

İzmit Körfezi ve çevresinin morfotektoniği

Ufuk TARI*, Okan TÜYSÜZ

İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Katı Yerbilimleri Anabilim Dalı, Jeodinamik Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Dünyanın önemli aktif tektonik unsurlarından biri olan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) üzerinde yer alan İzmit Körfezi çevresinin morfolojisi ölçüye dayalı (kantitatif) yöntemlerle araştırılmış ve genç tektoniğin bölgenin morfolojik evrimindeki rolü anlaşılmasına çalışılmıştır. Bu bağlamda çeşitli veri setleri kullanılarak, karşılaştırma ve tümdengelim yöntemiyle morfometrik analizler yapılabilmektedir. Bunun için, önce bölgenin sayısal yükseklik modelleri üretilerek drenaj havzaları belirlenmiş, daha sonra bu havzalar üzerinde hipsometrik eğri ve integral, drenaj havzası asimetrisi, dağ cephesi eğrilik oranı, vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı olarak bilinen morfometrik analizler uygulanmıştır. Bölgede kuzey kuşağı oluşturan penneplen morfolojisinin drenaj havzası asimetrisi değerleri, seçilen drenaj havzalarında kuzeye eğimlenmeyi göstermektedir. Dolayısıyla günümüz su bölümü çizgisi güneye daha yakın ve Körfez'e akan dereler kısa, dar ve derin deşilmiş vadilere sahip bir morfoloji sergilemektedir. Morfolojik indisler, KAF ile ilişkili olarak güneydeki yamaçların daha genç olduğunu göstermektedir. Güney kuşağı oluşturan Samanlı Dağları, kuzey bölümden daha yüksektir. Bu alanda kuzeye bakan yamaçlarda derin deşilmiş vadiler ve kalın alüvyal yelpazeler başlıca morfolojik özelliklerdir. Kayayı şekillendiren litoloji ise morfolojiden etkilenmiştir. Bunlar hipsometrik integral ve diğer morfolojik indislerde açıkça görülmektedir. Dağ cephesi eğrilik değeri bakıldığında güneyin dağ cephesi kuzeyin dağ cephesinden daha fazla aktif faylarla kontrol edildiğini göstermektedir. Vadi tabanı genişliğinin, vadi yüksekliğine oranı ile ilgili elde edilen düşük değerlerin KAF'ın güneyindeki vadilerde elde edilmesi, bu dar vadilerde aktif bir yükselmeyi işaret etmektedir. Bu analiz sonuçları bölgenin morfolojik evriminde a) kaya türlerinin b) kayaların yapısal özelliklerinin, c) KAF'dan önce bölgede etkin olan KD ve KB uzanımlı fayların, d) halen aktif olan D-B uzanımlı KAF'ın etkili olduğunu işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kuzey Anadolu Fayı, İzmit Körfezi, morfoloji, morfometri.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Ufuk TARI. utari@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 60 76.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Katı Yerbilimleri Anabilim Dalı, Jeodinamik Programında tamamlanmış olan "İzmit Körfezi ve çevresinin morfotektoniği" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 08.03.2007 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 21.03.2007 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 01.02.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

The morphotectonics of the Gulf of Izmit and surroundings

Extended abstract

In this study, the morphology of area surrounding the Gulf of Izmit located on North Anatolian Fault, one of the most important active tectonic elements of the world, is examined by using quantitative methods, and the role of young tectonics on the morphological evolution of the region is investigated.

In recent years a number of new approaches have emerged in the study morphotectonics. These fall into three categories: use of new techniques, search for new types of data (such as digital elevation data), application to geomorphological studies. At the simplest level, landforms can be characterized in terms of their size, elevation (maximum, minimum, or average), and slope. Quantative measurements allow to us objectively to compare different landforms and to calculate less straightforward parameters (geomorphic indices) that may be useful for identifying a particular characteristic of an area. Some geomorphic indices have been developed as basic reconnaissance tools to identify areas experiencing rapid tectonic deformation. This information is used for planning research to obtain detailed information about active tectonics. Geomorphic indices are particularly useful in tectonic studies because they can be used for rapid evaluation of large areas and necessary data often can be obtained easily from topographic maps (especially digital elevation data).

The drainage basins are determined from the digital terrain models of the region. Then the morphometrical analysis, hypsometric curve and hypsometric integral, drainage basin asymmetry, mountain-front sinuosity, ratio of valley-floor width to valley height are applied to these basins. Hypsometry has been generally used to infer the stage of geomorphic development. From an analysis of numerous drainage basins, has shown that a convex shaped hypsometric curve characterizes basins in the youth stage, an S-shaped hypsometric curve (concave upwards at high elevations and concave downwards at low elevations) characterizes basins in the stage of maturity, and a concave hypsometric curve characterizes basins in the peneplain stage. Drainage basin asymmetry is the tectonic influences on drainage networks. Tectonic tilting at the scale of drainage basins can be detected from the Asymmetry Factor (AF). For a

stable setting, $AF = 50$. The more that AF departs from 50, the more the influence of tectonic tilting. Mountain-front sinuosity (Smf index) is defined as mountain fronts associated with active tectonics and uplift are relatively straight, with low values of Smf. If the rate of uplift is reduced or ceases, the erosional processes will carve a more irregular mountain front, and Smf will increase. Ratio of valley floor width to valley height (Vf index) differentiates between broad floored canyons, with relatively high values of Vf, and shaped valleys with relatively low values.

The study area is formed of different morphological regions. The Gulf of Izmit is east-west trending depression on the northern branch of the young depression placed on the North Anatolian Fault. This depression is delimited by to mountainous belt in the north and south. Drainage basin asymmetry values on the selected drainage basins indicate that the northern belt (Kocaeli Peninsula) is northward tilted as peneplain. Southern part of this peneplain was cut by the North Anatolian Fault. The watershed is very close to the south. On the south-facing slope headward erosion is main morphologic activity. Geomorphic indices indicate that this southern slope is very young and related with the North Anatolian Fault. Southern part of the depression, Samanlı Mountains are higher than the northern part. It is elevated as positive flower structure between the northern and middle branch of the North Anatolian Fault. In the north-facing slope of this area deeply incised valleys and large alluvial fans are the main geomorphic entities. Lithology of the rock forming this area is also affected the morphology. This can be seen hypsometric integrals and other geomorphic indices. In the light of mountain front sinuosity (Smf index) and ratio of valley floor width to valley height (Vf index) values we applied it is clear that the morphology of the region was heavily affected by active faults which have been affecting the southern region rather than northern region.

