

SOLDERE HAVZASININ JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE MORFOMETRİK YAKLAŞIM: JEOMORFİK İNDİSLER İLE BİR UYGULAMA

A. Evren ERGİNAL*
İsa CÜREBAL**

ÖZET

Soldere Havzasında drenaj kuruluşu ve gelişimi kaya direnci faktörü ve tektonik denetimlidir. Drenaj kuruluşunun ilk safhasında Kuzey Anadolu Fayı'nın Bursa-Ulubat kolu havzanın açıldığı platonun güneye doğru çarpılmasına yol açmış ve bu çarpılmış topografya üzerinde eğime konsekant ilk drenaj kuruluşu gerçekleşmiştir. Soldere'nin vadi yeri seçiminde KD-GB yönlü Soldere Fayı rol oynamıştır. Havzanın orta kesiminde izlenen D-B yönlü bir başka fay Soldere'nin Karakaya Formasyonu üzerinde gençleşmesine yol açmıştır. Morfometrik veriler arazi gözlemleri ile denştirildiğinde Soldere'nin kanal morfolojisi ile havza gelişiminin tektonik ile ilişkili olduklarını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bursa-Ulubat Fayı, Soldere, jeomorfik indisler, drenaj kuruluşu, gençleşme.

ABSTRACT

Drainage construction in the Soldere Basin is controlled by rock resistance and tectonic activities. In initial stage of drainage construction, the Bursa-Ulubat segment of the North Anatolian Fault caused the plateau to have been tilted southward that resulted in initial consequent drainage construction. The NE-SW-trending Soldere Fault has also played an important role on the alignment of the Soldere valley. An east-west trending normal fault in central part of the basin caused the Soldere Creek to cut into the Karakaya Formation. The combined morphometric data, field observations and geomorphic indices indicate that channel morphology and basin development in the catchment of Soldere Creek are tectonically induced.

Keywords: Bursa-Ulubat Fault, Soldere, geomorphic indices, drainage construction, rejuvenation.

Giriş

Aktif faylarla kontrol edilen drenaj havzalarında tektonik aktivitenin drenaj sistemleri üzerine etkileri, jeomorfik indislerle yapılan modellemeler ve morfometrik yaklaşımlar kullanılarak açıklanabilmektedir. Bu amaçla bir drenaj havzası içinde topografyaya ait ölçülebilir parametreler (boyut-yükselti ve eğim), topografya haritaları ve hava fotoğrafları üzerinden ele alınarak üretilen sayısal verilerden bir sahanın tektonikten etkilenme derecesi ortaya çıkarılabilir. Sayısal ham veri oluşturma aşamasında sayısal arazi modellemesi (Digital Elevation Model - DEM) yöntemini izlemek, verilerin hassasiyeti açısından fayda sağlamaktadır. Nitekim coğrafi koordinatları belirlenmiş ve amaca göre belli kontur aralıklarıyla sayısallaştırılmış bir sahanın morfometrik özelliklerinin çalışılması daha doğru sonuçlar vermektedir.

* Yrd. Doç. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Fakültesi

** Yrd. Doç. Dr., Balıkesir Üniversitesi Eğitim Fakültesi

Jeomorfik indis uygulaması çalışmalarında, incelenen sahanın morfolojik yapısına göre, basit matematiksel hesaplamalara dayalı olan indisler kullanılır. Örneğin faylarla kontrol edilen bir dağ cephesinin morfolojik evrimi ve aktif tektoniği incelenirken “Dağ Cephesi Sinuositesi (S_{mf})” ve dağ cephesinin etek boyunca uzunluğu (L_{mf}) ile düz bir çizgi boyunca uzunluğu (L_s) arasındaki oransal ilişki ele alınarak $S_{mf}=L_{mf}/L_s$ indis formülü uygulanmaktadır. Drenaj havzalarının incelenmesinde ise “Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral”, “Drenaj Havzası Asimetrisi”, “Akarsu Uzunluk-Gradyan (SL) İndeksi” ve “Vadi Tabanı Genişliği-Vadi Yüksekliği Oranı” gibi jeomorfik indisler kullanılabilir (Keller and Pinter, 1996). Bu çalışmada Ulubat Gölü’nün güneyinde, Bursa-Ulubat Fayının denetlediği blokta, güneye doğru uzanan ve Kocasu’ya bağlanan, 67.748 km² alana sahip Soldere havzası ele alınmıştır (Şekil 1). Havzanın jeomorfolojik gelişimi açıklanırken amaca uygun olarak bazı jeomorfik indisler örnek akarsu havzası üzerinde uygulanmıştır.



