



Türkiye’de Ana Akarsu Havzaları Ölçeğinde Morfometrik İndislerle Sel/Taşkın Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

The Evaluation of the Relationship Between Morphometric Indices and Floods/Flash Floods at the Scale of Main River Basins in Turkey

Güldane Şeyma Nişancı¹ 

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim
Dalı, Kahramanmaraş, Türkiye

Mehmet Emin Cihangir² 

Muhterem Küçükönder² 
²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi,
Coğrafya Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

ÖZ

Hidrometeorolojik kaynaklı sel ve taşkın gibi kısa süreli jeomorfolojik olayların alansal etkisi, havza boyutuna bağlı değişmektedir. Morfometri havzanın boyutsal unsurlarını sayısal olarak ifade ederek, havzanın özellikle akarsu ve yamaç gibi dinamik süreçlere duyarlılığı konusunda önemli ipuçları sunmaktadır. Bu çalışma belirli düzeyde Türkiye’deki havzaların morfometrik dağılımını belirleme ve literatürde sel ve taşkın gibi olaylarla ilişkilendirilen morfometrinin, bu olaylara katkısını değerlendirme amacını taşımaktadır. Bu amaç doğrultusunda Türkiye’nin 14 ana havzası ve kapalı havzalar dahil olmak üzere 26 havzanın birincil düzeyde alt havzası için morfometrik analizleri SRTM 90 m SYM ile yapılmıştır. Analizler, çizgisel morfometri, alansal morfometri ve rölyef morfometrisini içermektedir. Çalışmada elde edilen bulgular hem ana havza hem de birincil alt havza düzeyinde ele alınmıştır. Havzalar arasındaki benzersiz özellikler morfometri ile ortaya konmuş, elde edilen sonuçlar topografik, jeomorfolojik ve jeolojik unsurlarla değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra Türkiye’de havza bazında gerçekleşen sel ve taşkın olay sayıları ile morfometri ilişkileri incelenmiştir. Ana ve alt havza düzeyinde sel ve taşkın frekansı, morfometrik değerler anlamlılık bakımından kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, havza, morfometri, sel-taşkın, SRTM 90m SYM

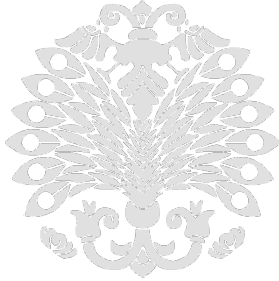
ABSTRACT

The spatial impact of short-term geomorphological events such as floods and flash floods varies depending on the size of the basin. The morphometry provides important clues about the susceptibility of a basin, particularly to dynamic processes such as rivers and slopes, by numerically expressing the dimensional aspects of the basin. This study aims, to a certain extent, to determine the morphometric distribution of basins in Turkey and evaluate the contribution of morphometry associated with events such as floods and flash floods to these occurrences in the literature. For this purpose, the morphometric analyses were conducted on a total of 26 basins, including the primary level sub-basins of Turkey’s 14 main basins and closed basins, using SRTM 90m DEM. These analyses encompass linear morphometry, areal morphometry, and relief morphometry elements. The findings obtained in this study have been addressed at both the main basin and primary sub-basin levels. Unique features among the basins have been identified through morphometry, and the results obtained have been associated with topographic, geomorphological, and geological elements. Additionally, the relationship between morphometry and the number of flood and flash flood events occurring in Turkey basins has been investigated. The flood and flash flood inundation frequency at both main and sub-basin levels have been compared with morphometric values in terms of significance.

Keywords: Turkey, basin, morphometry, flood-flash flood, SRTM 90m DEM

Giriş

Havza kavramı genel itibarıyla farklı disiplinlerde çeşitli kullanımlara sahip olmaktadır. Örneğin beşerî faaliyetlerde bölge karşılığı olarak tarım havzası, kömür havzası vb., olarak kullanılmaktayken, fiziki coğrafyada jeolojik havza, jeomorfolojik havza ve hidrografik havza olarak üçe ayrılmaktadır (Uzun & Garipağaoğlu, 2020). Bu çalışma kapsamında ele alınan hidrografik havza, tepe ve sırt gibi doğal sınırların su ayırımı çizgisini oluşturduğu, yağış-akışın toplandığı yüzey ve yeraltı sularının bir araya geldiği topografik yapıya karşılık gelmektedir (Garipağaoğlu & Uzun, 2019; Uzun & Garipağaoğlu, 2020). Eko-hidrolojik çalışmaların yürütüldüğü coğrafi bir ünite olan havzalar, doğal ve beşerî unsurların etkileşim ortamını oluşturmaktadır. Bundan dolayı havzalar, ekolojik dengeyi koruma ve sürdürülebilirlik açısından doğal kaynakların yönetim modeli olan havza yönetimi ve planlama açısından önemli bir ölçektir (Delipınar, 2017; Heathcote, 2009). Yönetim ve planlama uygulamalarında tüm süreçlerin havza ölçeğinde ele alınması ekolojik ve hidrolojik sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle havza planlamasının geliştirme ve yönetimi kapsamında ana görüş, çalışma alanı olarak akarsu havzalarının kullanılması yönündedir. Havza bazlı mekânsal planlamaların uzun vadede havzaların afetlere duyarlılığını azaltması ve havzaların dirençliliğini artırması beklenmektedir (Prawiranegara, 2014).