The analysis results indicate that a) rock types, b) the structural features of the rocks, c) the NE and NW trending faults older than the North Anatolian Fault, and d) the active E-W trending North Anatolian Fault controlled the morphological evolution of the region.

Keywords: North Anatolian Fault, Gulf of Izmit, morphology, morphometry.

Giriş

İzmit Körfezi'ni çevreleyen alanlar morfolojik açıdan farklı özelliklere sahip doğu-batı uzanımlı üç bölgeye ayrılabilir (Şekil 1).

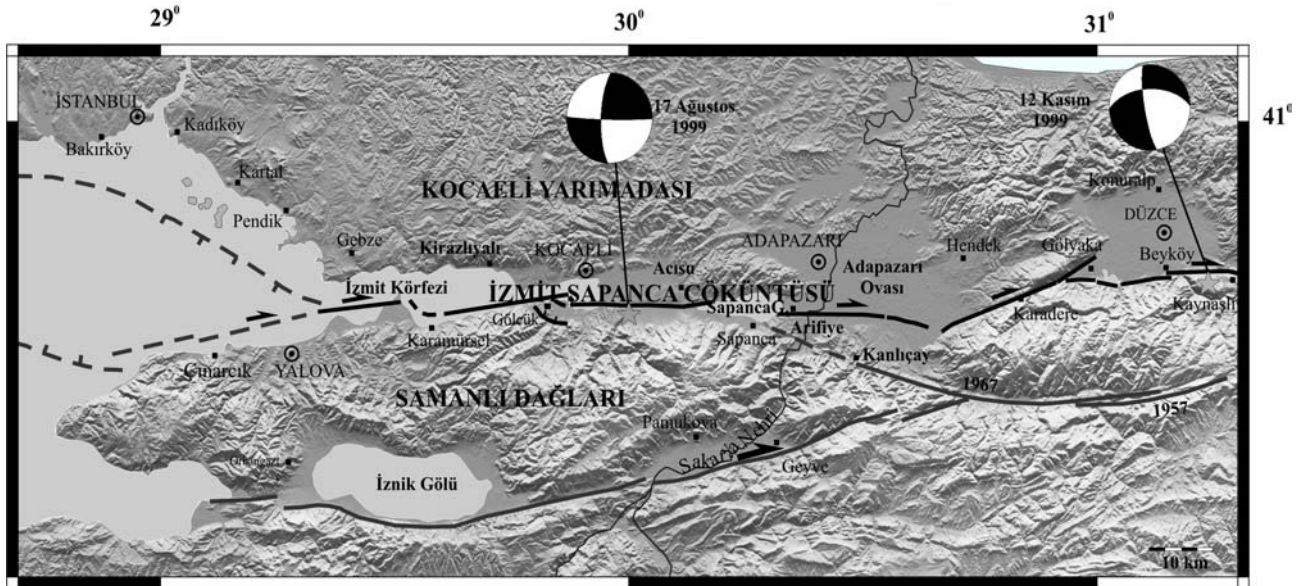
Kuzeyde yer alan Kocaeli Yarımadası, Üst Miyosen'de aşınım alanı halinde kalarak plato niteliği kazanmıştır. Ortalama yüksekliği 150-200 m civarında bu peneplen, Geç Pliyosen'den itibaren Makaslama Zonu'nun gelişimi ve İzmit Körfezi'nin açılması ile parçalanmış ve Karadeniz'e doğru eğimlenerek asimetrik bir yapı kazanmıştır.

Güneyde yer alan Samanlı Dağları kuzey ve güneyde Kuzey Anadolu Fayı'nın iki kolu ile sınırlanan bir pozitif çiçek yapısıyla temsil edilir. Bu bölge ortalama yüksekliği 700-1000 metreler arasında değişen bir yüksek plato karakterindedir. Samanlı Dağları'nın kuzeyinde ise ondan faylarla ayrılan Hersek ve Laledere Deltaları bulunur. Sahilden güneye doğru morfolojinin gelişimi büyük ölçüde bu faylarla kontrol edilmiştir. Samanlı Dağları kuzeyindeki Neojen birimleri artık aktif olmayan KB-GD ve KB-GD uzanımlı faylar denetiminde gelişmiş ve daha sonra bugün aktif olanlar tarafından biçilmiştir.

Yukarıda tanıtilan iki kuşağın ortasında yer alan İzmit-Adapazarı çöküntüsü İzmit Körfezi,

Sapanca Gölü ve Adapazarı Ovası gibi birbirinden farklı özellikleri olan aktif çökel havzalarından oluşur. İçerisi Üst Pliyosen-Pleistosen ve daha genç çökellerle doldurulmuş olan bu çukurluk üzerinde 1999 İzmit ve Düzce depremlerinin de geliştiği doğu-batı uzanımlı aktif doğrultu atımlı fayların yanı sıra KD-GB ve KB-GD uzanımlı eşlenik faylar da bulunur. Bu çöküntü alanını dolduran çökeller fay denetiminde gelişmiş alüvyal yelpazeleri temsil etmektedir. Bu fayların geometrisi ile Kuzey Anadolu Fayı'nın hareket yönü arasındaki kinematik ilişkiler ise gerek İzmit Körfezi'nin gerekse onun devamı olan çöküntü havzalarının KD-GB ve KB-GD uzanımlı faylar ile kontrol edilen çek-ayır havzalar dizisi olarak geliştiğini göstermektedir. Bu çökeller bugün aktif faylar tarafından doğu-batı yönünde kesilmektedir (Şengör vd., 1999; Le Pichon vd., 1999; Le Pichon vd., 2001; Şengör vd. 2005).

Bu araştırmada yukarıda tanımlanan üç bölgede morfolojinin evriminde etkili olan faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Bölge ikliminin inceleme alanı içerisinde önemli farklılıklar sunmadığından hareketle morfolojinin büyük ölçüde litoloji farklılıkları, yapı ve genç tektoniğin denetiminde gelişmiş olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma bölgesi ve yakın çevresinin morfolojisini gösteren sayısal yükseklik modeli

Morfolojik evrimin anlaşılabilmesi için Sayısal Yükseklik Modelleri üzerinde morfometrik analizler uygulanmış, ayrıca saha çalışmalarına destek olacak uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Materyal ve yöntem

Morfometrik indisler

Bir bölgenin jeomorfolojisi ölçüye dayalı olarak tanımlanabilir. Morfometri olarak tanımlanan bu yöntem, jeomorfolojik elemanlara ait bilgilerin sayısal olarak bölgeye ait yükseklik değerlerinden (SYM-Sayısal Yükseklik Modeli) çıkarılması ve analiziyle gerçekleştirilir. Morfometri yardımıyla elde edilen bu veriler inceleme alanındaki gerek drenajın evrimi, gerekse bu evrim üzerindeki yapısal/litolojik kontrolün derecesi, dağılımı ve karakteri üzerine tutarlı ve hızlı bilgi edinilmesini sağlayabilmektedir (Keller ve Pinter, 1996).