Şekil 1. Soldere Havzası'nın Lokasyon Haritası.

Amaç ve Yöntem

Çalışma sahası ve çevresinin 1/25.000 ölçekli topografya haritaları üzerinden coğrafi koordinatları belirlenmiş ve 20 m kontur aralığı ile AUTO-CAD programında sayısallaştırma işlemi yapılmıştır*. Bilgisayar ortamında sayısal olarak tanımlanan sayısal arazi modelleri (digital elevation model-DEM) XYZ formatlarından üretilmiştir. Elde edilen tüm veriler ARCGIS 8.1 programı kullanılarak ASCII formatına çevrilmiş, buradan tüm morfometri ve jeomorfik indis hesaplamaları yapılarak, elle veri oluşturma ve işlemenin doğurabileceği hatalar en aza indirgenmiştir. DEM üretiminde ERDAS Imagine 8.3 programı

* Sayısallaştırma işlemleri İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü BERKARDA Uzaktan Algılama ve CBS Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

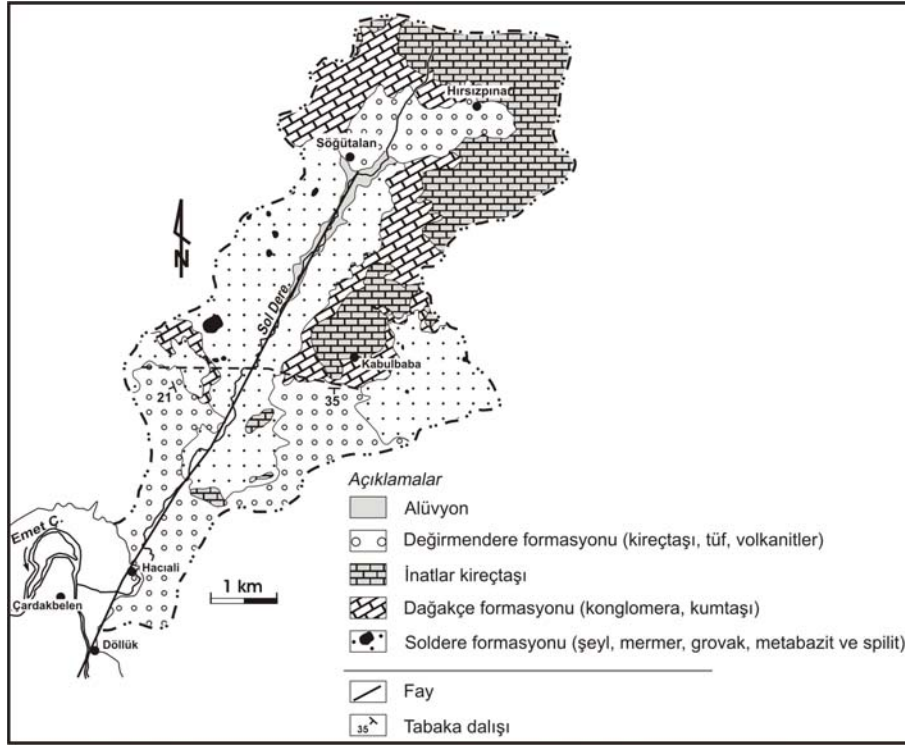
Soldere Havzasının Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım: Jeomorfik İndisler İle Bir Uygulama

kullanılmış, ayrıca bu görüntüler üzerine 2000 yılı LANDSAT ETM uydu görüntüleri bindirilmiştir.

Jeolojik Özellikler

Permo-Triyas yaşlı kireçtaşı olistolitleri içeren, şeyl, mermer, metabazit, arkoz, grovak ve spilit gibi çok değişik kayaçlar (Karakaya Formasyonu), havzanın az metamorfizma geçirmiş eski temelini oluşturur (Yalçınkaya ve Afşar, 1982; Şekil 2). Bu temel Soldere'nin "V" profili derin vadisinin açıldığı havzanın orta kesiminde geniş alanda yayılış gösterir ve uyumsuz olarak Jura-Alt Kretase'ye ait taban konglomerası, kumtaşı, ve kireçtaşları ile örtülür. Kireçtaşı, tuf ve çeşitli volkanitler içeren Miyosen yaşlı kayaçlar ise havzanın yukarı ve aşağı kesiminde dağınık bir yayılış göstermektedir.

