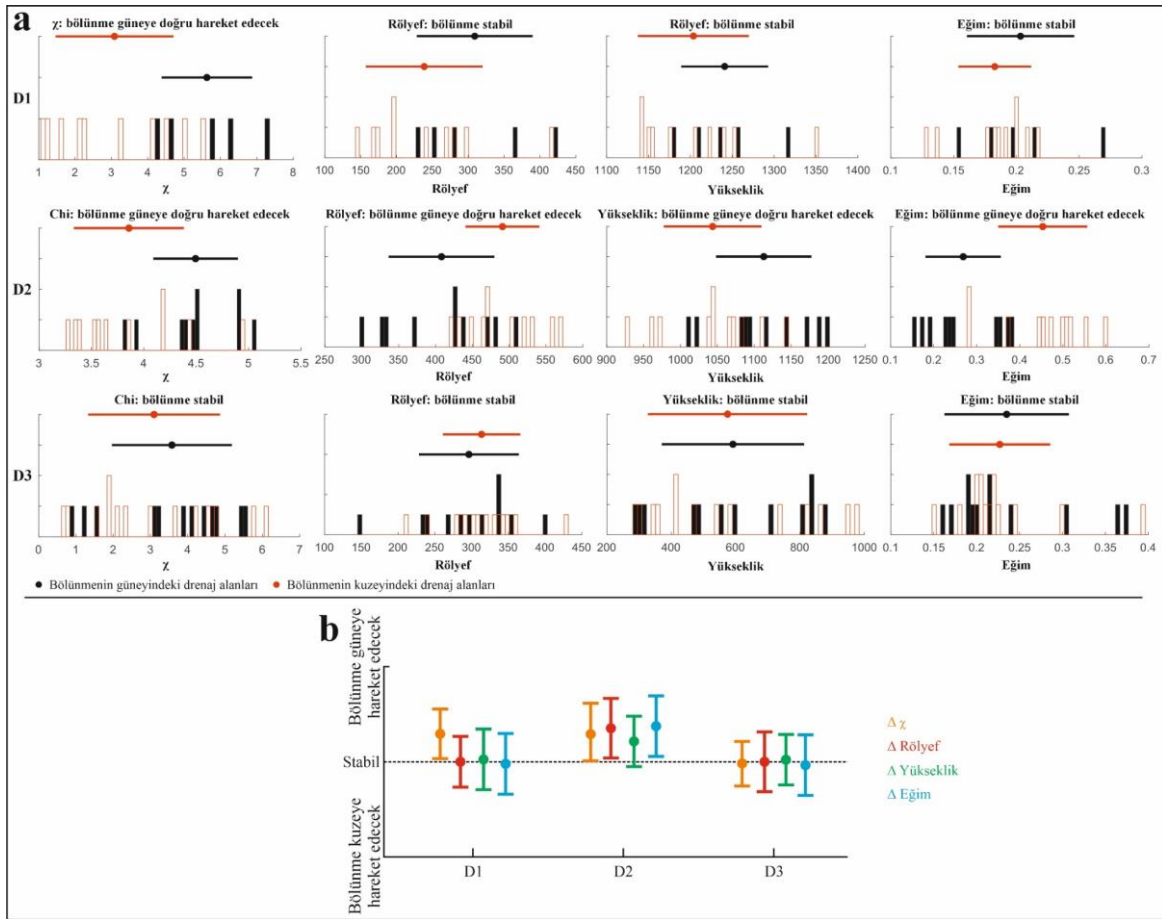


Şekil 2. Çalışma alanında elde edilen ksn değerlerinin 12,5 m çözünürlükteki SYM üzerindeki dağılımı.
Figure 2. Distribution of ksn values obtained in the study area on DEM with 12.5 m resolution.