Bu amaçla inceleme alanına ait sayısal yükseklik modelleri yorumlanmış ve morfolojik indeksler ile bölgenin morfolojisi araştırılmıştır. Sayısal yükseklik verileri, Harita Genel Komutanlığı 1/25000 ölçekli sayısal topoğrafik paftalarının 10 m piksel çözünürlüğünde grid verisine dönüştürülmesi sonucu elde edilmiştir. Gridler US Hayford 1910 Datum N-UTM 35 projeksiyonunda üretilmiştir. Bu verilerden elde edilen çözünürlük çalışmanın amacı kapsamında yeterli görülmüştür. Bu çalışmada veri üretim, işleme ve harita üretimi amaçlı çok geniş bir program yelpazesi kullanılmıştır. Bu programlar; ArcView[®]3.2, Er Mapper[®]6.4, ArcGIS[®]9 ve RiverTools[®] dur.

Bunun yanısıra, havzayı oluşturan akarsu ağı, SYM verilerinden çıkartılmıştır. Bunun için, RiverTools[®] programı kullanılmıştır. Bu amaca yönelik olarak kullanılan analizler aşağıda sıralanmıştır. Morfolojik indislerin detayları için Strahler, 1952; Hack, 1973; Bull, 1977, 1978; Keller, 1986; Schumm, 1986; Cox, 1994 makaleleri önerilir. Kullanılan analizler sırasıyla; akarsu/vadi drenaj alanları ve profilleri, bu vadilere ait hipsometri (alan/yükseklik) eğri ve integral değerleri (HI); drenaj havzası asimetrisi (AF); dağ cephesi eğrilik oranı (S_{mf} indeksi); vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı (V_f indeksi) hesaplamalarıdır.

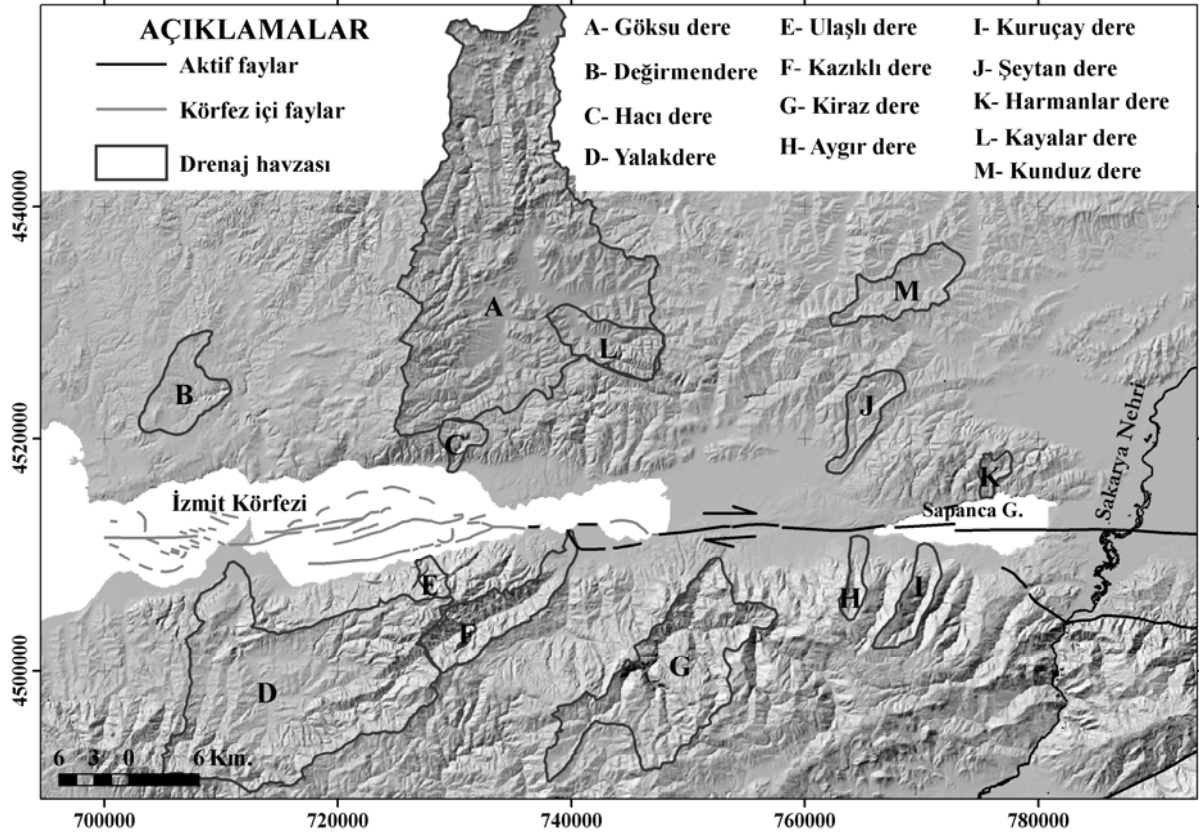
Bölgenin morfometrik analizi

Morfometrik analizin amacı bir bölgenin morfolojik şekillenmesinde etkili olan aşınma ve tektonik düzenlenmenin etki derecesini sayısal olarak ortaya koymaktır. Bu nedenle çalışma bölgesinde seçilmiş bazı drenaj havzaları üzerinde yapılan morfometrik analizler aşağıda sunulmuştur.

Birçok araştırmacı (Ohmori, 1983; Willgoose, 1994; Masek vd., 1994; Lifton ve Chase, 1992; Hurtrez, vd., 1999; Chen vd., 2003) dünyanın çeşitli bölgelerinde hipsometrik analizin çeşitli etkilerini gösteren (iklim, litoloji ve tektonik gibi) çalışmalar yapmışlardır.