Ulubat Gölü güneyinden geçen Bursa-Ulubat Fayı, havzada tektonik etkinliğin en önemli unsurudur. Soldere'nin KD-GB yönlü çizgisel bir vadi boyunca yerleştiği Soldere Fayı ise eski temeli ve Miyosen göl depolarını katederek havzanın aşağı kesiminde, Hacıali Köyü yakınında, M. Kemalpaşa Çayı'na kuzeye doğru ani bir dirsek yaptırır (Bulut ve Diğerleri, 1980).

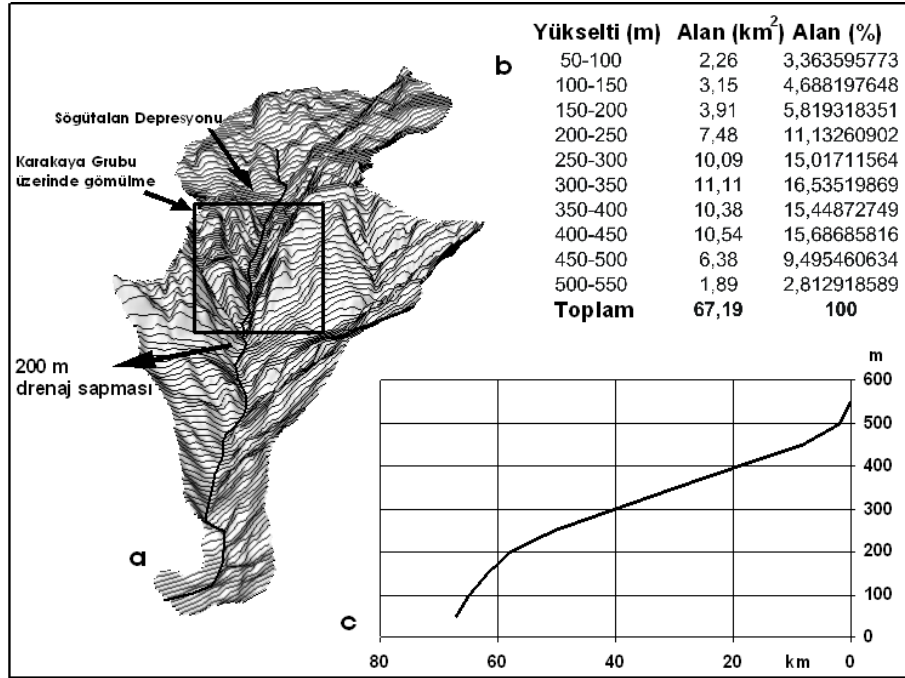


Şekil 2. Soldere Havzası'nın Jeoloji Haritası.

Morfometrik Analizler ve Jeomorfolojik İndisler

Soldere havzasında yükselti 50-500 m arasında değişir. Havzanın yukarı kesiminde, Miyosen göl depoları çevredeki Jura kireçtaşı ve konglomeralarına göre farklı aşınım gösterdiğinden güneye doğru eğimli ve daire şekilli küçük bir depresyon (Söğütalan Depresyonu) oluşmuştur. Bu kesimde dandritik bir şebekeyi toplayan Soldere, Söğütalan Köyü güneyinde Karakaya Formasyonu üzerinde aniden 300 m gömülür (Şekil 3a). Soldere Fayı'nın sağladığı 4.5 km uzunluktaki çizgisel yatak boyunca uzanan vadi tabanı alüvyonludur. Kabulbaba Köyü'nün 2 km batısında bu derin vadiden çıkan akarsu aniden batıya doğru 200 m kadar ötelenir. Bu drenaj sapması metamorfik temel ve Miyosen kayaları arasındaki dokanağı yapan doğu-batı yönlü bir faya bağlı olarak gelişmiştir. Ardından tekrar yüzeyleyen Miyosen göl depoları üzerinde daha yatık yamaçlı bir vadi boyunca akışını sürdüren Soldere, Hacıali Köyü civarında M. Kemalpaşa Çayı'na ulaşmaktadır.

Havzadaki yükselti kuşaklarının oransal dağılışı hesaplanarak oluşturulan hipsografik eğrinin logaritmik formu ve oransal değerler sahanın hala ve hızlı bir şekilde yükselmekte olduğunu göstermektedir (Şekil 3b-c). Güneye doğru çarpılma şeklinde etkin olan bu yükselmede kuzeydeki Bursa-Ulubat Fayı yanı sıra Kabulbaba Köyü batısında uzanan E-W yönlü normal fay da önemli bir faktör olmalıdır.