4.2. Gilbert metrikleri ve χ

4.2. Gilbert metrics and χ

Buldan Horstu boyunca hesaplanan Gilbert metrikleri ve χ değerlerinin değişimleri hem histogram hem de delta grafikleri ile Şekil 3'te gösterilmiştir. Drenaj bölünmesinin hareketini belirlemek için ana bölünme D1, D2 ve D3 segmentlerine ayrılarak incelenmiştir. Bu segmentler belirlenirken, drenaj alanlarının sınırları ve yükseklik ve rölyef dikkat alınmıştır. D1 segmenti boyunca hesaplanan Gilbert metrikleri, bu segmentin mevcut durumunun stabil olduğunu göstermektedir. Ancak χ değerleri ise D1 segmentinin zamanla güneye doğru göç edeceğine işaret etmektedir. D2 segmenti, yani ana bölünmenin orta kesimlerinde durum daha farklıdır. Bu segmentte hem Gilbert metrikleri hem de χ değerleri ana bölünmenin güneye hareket edeceğini göstermektedir (Şekil 3). Gilbert metrikleri ana bölünmenin mevcut durumunu gösterdiğinden, D2 segmenti mevcut durumda güneye hareket halindedir. χ değerleri bölünmenin gelecekteki durumunu gösterdiğinden, mevcut durumda güneye hareket eden ana bölünmenin, χ verilerine göre gelecekte de güneye hareketine devam edeceğine işaret etmektedir (Şekil 3). D3 segmentinin sınırladığı drenaj bölünmesinde ise hem Gilbert metrikleri hem de χ değerleri bu segmentin mevcut durumda stabil olduğunu ve zamanla yer değiştirme durumunun olmadığını göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. a) Buldan Horstu'nun drenaj bölünmesi göçünün hareket durumunu ortaya koymak için DivideTools (Forte ve Whipple, 2018) ve TopoToolbox (Schwanghart ve Scherler, 2014) programları kullanılarak elde edilen Gilbert metrikleri ve χ değerleri için oluşturulan histogram grafikleri, b) delta grafikleri. Kırmızı dikdörtgenli histogramlar kuzey yamacındaki drenaj havzalarını, siyah dolgulu histogramlar ise güney yamaçtaki drenaj havzalarını temsil etmektedir. Gilbert metriklerine ilişkin tüm hesaplamalar 300 m'lik bir taban seviyesi belirlenerek yapılmıştır.

Figure 3. a) Histograms for Gilbert metrics and χ values obtained using DivideTools (Forte and Whipple, 2018) and TopoToolbox (Schwanghart and Scherler, 2014) to reveal the movement of the drainage divide migration of the Buldan Horst, b) delta plots. Histograms with red rectangles represent drainage basins on the north slope and histograms with black fill represent drainage basins on the south slope. All calculations for the Gilbert metrics were performed at a base level of 300 m.