Hipsometrik integral ve eğrinin, kullanılan çalışmada veri üretim, işleme ve harita kullanılarak çalışma alanının geneline yayılmış çeşitli ölçeklerdeki 19 vadinin drenaj alanlarının hipsometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Hipsometrik analiz yapmak için seçilen drenaj alanlarının (Şekil 2'de A'dan I'ya kadar harflendirilen alanlar) yükseklik değerleri 0 ile 1400 m arasında değişmektedir. Göksu Dere (A), Değirmendere (B), Hacı Dere (C), Şeytan Dere (J), Harmanlar Dere (K) kuzey kuşak üzerinde akmaktadır. İkinci gruptakiler ise, Yalakdere (D), Ulaşlı Dere (E), Kazıklı Dere (F), Kirazdere (G), Aygır Dere (H), Kuruçay Dere (I) güney kuşağın üzerinde akmaktadır.

Kuzeydeki dereler, ortalama yüksekliği 300 m yi bulan vadiler üzerinde akmaktadır. Bu derelerin üzerinde aktığı litoloji Hacı Dere'nin menbaa bölümü hariç Neojen öncesi temel kayalarla temsil edilir. Kuzey kuşağın üzerinde bulunan Neojen öncesi temel kayalar genellikle İstanbul Paleozoyik istifi ile onun üzerindeki Triyas ve Üst Kretase-Eosen çökellerinden oluşur. Drenaj alanları 6-35 km² aralığında değişen genelde küçük alanlardır. Sadece Karadeniz'e akan Göksu Dere uzun ve geniş bir su toplama havzasına (480 km²) sahiptir. Seçilen drenaj alanlarının sınırları belirlendikten sonra, hipsometrik eğri ve integralleri hesaplanmıştır (Şekil 3).



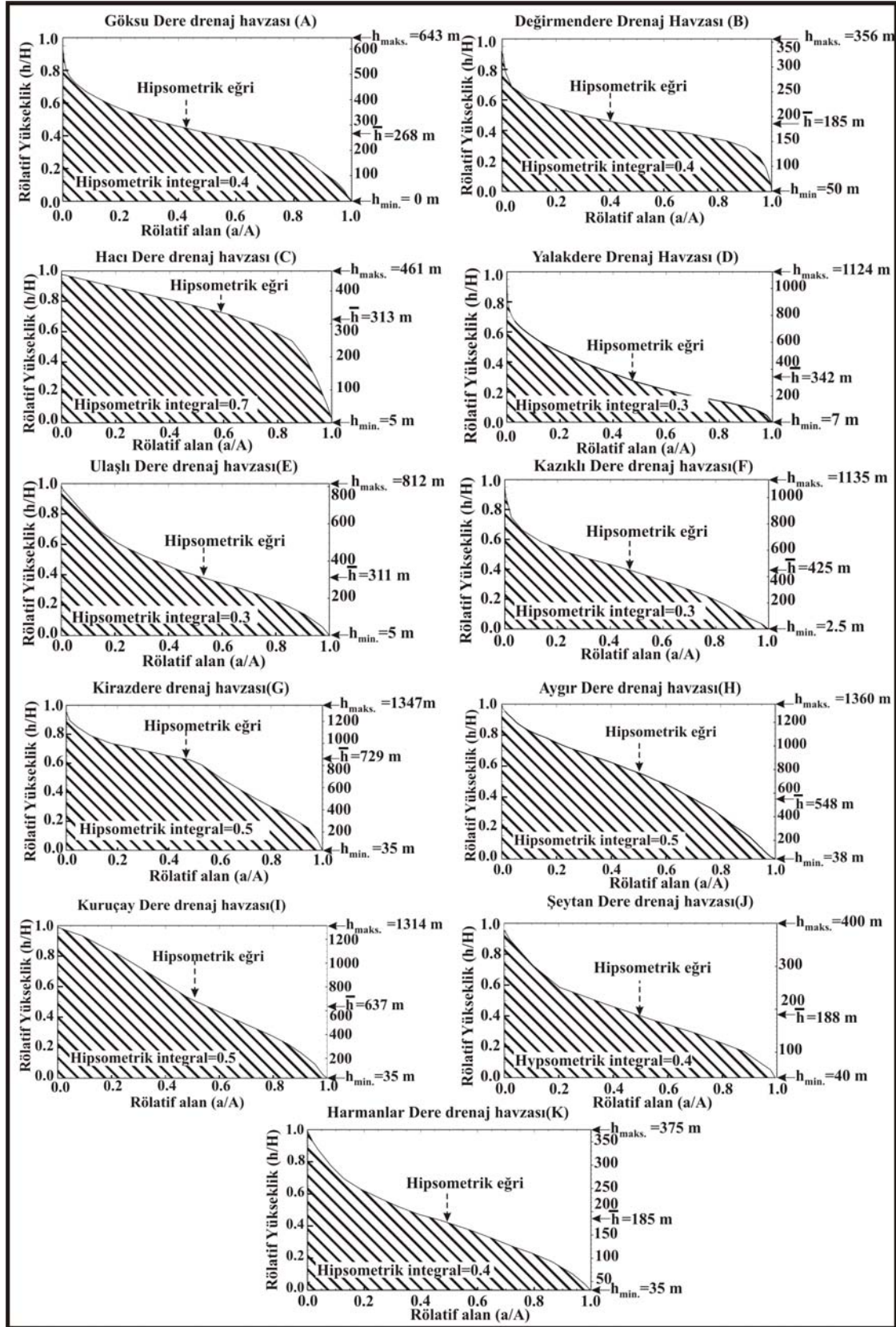
Şekil 2. Çalışma bölgesinde KAF'ın kuzey kolunun kuzeyinde ve güneyinde morfolotektonik analiz için seçilen çeşitli ölçekte drenaj alanları

Peneplen morfolojisi sunan kuzey kuşak üzerindeki drenaj alanlarından elde edilen sonuçlar çeşitli açılardan dikkat çekicidir. Şekil 3'den de görüldüğü gibi genelde hipsometrik eğriler yaklaşık dışbükeydir. Hesaplanan hipsometrik integraller 0.4-0.7 aralığında değişmektedir. Bölgenin peneplen niteliği nedeniyle olgun evreyi işaret eden bir morfoloji sergilemesi beklenirken, bölgede yarı olgun hatta genç evreyi işaret eden sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 3). Hipsometrik analize göre Karadeniz'e drene olan Göksu Dere'yi oluşturan vadi yarı olgun evreyi göstermektedir. Bu kadar büyük bir havzada olgun evreyi göstermemesi, bölgenin tekrar aktive olduğunu gösteren bir kanıttır.