Şekil 3. Soldere Havzası'nın, Sayısal Arazi Modeli (a), Yükselti Basamaklarının Dağılımı (b) ve Hipsometrik Eğrisi (c).

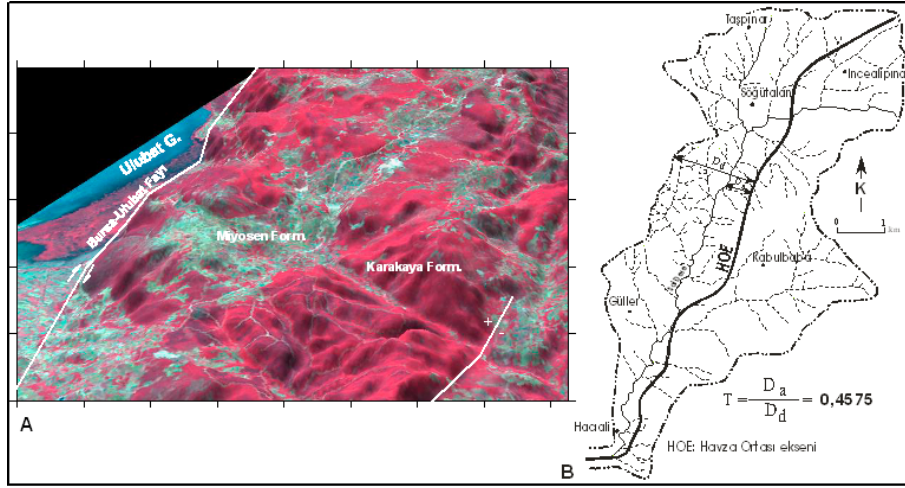
**Soldere Havzasının Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım:
Jeomorfik İndisler İle Bir Uygulama**

Akarsu havzalarında drenaj simetri ve asimetrisi havzayı denetleyen aktif tektonik deformasyonların tanımlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Hare and Gardner, 1985; Cox, 1994). Soldere drenaj havzası asimetri fonksiyonu açısından ele alındığında 67,748 km² olan toplam alan içinde belli bir asimetri oranı hesaplanmıştır. Soldere talveginin iki tarafında kalan havza bölümlerinin alanları doğu ve batıda sırasıyla 39,629 km² ve 28,119 km² dir. Yani talvege doğu kesiminden katılan yan kolların uzunluk ve drenaj alanları batı kesime göre daha uzundur. Bir asimetri indeksi olarak $T = D_a/D_d$ formülü yerine konduğunda (buna göre D_a havzanın ortasından geçirilen bir havza ortası eksenini veya çizgisinden aktif menderes kuşağına olan mesafedir; D_d ise havza ortası ekseninden subölümüne olan mesafeyi karşılar) yapılan işlem Şekil 4'te gösterilmiştir.

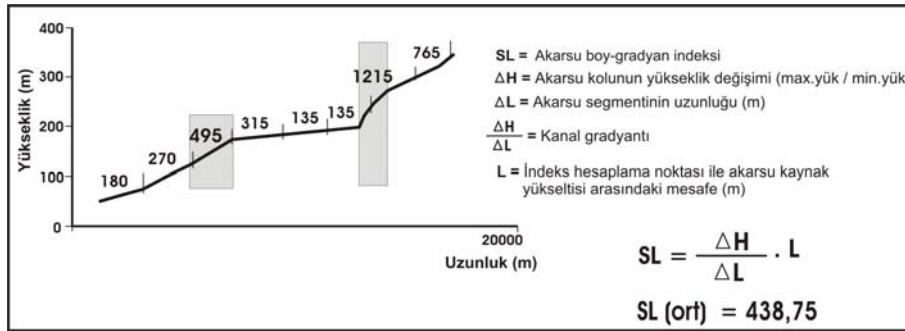
Buna (D_a/D_d) göre, göre havzada ortalama 0.4575 enine topografik simetri (T) hesaplanmıştır. Bu simetrisizlik değeri litolojiye bağlı değişkenler olmaksızın talvegin doğusundaki havza bölümünün daha hızlı geliştiğini ortaya koymaktadır. Tam simetri "0" ile kuvvetli asimetri "1" değerleri arasındaki bu değer havzadaki asimetrinin önemli bir oranda olduğuna işaret eder.