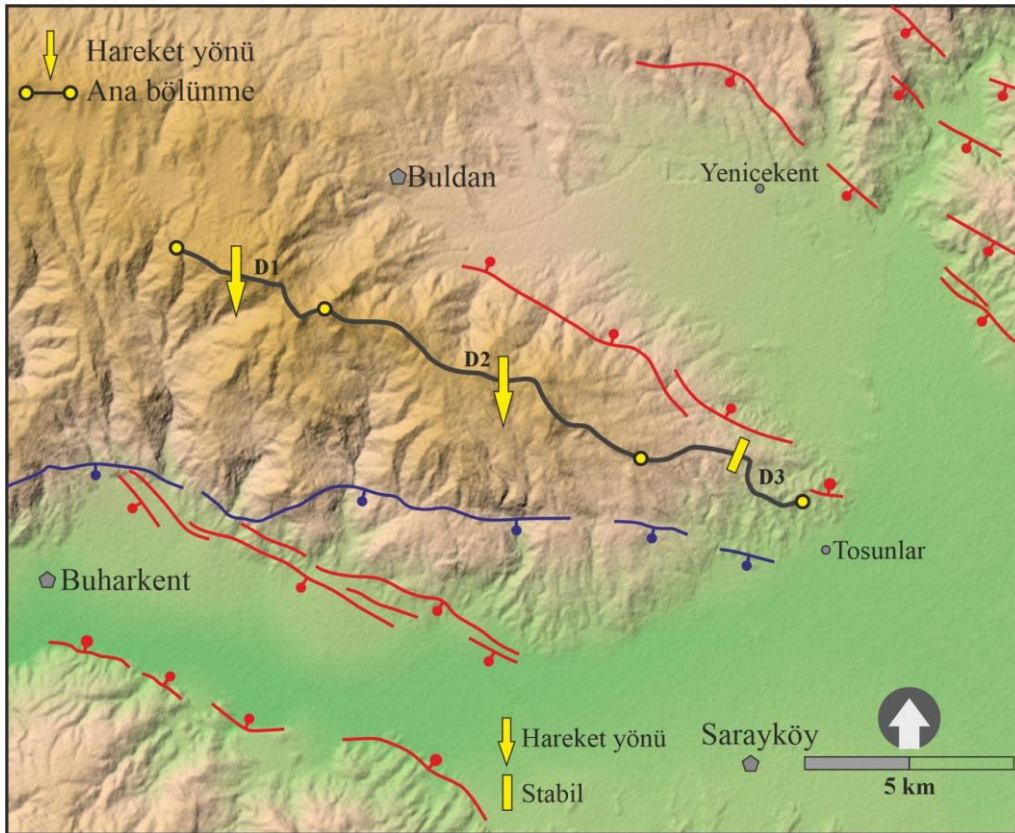
4. Tartışma ve sonuçlar

4. Discussion and conclusions

Bölünme göçü, bölünmenin her iki tarafındaki erozyon ve yükselme oranları arasındaki fark belirgin bir miktara ulaştığında hareket etmeye başlar. Jeolojik yapıların, iklimin ve litolojilerin bir fonksiyonu olarak, kaya yükselmesi ve erozyon oranlarındaki değişimler dikkate alındığında, bölünme çizgisi daha büyük farka sahip olan tarafa doğru göç eder (Willett vd., 2014; Whipple vd., 2017). χ havzanın gelecekteki durumuyla ilgili verileri gösterebilirken, Gilbert metrikleri bölünmenin mevcut durumuyla ilgili verileri gösterme eğilimindedir (Forte ve Whipple, 2018). Drenaj alanındaki değişiklikler χ ve ksn verilerinde bozulmalara neden olabilir (Willett vd., 2014). Drenaj alanı arttıkça χ artarken, ksn artan alanla birlikte azalır (Whipple vd., 2017). Bölünme daha düşük eğim ve rölyef değerlerine sahip tarafa doğru göç etme eğilimindedir (Zeng ve Tan, 2023). χ anomalilerinin kayaç özellikleri, kayaç yükselme hızı veya iklimde mekânsal değişkenliğin olduğu yerlerde bölünmenin durumunu doğru bir şekilde göstermesi beklenmezken, ksn bölünme göçünün yönünü tahmin edebilir (Zeng ve Tan, 2023) ve drenaj bölünmesi ksn'nin daha yüksek değerlere sahip olduğu tarafa doğru göç etme eğilimindedir (Whipple vd., 2017). Bu çalışmada elde edilen ksn verileri, bölünmenin özellikle GB tarafında daha yüksek değerlere sahiptir (Şekil 2). Dolayısıyla bu veriler, bölünme göçünün çoğunlukla güneye hareket ettiğini gösteren Gilbert metrikleri verileriyle birbirini desteklemektedir.

Ana bölünmenin hareketini belirlemek için ayrılan segmentlerdeki (D1, D2 ve D3) iklim, yağış ve benzer kaya litolojisine sahip olması bu alanda Gilbert metrikleri, χ ve ksn hesaplamalarını birbirleriyle karşılaştırmak için olarak sağlamaktadır.