Değirmendere, Şeytan ve Harmanlar Derelerinde de dışbükey eğriler elde edilmiştir (Şekil 3). Dayanımlı kayalar üzerinde akan bu derelerin yarı olgun evreyi göstermesi, büyük ölçüde morfoloji üzerindeki litoloji etkisini işaret etmektedir. Körfeze drene olan Hacı Dere genç

evreyi gösterir. KAF etkisiyle körfezin kuzey kıyılarının yükseltilmesi sonucu oluşan V şekilli ve derin deşilmiş morfolojiyi gösteren bir drenaj alanıdır.

Güneyde bulunan, Yalak Dere (D), Ulaşlı Dere (E), Kazıklı Dere (F), Kirazdere (G), Aygır Dere (H) ve Kuruçay Dereleri (I) ortalama yüksekliği 700 m'yi bulan vadiler üzerinde akmaktadır. Bu derelerin mansab bölümlerinin litolojisi Neojen öncesi temel kayalarıyla temsil edilir. Güney kuşaktaki temel kayaları genellikle Paleozoyik-Mezozoyik istifli ve Üst Kretase-Eosen çökellerinden oluşur. Mansab bölümündeki litolojisi ise Neojen'den günümüze örtü kayalarıyla temsil edilir. Derelerin oluşturduğu drenaj alanları 6-50 km² aralığında değişen genelde küçük alanlardır. İzmit Körfezi'ne drene olan Yalakdere (260 km²) ve Kirazdere (140 km²) diğerlerine oranla daha uzun ve geniş bir su toplama havzasına sahiptir.



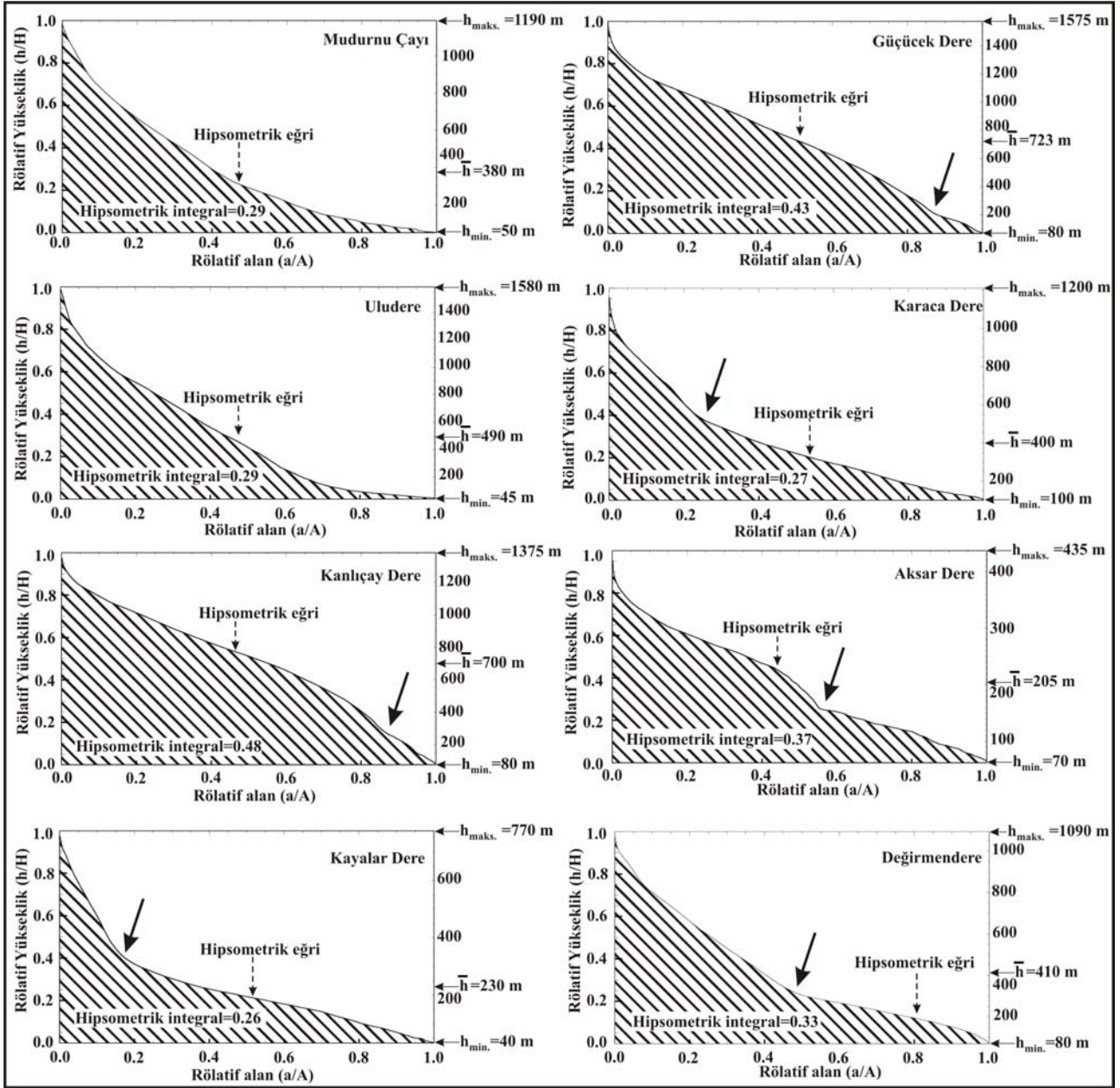
Şekil 3. Kuzey ve güney kuşak üzerindeki drenaj alanlarının hipsometrik eğri ve integralleri (Drenaj alanlarının coğrafi konumları için Şekil 2'ye bakınız)