Geliş Tarihi/Received 29.03.2024
Kabul Tarihi/Accepted 03.06.2024
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2024

Sorumlu Yazar/Corresponding author:

Mehmet Emin Cihangir

E-mail: m.e.cihangir@gmail.com

Cite this article as: Nişancı, G. Ş., Cihangir, M.E., & Küçükönder, M. (2024). The evaluation of the relationship between morphometric indices and floods/flash floods at the scale of main river basins in Turkey. *Eastern Geographical Review*, 29(51), 13-40.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Bu kapsamda dünya çapında entegre havza yönetimine ilişkin çok sayıda çalışmayla bazı araştırmacılar mekânsal planlama çalışmalarının havza ölçeğinde yapılmasına dair öneri sunmaktadır (Cai ve ark., 2003; Cheng ve ark., 2014; Downs ve ark., 1991; Giakoumis & Voulvoulis, 2018; Ioris, 2012; Jaspers, 2003; Junier & Mostert, 2011; Lim ve ark., 2022; Mostert, 2003; Rosegrant ve ark., 2000). Coğrafya çalışmalarının genellikle havza temelli olduğu ülkemizde bu yaklaşımın önemi diğer disiplinlerce 2000'li yıllardan sonra anlaşılmış olup, araştırmacılar doğal havza sınırı olmadan Türkiye'yi 25 ana akarsu havzasına ayırmıştır (Delipinar, 2017; Efe & Aydın, 2009; Karadağ, 2007). Havza yönetimi, doğal kaynakların korunması, yaşam kalitesinin artırılması ve doğal afetlerin önceden tedbiri alınarak ekolojik, can ve mal kayıplarının önlenmesi hedefleri çerçevesinde tasarlanmaktadır. Genel bakış açısıyla havza yönetiminin görevi ekosisteme bütüncül yaklaşımla sürdürülebilir yönetim ve planlama sistemi sunmaktır. Bir fiziki ünite olan havzalar su toplanma ve akarsu ağına göre alt veya mikro-havza gibi daha küçük ünitelere bölünebilirler (Cihangir, 2018). Havzanın alt bölümleri üst havzanın özelliğini taşıyan bir parçası olabileceği gibi üst havzadan farklı jeomorfolojik ve jeolojik özellikler de yansıtabilirler. Planlamaların havzaların bu nitel (habitat kalitesi vb.) ve nicel özellikleri (morfometrik parametreler vb.) dikkate alınmadan yapılması doğal olayların afet boyutuna ulaşmasına neden olmaktadır. Havza morfometrisi, eğimden topografyaya, toprak durumundan akış özelliklerine kadar pek çok unsuru içeren bir perspektifle havza planlamasında önemli bir rol oynamaktadır (Sukristiyanti ve ark., 2018). Morfometri yer bilimleri terminolojisinde şekle ait unsurların kantitatif verilerle ifade edilmesi anlamına gelmektedir (Elebaşı & Özdemir, 2018; Keller & Pinter, 2002; Özdemir, 2011). Morfolojik açıdan daha kapsamlı ele alınan jeomorfometri yeryüzü şekillerinin sayısal analizleri bilimi olarak tanımlanmaktadır (Pike, 2000). Bu nedenle matematik, yer bilimi, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), uzaktan algılama ve bilgisayar bilimlerinin etkileşimi olarak ortaya çıkan jeomorfometrinin gelişimi bu bilimlerdeki gelişmeler ile bağlantılıdır (Hengl & Reuter, 2008; Pike, 1995, 2000; Pike ve ark., 2009; Rasemann ve ark., 2004). Geçmişten günümüze gelişimine baktığımızda Finsterwalder (1890) ve Gravelius (1914) vb. gibi araştırmacıların çalışmaları morfometri çalışmalarının ilk örnekleri olarak kabul edilmektedir. Horton'un (1932) akarsu havzaları çalışmasında jeomorfometrinin temelleri görülmektedir. Modern anlamda ise Strahler (1952) çalışmasında hipsometrik eğrinin tanımını yapmasıyla, Horton tarafından ortaya atılan akarsu dizinleme yönteminin gelişimine katkı sağlamıştır. Morfometrinin terimsel kullanımı 1957 yılında Chorley tarafından kullanılmıştır. Leopold & Maddock (1953), Chorley & Dale (1972), Gardiner (1975), Patton (1976), Keller ve Pinter (1996) ve Pike (2009) morfometri alanında yaptıkları çalışmalarla jeomorfometrinin gelişmesinde ve günümüzdeki haline gelmesinde önemli rol oynamışlardır. CBS teknolojisindeki gelişim, jeomorfometri çalışmalarının doğruluğuna ve çok yönlü uygulamalarına katkı sağlamıştır (Chandrashekar ve ark., 2015; Pankaj & Kumar, 2009; Steinke & Sano, 2011; Sukristiyanti ve ark., 2018; Youssef ve ark., 2011). CBS ve uzaktan algılama yaklaşımları, Horton (1945), Miller (1953), Schumm (1956) ve