Çalışmanın yapıldığı alan her iki tarafından normal faylarla sınırlı bir horst yapısıdır. Bu horstun oluşmasını normal fayların oluşturduğu yükselme sağlamaktadır. Dolayısıyla bu bölgede meydana gelebilecek yükselmeler de drenaj bölünmesinin göçünü etkileyen en önemli parametredir. Bölünmenin hangi yöne hareket edeceği fayların hareketine bağlıdır. Elde edilen veriler, özellikle D1 ve D2 segmentlerinin güneye hareket ettiğini ya da edeceğini göstermektedir (Şekil 3 ve 4).



Şekil 4. Elde edilen verilerden Buldan Horstu ana drenaj bölünmesinin D1 ve D2 segmentlerinin güneye göç edeceğini gösteren harita.

Figure 4. Map showing that segments D1 and D2 of the main drainage divide of the Buldan Horst will migrate to the south.

Bu nedenden dolayı güneye göçü sağlayacak etkinin güney yamacı sınırlayan Buharkent segmenti üzerindeki harekete bağlamak olasıdır. Buharkent segmentini oluşturan faylar, Büyük Menderes Grabeni'nin en doğu kısmında yer alan normal faylardır. Buldan Horstu ve yakın çevresi, Hañçer (2013) tarafından yapılan çalışmada sismik boşluk olarak belirtilmiştir. Aynı çalışmada deprem riski açısından riskli olarak gösterilen Buldan Horstu'nun, Gediz Grabeni veya Büyük Menderes Grabeni tarafındaki risk yeteri kadar açıklanmamış olup bu çalışma ile bölgedeki fayların aktif tektoniği ve deprem riski de değerlendirilmiş olmaktadır. Buldan Horstu'nun ana drenaj bölünmesinin güneye göç edecek şekilde elde edilen sonuçlar, horstun güneyinde yer alan Buharkent segmentini oluşturan fayların gelecekte daha fazla kayma hızına ve daha fazla yükselmeye katkı sağlayacağına işaret etmektedir. Sonuç olarak Buharkent segmentini oluşturan faylar gelecekte, ana bölünmenin kuzey tarafındaki Buldan Fayı'na göre daha önce hareket edecek ve göçün güneye hareketini sağlayacaktır. Dolayısıyla Buldan Horstu'nun güneyindeki faylar gelecekte deprem açısından daha yüksek risk taşımaktadır. Bu alanda yapılacak paleosismolojik çalışmalar bölgedeki deprem riskinin belirlenmesine olanak sağlayacak, fayların geçmiş ve gelecekteki hareketlerine dair yorumlar daha net bir şekilde yapılabilecektir. Ayrıca drenaj bölünmesi göçü çalışmalarının yaygınlaşması, fayların gelecekteki hareketlerinin belirlenmesi ve paleosismolojik çalışmalar için yer seçimlerinde yardımcı olması açısından önem kazanmaktadır.

Yazar katkısı

Makalenin tamamı başlıca yazar tarafından yazılmıştır.