Şekil 3'ten de görüldüğü gibi genelde hipsometrik eğriler çeşitlilik göstermektedir. Hesaplanan hipsometrik integraller 0.3-0.5 aralığında değişmektedir. Yalakdere, Ulaşlı Dere ve Kazıklı Dere drenaj alanlarında daha çok içbükeye yakın hipsometrik eğriler elde edilmiş ve hipsometrik integral değerleri 0.3 olarak hesaplanmıştır. Özellikle dayanımsız kayalar ihtiva eden bu alanlarda litoloji etkisi kaçınılmazdır. Bu üç havzanın sonuçlarından drenaj alanlarının gelişiminde litolojinin daha etkili olduğu görülmüştür. Kiraz Dere drenaj havzasında dışbükey bir hipsometrik eğri elde edilmiş ve hipsometrik integral değeri 0.5 olarak hesaplanmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, daha çok dayanımlı kayalar üzerinde üzerinde akan dereler veya ani litolojik değişimler hipsometrik eğriler üzerinde anomaliler vermektedir (Hurtrez, vd., 1999; Chen vd., 2003). Seçilen bu drenaj alanının litolojisine bakılırsa (volkanik ve metamorfik kökenli kayalar) bu etkinin görülmesi kaçınılmazdır. Sapanca Gölü'nün hemen güneyinde kalan Aygır Dere ve Kuruçay Dere drenaj havzaları dışbükey hipsometrik eğriler oluşturmaktadır. Bu küçük havzaların hipsometrik integral değerleri 0.5 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar a) havzaların kısmen ana kaya üzerinde akmasından b) aktif derin deşilme, yani tektonik yükselmeden c) her iki faktörün ortaklaşa etkisinden kaynaklanabilir. Analiz edilen alanda derin deşilmiş vadiler ve kalın alüvyal yelpazeler başlıca morfolojik unsurlardır. Bölgede yaklaşık D-B uzanan faylar alüvyal yelpazeler ile güneydeki Armutlu Yarımadası'nın Neojen öncesi kayalarını birbirinden ayırırlar. Bu faylar bölgenin morfolojisindeki en belirgin unsurlardan biri olan Samanlı Dağları'nın kuzey sınırını belirleyen çizgisel bir şev oluştururlar. Bu veriler dikkate alındığında sonuncu seçeneğin en uygun yorum olduğu kabul edilebilir.

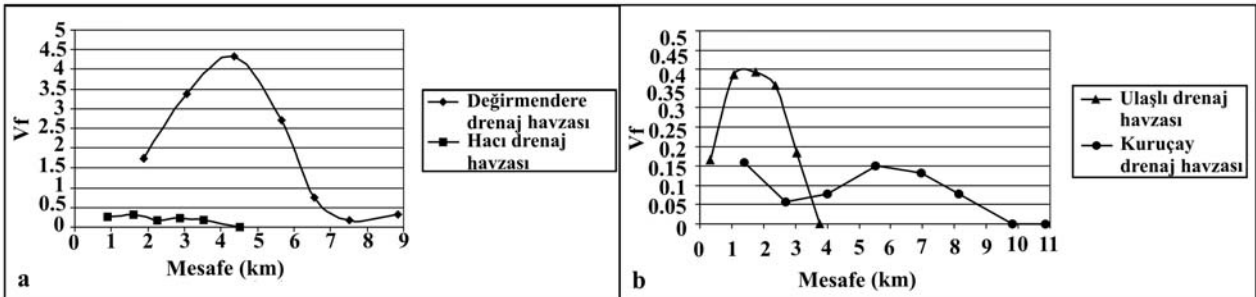
Dokurcun fayının bölge morfolojisinde yarattığı etkiyi ortaya koymak amacıyla Dokurcun fayını kesen 8 vadinin hipsometrik analizi yapılmıştır (Şekil 4). Bu vadiler sırasıyla, Mudurnu Çayı, Güçücek Dere, Uludere, Karaca Dere, Kanlıçay, Aksar Dere, Kayalar Dere ve Değirmendere su toplama havzalarıdır. Geyve Boğazı'nın doğu yamacında gelişmiş bu akarsular derin vadiler oluşturmuştur (Şekil 4). Dokurcun fayı bu dereleri yaklaşık D-B yönünde kesmekte ve Neojen

öncesi kayalar ile daha genç çökeller arasındaki sınırı oluşturmaktadır. Fay boyunca dere ötelenmeleri ve aktif yükselmeye bağlı kapma örnekleri yaygın olarak bulunmaktadır. Ortalama yüksekliği 700 m'yi bulan bu derelerin üzerinde aktığı litoloji, Dokurcun fayının güneyinde Neojen öncesi temel kayalarla, kuzeyinde ise Neojen sonrası genç çökellerle temsil edilir. Drenaj alanlarının büyüklüğü 5-52 km² aralığında değişmektedir. Şekil 5'den de görüldüğü gibi bu derelerin hipsometrik eğrileri içbükey veya dışbükeydir. Hipsometrik integraller 0.26-0.48 aralığında değişmektedir. Bu vadiler genel olarak güneyde olgun, fay hattının kuzeyinde ise gençtir. Yer yer kuzey drenajından akarsu kapmaları ve ötelenmeler de izlenir. Yüksek topografyaya sahip güney alanlarda akan akarsuların kolları tarafından derin kazılan vadilerin etkileri hipsometrik eğrilerde açıkça görülmektedir (Şekil 5). Morfolojik ötelenme ve kapmalar hipsometrik eğriler üzerinde anomaliler olarak izlenmektedir (Hurtrez, vd., 1999; Chen vd., 2003). Litoloji etkisinden çok drenaj alanlarında morfolojik ötelenme ve kapmaların etkisi görülmektedir. Mudurnu Çayı ve Uludere drenaj havzaları dışında diğer drenaj havzalarında (oklara dikkat ediniz) güncel bir kapma veya ötelenme eğride düzensiz bir gidişe neden olmaktadır (Şekil 5). Bu durum bölgede havzaların kuzeye doğru gençleştiğini göstermektedir.

Kocaeli Penepreni'nin kuzeye doğru çarpılmasını test etmek için Kocaeli Penepreni üzerinde yer alan ve akış yönü Kuzey Anadolu Fayı'na paralel iki drenaj alanı için asimetri faktörü uygulanmıştır (Şekil 2'deki L ve M drenaj alanları). Kayalar Dere drenaj havzası, Körfez'in kuzeyinde KAF Zonu'na yaklaşık 15 km mesafede Neojen öncesi temel kayaları üzerinde yer almaktadır. Sapanca Gölü'nün kuzeyinde yer alan bir diğer drenaj havzası da KAF Zonu'na 15 km mesafede Neojen öncesi temel kayaları üzerinde yer alır. Her iki havzada da drenaj havzası asimetrisi değerleri ($AF < 50$) seçilen her iki havzada da kuzeye eğimlenmeyi işaret etmektedir. KAF'ın bölgeye gelişyle birlikte Körfez'in kuzeyindeki bu alanın Karadeniz'e doğru eğimlendiği ve asimetrik yapı kazandığı ileri sürülmüştür (Emre vd., 1998). Asimetri faktörü sonuçları da bu görüşü desteklemektedir.