Soldere'nin kanal morfolojisi "Akarsu Uzunluk - Gradyan İndeksi" açısından değerlendirildiğinde $SL=(\Delta H/\Delta L)L$ formülü kullanılmıştır (Şekil 5). Buna göre SL akarsu boy-gradyan indeksini gösterirken, ΔH akarsu kanalının yükseklik değişimini (mak.yük / min.yük), ΔL akarsu segmentinin uzunluğunu, L ise indeks hesaplama noktası ile akarsu kaynak yükseltisi arasındaki mesafenin m olarak değerini ifade etmektedir.

Vadi kanalı boyunca olası tektonik aktivite, kaya direnci ve topoğrafya arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi amacıyla SL indeksi kullanılmaktadır (Hack, 1973; Edward ve Pinter, 2002). Soldere havzasında SL indeksi akarsuyun boyuna profilinin bükülmeli eğrisi boyunca iki noktada anomali göstermiştir. Bunlardan Kabulbaba Köyü batısında 200 m drenaj sapmasının bulunduğu orta kesimde hesaplanan $SL=495$ değeri doğu-batı yönlü fayın morfolojik izidir. Bu fay Soldere'nin Karakaya Grubu üzerindeki V şekilli ve maksimum 300 m yarılmaya gösteren genç vadisinin gelişimini de denetlemektedir. $SL= 1215$ değeri ise Söğütalan Depresyonu ile Jura kireçtaşı arasındaki aşınım dikliğinin morfolojik izidir ve tektoniğe dayalı bir eğim kırığı olarak değerlendirilmemiştir.



Şekil 4. Soldere Havzası'nın sayısal arazi modeli (A) ve Drenaj Haritası ile Topografik Simetri İndeksi (B).



Şekil 5. Soldere Talveg Profili Boyunca SL İndeksi Değerleri.

Son olarak “vadi tabanı genişliği-vadi yüksekliği oranı” indeksi olan $V_f = 2.V_{fw} / [(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})]$ formülü (Bull, 1977, Bull ve McFadden, 1977; Bull, 1978) uygulandığında ile tektoniğin yamaç profili üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İndis formülü ve hesaplama parametreleri Şekil 6’da gösterilmektedir. Yüksek V_f değerleri düşük yükselme (uplift) oranını ve dolayısıyla yamaç işlenmesini gösterirken, düşük V_f değerleri tektonik yükselme paralelinde kuvvetle kazılan vadileri karakterize edecektir. Böylece havzanın orta kesimindeki derin vadiye hesaplanan $V_f = 10$ değeri Karakaya Grubu üzerindeki derine kazmanın tektoniğe bağlı olduğunu göstermektedir.

08-001-G-394. Menlo Park, CA: Office of Earthquakes, Volcanoes, Engineering

Bull, W. B., and L. D. McFadden, (1977). Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In D. O. Doehring (ed.), *Geomorphology in Arid Regions*. Proceedings of the Eight Annual Geomorphology Symposium. Binghamton, NY: State University of New York at Binghamton, 115-138

Bulut, V., Erkal, T., Özcan, K. (1980), Mustafakemalpaşa (Bursa) Yöresinin Jeomorfolojisi, *The Geomorphology of Mustafakemalpaşa Area (Bursa-Western Anatolia)*, *Jeomorfoloji Dergisi.*, 9, 83-100.

Cox, R.T. (1994), Analysis of drainage basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment. *Geological Society of America Bulletin*, 106, 571-581.

Hack, J.T. (1973), Stream profile analysis and stream-gradient index. *U.S. Geological Survey Journal of Research*, 1, 421-429.

Hare, P.W., and Gardner, T.W. (1985), Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. In M. Morisawa and J.T. Hack (eds.), *Tectonic Geomorphology: Proceedings of the 15 Annual Binghamton Geomorphology Symposium*, September 1984. Boston: Allen & Unwin, 75-104.

Keller, E.A., and Pinter, N. 2002. *Active Tectonics*, 2nd edition, Upper Saddle River. New Jersey, Prentice Hall, 362 p.

Schumm, S. A. (1986), *Alluvial River Response to Active Tectonics*, *Studies in Geophysics*, Panel on Active Tectonics, National Academy Press, 80-94

Western, A. W., Finlayson, B. L., McMahon, T. A., O'Neill, I. C. (1997), A Method for Characterising Longitudinal Irregularity in River Channels, *Geomorphology*, 21, 39-51.