Etik beyanı

Bu makalenin yazarı, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

References

- Alçiçek, H. (2010). Stratigraphic correlation of the Neogene basins in southwestern Anatolia: regional palaeogeographical, palaeoclimatic, and tectonic implications. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291, 297–318. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.03.002>
- Bonnet, S. (2009). Shrinking and splitting of drainage basins in orogenic landscapes from the migration of the main drainage divide. *Nat. Geosci.* 2, 766–771. <https://doi.org/10.1038/ngeo666>
- Buscher, J.T., Ascione, A., & Valente, E. (2017). Decoding the role of tectonics, incision and lithology on drainage divide migration in the Mt. Alpi region, southern Apennines, Italy. *Geomorphology*, 276, 37–50. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.10.003>
- Forte, A.M.; Whipple, K.X.; Cowgill, E. Drainage network reveals patterns and history of active deformation in the eastern Greater Caucasus. *Geosphere* 2015, 11, 1343–1364.
- Forte, A. M., & Whipple, K. X. (2018). Criteria and tools for determining drainage divide stability. *Earth Planet. Sc. Lett.*, 493, 102–117. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2018.04.026>
- Gallen, S.F., & Wegmann, K.W. (2017). River profile response to normal fault growth and linkage: An example from the Hellenic forearc of south-central Crete, Greece. *Earth Surf. Dyn.*, 5, 161–186. <https://doi.org/10.5194/esurf-5-161-2017>
- Gilbert, G. K. (1877). *Geology of the Henry mountains*. Government Printing Office. Washington, DC, USA.
- Goren, L., Willett, S.D., Herman, F., & Braun, J. (2014). Coupled numerical-analytical approach to landscape evolution modeling. *Earth Surf. Process. Landf.* 39, 522–545. <https://doi.org/10.1002/esp.3514>
- Hakyemez, H. Y., Erkal, T., & Gökteş, F. (1999). Late Quaternary evolution of the Gediz and Büyük Menderes grabens, western Anatolia, Turkey. *Quaternary Science Reviews* 18(4–5), 549–554. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(98\)00096-1](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(98)00096-1)

- Hançer, M., (2013). Study of the structural evolution of the Babadağ-Honaz and Pamukkale fault zones and the related earthquake risk potential of the Buldan region in SW Anatolia, east of the Mediterranean. *J. Earth Sci.* 24, 397–409. <https://doi.org/10.1007/s12583-013-0333-2>
- He, C., Braun, J., Tang, H., Yuan, X., Acevedo-Trejos, E., Ott, R. F., & Stucky de Quay, G. (2024). Drainage divide migration and implications for climate and biodiversity. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1-16. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00511-z>
- Konak, N., & Şenel, M., 2002. 1/500.000 ölçekli Denizli Paftası, MTA Genel Müdürlüğü Ankara.
- Kirby, E., & Whipple, K. (2001). Quantifying differential rock-uplift rates via stream profile analysis. *Geology*, 29, 415–418. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2001\)029%3C0415:QDRURV%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2001)029%3C0415:QDRURV%3E2.0.CO;2)
- Kirby, E., & Whipple, K.X. (2012). Expression of active tectonics in erosional landscapes. *J. Struct. Geol.* 44, 54–75. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.07.009>
- Li, Z., Wang, X., Yu, Y., Zhang, H., Su, Q., Miao, X., & Lu, H. (2021). The impacts of base level and lithology on fluvial geomorphic evolution at the tectonically active Laohu and Hasi Mountains, northeastern Tibetan Plateau. *Sci. China Earth Sci.*, 51, 994–1008. <https://doi.org/10.1007/s11430-020-9743-1>
- Perron, J.T., & Royden, L. (2013). An integral approach to bedrock river profile analysis. *Earth Surf. Process. Landf.*, 38, 570–576. <https://doi.org/10.1002/esp.3302>
- Sakashita, A., & Endo, N. (2023) Mobility and location of drainage divides affected by tilting uplift in Sado Island, Japan. *Remote Sens.*, 15, 729. <https://doi.org/10.3390/rs15030729>
- Schwanghart, W., & Scherler, D. (2014). TopoToolbox 2–MATLAB-based software for topographic analysis and modeling in Earth surface sciences. *Earth Surface Dynamics*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.5194/esurf-2-1-2014>
- Su, Q., Wang, X., Lu, H., & Xie, H. (2020). Dynamic divide migration as a response to asymmetric uplift: An example from the Zhongtiao Shan, North China. *Remote Sensing*, 12(24), 4188. <https://doi.org/10.3390/rs12244188>
- Sümer, Ö., Sözbilir, H., Uzel, B., (2020). Büyük Menderes Grabeni'nin Rolling Hinge (Yuvarlanan Reze) Modelinde Supra-Detachment (Sıyrıma Üstü) Havzadan Rift Havzasına Evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 63, 241-276.
- Şimşek, Ş. (1984). Denizli-Sarayköy-Buldan alanının jeolojisi ve jeotermal enerji kaynakları. *İstanbul Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi* 3(1–2), 145- 62.
- Taner, G. (2001). Denizli Bölgesi Neojeni'ne ait katların stratigrafik konumlarında yeni düzenleme. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirisi*, 54-79.
- Topal, S. (2003). *Denizli neojen istifinin stratigrafisi ve tektonik özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Wang, Y., Zhang, H., Zheng, D., Yu, J.; Pang, J., & Ma, Y. (2017). Coupling slope–area analysis, integral approach and statistic tests to steady-state bedrock river profile analysis. *Earth Surf. Dyn.*, 5, 145–160. <https://doi.org/10.5194/esurf-5-145-2017>
- Whipple, K. X., Forte, A. M., DiBiase, R. A., Gasparini, N. M., & Ouimet, W. B. (2017). Timescales of landscape response to divide migration and drainage capture: Implications for the role of divide mobility in landscape evolution. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 122 (1), 248-273. <https://doi.org/10.1002/2016JF003973>
- Whipple, K.X., & Tucker, G.E. (1999). Dynamics of the stream–power river incision model: Implications for height limits of mountain ranges, landscape response timescales, and research needs. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 104, 17661–17674. <https://doi.org/10.1029/1999JB900120>
- Willett, S.D., McCoy, S.W., & Beeson, H.W. (2018). Transience of the North American High Plains landscape and its impact on surface water. *Nature*, 561, 528–532. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0532-1>
- Willett, S.D., McCoy, S.W., Perron, J.T., Goren, L., & Chen, C.Y. (2014). Dynamic reorganization of river basins. *Science*, 343, 1248765. <https://doi.org/10.1126/science.1248765>