Şekil 5. Dokurcun fayı boyunca drenaj alanlarının hesaplanmış hipsometrik eğri ve integralleri, oklar ötelenme ve kapmalar sonucu oluşan anomalileri göstermektedir.



Şekil 6. a-Değirmendere ve Hacı b-Ulaşlı ve Kuruçay drenaj havzalarında hesaplanan Vf indeksleri

Hacı Dere (C), diğerleri de güney kuşağın üzerinde akan Ulaşlı Dere (E) ve Kuruçay Dere'dir (I) (Şekil 2). Her çalışılan vadi için mansabtan menbaya belirli mesafelerde bu indeks uygulanmıştır.

Vadi tabanları mansabtan menbaya doğru azalan ve daralan bir eğilim gösterir. Vf değerleri akarsu boyunca her 200 m'de bir hesaplanmak üzere (benzer jeolojik ve morfolojik özelliklere dayalı olarak) belirlenmiştir. Daha sonra çeşitli ölçeklerde seçilen 4 vadinin Vf indeks değerleri hesaplanmıştır. Bulunan Vf değerleri 0.07-4.5 aralığında değişmektedir (Şekil 6). Kuzey kuşakta bulunan Hacı Dere körfeze akan, dar ve derindeşilmiş bir vadiye sahip olduğundan Değirmendere'ye oranla daha düşük Vf değerlerine sahiptir (Şekil 6a). Oysaki güney kuşaktaki kuzeye bakan yamaçlarda derindeşilmiş vadiler olarak bilinen Ulaşlı ve Kuruçay Derelerinin Vf değerleri daha düşüktür (Şekil 6b).

Düşük değerlerin daha çok Kuzey Anadolu Fayı'nın güneyindeki vadilerde elde edilmesi bu dar vadilerde aktif bir yükselmeyi göstermektedir. Bu sonuçlar aynı havzaların hipsometrik analizinde elde edilen sonuçlarla birebir örtüşmektedir.

Değerlendirme ve genel sonuçlar

İzmit-Adapazarı çöküntüsü, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kuzey kolu üzerinde açılmış doğu-batı uzanımlı genç bir çukurluktur. Bu çukurluk kuzeyde penneplen, güneyde yüksek plato karakterli dağ kuşakları ile sınırlanmaktadır. Bölgenin bu morfotektonik çatısı kantitatif yöntemlerle incelenmiştir. Bölgenin morfometrik analizinden elde edilen sonuçlar şu şekilde yorumlanmıştır.

Kuzeyde Kocaeli Yarımadası'nın rölyefini tanımlayan penneplen üzerinde yer alan drenaj havzalarından Değirmendere (B), Şeytan (J) ve Harmanlar (K) Derelerinin hipsometrik analizlerinden yarı olgun hatta genç evreyi işaret eden sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 3). Karadeniz'e drene olan Göksu Dere'de (A) yarı olgun evreyi akarsular, topoğrafya eğimine paralel olarak güneyden kuzeye doğru akan, derine doğru aşın-

mış genellikle geniş vadilerden oluşur. Bu vadilerin enine profilleri U şekilli olup, Değirmendere havzasının Vf indeksi de bunu desteklemektedir (Şekil 6). Genellikle geniş tabanlı vadilerde aktif yükselme azdır veya yoktur (Ramirez-Herrera, 1994; Koukouvelas, 1998; Verrios vd., 2004). Buna bağlı olarak penneplen üzerindeki morfolojik evrim, aktif yükselmenin olmadığı, genellikle dayanımlı kayaların oluşturduğu litolojinin etkin olduğu yarı olgun bir evreyi yansıtmaktadır. İzmit Körfezi'nin KAF nedeniyle açılmasına bağlı olarak Geç Pliyosen döneminde Kocaeli Yarımadası'nın penneplen topoğrafyası Karadeniz'e doğru eğimlenerek asimetric bir yapı kazanmıştır. Penneplen yüzeyi üzerindeki iki drenaj alanı (L ve M) için yapılan morfometrik analiz (asimetri faktörü) bu görüşü desteklemektedir.

Ayrıca KAF'ın etkisiyle körfeze akan dereler kısa, dar ve derindeşilmiş vadilere sahip bir morfoloji sergilemektedir. Körfez'in kuzey kıyılarında üçgen yüzeyler de gelişmiştir. Hacı Dere'nin (C) hem hipsometrik analizi hem de Vf indeksi KAF ile ilişkili olarak Körfez'e bakan yamaçların daha genç olduğunu göstermektedir. Kirazlıyalı civarında dağ cephesi eğrilik oranının 1'e yakın olması fayın morfolojideki etkisini işaret etmektedir.

Çalışma alanının güney bölümünde yer alan Samanlı Dağları'nın orta ve batı kesiminde K-G yönelimli vadiler, uzun sırtlar ve alçak platoların hakim olduğu bir topoğrafya gelişmiştir. Plato düzlüklerinde kuzeye yönelimli gelişmiş, geniş tabanlı vadileri ile bilinen ve tabanlarında düşük enerjili akarsu rejimini yansıtan olgun bir drenaj ağı egemen olmuştur. Bu kesimlerde seçilen Yalakdere (D), Ulaşlı Dere (E) ve Kazıklı Dere (F) drenaj havzalarının hipsometrik analizleri bu görüşü desteklemektedir (Şekil 3). Buna bağlı olarak dayanımsız kayalar ihtiva eden bu alanlarda litolojinin daha etkili olduğu olgun bir evre belirlenmiştir. Kiraz Dere (G) drenaj havzası ise daha çok dayanımlı ve farklı kayalar (volkanik ve metamorfik kayalar) üzerinde bulunmaktadır. Ani litolojik değişimler hipsometrik eğriler üzerinde anomaliler vermektedir (Hurtrez, vd., 1999; Chen vd., 2003; Şekil 3).

Samanlı Dağları'nın orta kesiminde kuzeye bakan yamaçlarda derin deşilmiş vadiler ve kalın alüvyal yelpazeler başlıca morfolojik unsurlardır. Sapanca Gölü'nün güneyindeki bu bölgede D-B uzanan faylar alüvyal yelpazeler ile güneydeki ana kayaları birbirinden ayırırlar. Aygır Dere (G) ve Kuruçay Dere (I) drenaj havzaları kısmen dayanımlı ana kaya üzerinde akması, kısmen de fayların etkisiyle tektonik yükselmenin etkin olduğu genç bir evreyi yansıtmaktadır. Kuruçay Dere'nin Vf indeksi de bu görüşü desteklemektedir (Şekil 6).

Samanlı Dağları'nın doğu kesiminde yüksek plato yüzeyleri ve K-G yönelimli birbirine paralel derin deşilmiş vadiler başlıca morfolojik özelliklerdir. Dokurcun fayı bu bölgede güneydeki ana kayalar ile kuzeydeki alüvyal yelpazeler arasındaki sınırı oluşturmaktadır. Dokurcun fayı bu alanda seçilen drenaj havzalarını D-B yönünde kesmektedir (Şekil 4). 8 vadinin hipsometrik analizlerinden içbükey veya dışbükey eğriler elde edilmiştir (Şekil 4). Morfolojik analizler fay hattının güneyinde olgun, kuzeyinde ise genç evreyi yansıtmaktadır. Bu durum bölgede havzaların kuzeye doğru gençleştiiğini göstermektedir. Bunun yanında Mudurnu Çayı ve Uludere drenaj havzaları dışında diğer drenaj havzalarında (Şekil 4) Dokurcun fayı nedeniyle oluşan güncel kapma veya ötelenmeler hipsometrik eğrilerde düzensizliklere neden olmuştur (Şekil 5).

İzmit-Adapazarı çöküntüsü faylarla denetlenen, genellikle daha yayvan ve basamaklı bir morfoloji sergilemektedir. Çöküntünün kenarları boyunca (Acısu, Arifiye ve Kanlıçay civarında) dağ cephesi eğrilik oranları 1'e yakın elde edilmiştir. Bu durum Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolu ve onunla ilişkili fayların yarattığı morfolojik şekillendirmenin süregelen etkisini göstermektedir.

Kaynaklar

Bull, W. B., (1977). Tectonic geomorphology of the Mojave Desert, *U.S. Geological Survey Contract Report 14-08-001-G-394*, Menlo Park, CA, Office of Earthquakes, Volcanoes, and Engineering.

- Bull, W. B., (1978). Geomorphic tectonic classes of the south front of the Gabriel Mountains, California, *U.S. Geological Survey Contract Report 14-08-001-G-394*, Menlo Park, CA, Office of Earthquakes, Volcanoes, and Engineering.
- Chen, Y. C., Sung, Q. C., and Cheng K. Y., (2003). Along-strike variations of morphotectonic features in Western Foothills of Taiwan and its tectonic implications based on stream-gradient and hypsometric analysis, *Geomorphology*, **56**, 109-137.
- Cox, R. T., (1994). Analysis of drainage basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-blok tectonics: an example from the Mississippi Embayment, *Geological Society of America Bulletin*, **106**, 571-581.
- Hack, J. T., (1973). Stream profile analysis and stream gradient index, *U. S. Geological Survey Journal of Research*, **1**, 421-429.
- Hurtrez, J. E., Sol, C., Lucazeau, F., (1999). Effect of drainage area on the hypsometry from an analysis of small-scale drainage basins in the Siwalikhills (central Nepal), *Earth Surface Process and Landforms*, **24**, 799-808.
- Keller, E. A., and Pinter, N., (1996). *Active Tectonics: Earthquakes, uplift and landscape*. 338 p., Prentice Hall, New Jersey.
- Keller, E., A., (1986). *Investigation of active tectonics: use of surficial earth processes*. Ed. Wallace, R. E., In *Active Tectonics. Studies in Geophysics*, 136-147, National Academy Press, Washington, DC.
- Koukouvelas, I. K., (1998). The Egeion fault, earthquake-related and long-term deformation, Gulf of Corinth, Greece, *Journal of Geodynamics*, **26**, 2-4, 501-513.
- Le Pichon, X., Taymaz, T., and Şengör, A.M.C., (1999). The Marmara fault and the future Istanbul earthquake, Ed. Karaca, M., Ural, D. N., *Proceedings of ITU-IAHS International Conference on the Kocaeli Earthquake*, 17 August 1999, Istanbul Technical University Press House, Istanbul, 41-54.
- Le Pichon, X., Şengör, A. M. C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çađatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R., and Tok, B., (2001). The active Main Marmara Fault, *Earth and Planetary Science Letters*, **192**, 595-616.
- Lifton, N. A., and Chase, C. G., (1992). Tectonic, climatic and lithologic influences on landscape fractal dimension and hypsometry - implications

- for landscape evolution in the San-Gabriel Mountains, California, *Geomorphology*, **5**, 1-2, 77-114.
- Masek, J. G., Isacks, B. L., Gubbels, T. L., and Fielding, E. J., (1994). Erosion and tectonics at the margins of continental plateaus, *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, **99**, B7, 13941-13956.
- Ohmori, H., (1983). Changes in the hypsometric curve through mountain building resulting from concurrent tectonics and denudation, *Geomorphology*, **8**, 4, 263-277.
- Ramirez-Herrera, M. T., (1998). Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay graben, Mexican Volcanic Belt, *Earth Surface Process and Landforms*, **23**, 317-332.
- Schumm, S. A., (1986). *Alluvial river response to active tectonics*, Ed. Wallace, R. E., In *Active Tectonics. Studies in Geophysics*, 80-94, National Academy Press, Washington, DC.
- Strahler, A. N., (1952). Hypsometric (area-altitude curve) analysis of erosional topography, *Geological Society of America Bulletin*, **63**, 1117-1141.
- Şengör, A. M. C., Demirbağ, E., Tüysüz, O., Kurt, H., Görür, N., and Kuşçu, İ., (1999). A Preliminary note on the structure of the Gulf of Izmit: Implications for the westerly prolongation of the North Anatolian Fault, Ed. Karaca, M., Ural, D. N., *Proceedings of ITU-IAHS International Conference on the Kocaeli Earthquake 17 August 1999*, Istanbul Technical University Press House, Istanbul, 25-38.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., and Rangin, C., (2005). The North Anatolian Fault: A new look, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **33**, 37-112.
- Verrios, S., Zygouri, V., and Kokkalas, S., (2004). Morphotectonic Analysis in the Elikli fault zone (Gulf Of Corinth, Greece), *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XXXVI, *Proceedings of the 10th International Congress*, Thessaloniki, April 2004.
- Willgoose, G., and Hancock, G., (1994). Revisiting the hypsometric curve as an indicator of form and process in transport-limited catchment, *Earth Surface Processes and Landforms*, **23**, 7, 611-623.