- Wobus, C., Whipple, K.X., Kirby, E., Snyder, N., Johnson, J., Spyropolou, K., Crosby, B., & Sheehan, D. (2006). Tectonics from topography: Procedures, promise, and pitfalls. *Spec. Pap. Geol. Soc. Am.*, 398, 55–74. [https://doi.org/10.1130/2006.2398\(04\)](https://doi.org/10.1130/2006.2398(04))
- Yılmaz, Y. (2017). Morphotectonic development of Anatolia and the surrounding regions. Çemen, İ., Yılmaz, Y. (Ed.). *Active Global Seismology; Neotectonics and Earthquake Potential of the Eastern Mediterranean Region. Geophysical Monograph 225*, American Geophysical Union, Wiley, New York, 11-91. <https://doi.org/10.1002/9781118944998.ch2>
- Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Gürer, Ö. F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş., & Elmas, A. (2000). When did the Western Anatolian Grabens begin to develop? Bozkurt, E., Winchester, J. A., Piper, J. D. A. (Ed.). *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society of London Special Publications 173*, 353-384. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.173.01.17>
- Zeng, X., & Tan, X. (2023). Drainage divide migration in response to strike-slip faulting: An example from northern Longmen Shan, eastern Tibet. *Tectonophysics*, 848, 229720. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.229720>
- Zhou, C., Tan, X., Liu, Y., & Shi, F. (2022). A cross-divide contrast index (C) for assessing controls on the main drainage divide stability of a mountain belt. *Geomorphology*, 398, 108071. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.229720>
- Zondervan, J. R., Stokes, M., Boulton, S. J., Telfer, M. W., & Mather, A. E. (2020). Rock strength and structural controls on fluvial erodibility: Implications for drainage divide mobility in a collisional mountain belt. *Earth and Planetary Science Letters*, 538, 116221. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116221>