Strahler (1964) gibi başlıca araştırmacıların ortaya koydukları indislerin kullanımını daha da kolaylaştırmıştır. 2000'li yıllardan sonra jeomorfometri çalışmalarının sayısı giderek artmış ve havza morfometrisi çalışmaları dünyada ve ülkemizde de önemli bir yer almaya başlamıştır (Al-Saady ve ark., 2016; Ali & Khan, 2013; Beg, 2015; Bogale, 2021; Demoulin, 2011; Elebaşı & Özdemir, 2018; Erginal ve ark., 2002; Fenta ve ark., 2017; Hurtrez ve ark., 1999; İmamoğlu, 2020; Karabulut & Özdemir, 2019; Kvarnäs, 2001; Marchi & Dalla Fontana, 2005; Özdemir & Bird, 2009; Reddy ve ark., 2004; Roy ve ark., 2023; Rudraiah ve ark., 2008; Segura ve ark., 2007; Shit ve ark., 2022; Sreedevi ve ark., 2013; Utlu & Özdemir, 2018; Vedat & Sunkar, 2015; Zorer & Tonbul, 2019). Havza morfolojik şekillenmesinde etkili olan aşınma ve tektonik etkinin yanı sıra sel, taşkın ve yamaç süreçlerine yakınlığını açıklayan jeomorfometrik analizler alansal, çizgisel ve rölyef morfometrisi olarak sınıflandırılmaktadır (Bozdoğan & Canpolat, 2023; Görgülü & Göl, 2021; Özdemir, 2011; Yıldırım & Karadoğan, 2011). Bu analizler havzanın özellikle eğim, rölyef gibi topografik koşulları, infiltrasyon gelişimi, yüzey suyu birikim alanları gibi zemin koşullarının uygunluğu hakkında fikir vermektedir (Özdemir & Bird, 2009). Havza planlanmasında önemli bilgiler sunan morfometrik analiz, havzadaki morfolojik değişikliklere neden olan dinamiklerin gelecekteki durumlarına yorum getirerek afet çalışmaları, mekânsal planlama aşamaları gibi yönetim süreçlerine katkı sağlamaktadır (Dursun & Babalık, 2023; Pakhmode ve ark., 2003; Thomas ve ark., 2011).

Çalışmanın Amacı

Son yıllarda tüm ölçeklerde mekânsal planlama çalışmalarında farklı amaçlar ile morfolojik süreçlerin değerlendirilmesi amacıyla birçok kaynaktan ücretsiz ve açık paylaşımlı, farklı mekânsal, zamansal çözünürlükte ham veri olarak sayısal yükselti modellerine (SYM) erişim sağlanabilmektedir (Nelson ve ark., 2009). Bu veriler arasında yatay ve düşey yüksek çözünürlüklü ve metre altı doğruluklu topografya haritaları, GPS ve LİDAR kaynaklı yükselti verilerinden üretilen SYM bulunmaktadır. Yüksek maliyet ve veri üretim süreçlerinin yoğun iş ve donanım gücü gereksinim ortaya çıkarması nedeniyle çoğunlukla uygulama imar planları gibi büyük ölçekli mekânsal çalışmalarda kullanılmaktadırlar (Ouma, 2016, Resmî Gazete, 2014). Orta mekânsal çözünürlük sunan yatay ve düşey yükselti doğruluğu metre üzeri olan (7 ile 50 metre arası) açık erişimli uydu kaynaklı SRTM, ASTER GDEM, SPOT ve ALOS-PALSAR yükselti modelleri (Bihter ve ark., 2020; Bildirici & Abbak, 2017; Nelson ve ark., 2009) ise düşük maliyet ve daha az düşük iş ve donanım gücü gereksinimi sunmaktadır. Bu nedenle orta ölçekli havza planlamaları, heyelan, taşkın, erozyon tehlike ve duyarlılık analizleri gibi çalışmalarda uydu kaynaklı SYM verileri kullanılmaktadır (Bogale, 2021; Cihangir, 2022; Coşkun & Öztürk, 2021; Hajam ve ark., 2013; Nelson ve ark., 2009; Özdemir, 2011).

Bu çalışma Türkiye'deki ana akarsu havzaları ve bu havzaların alt havzalarına ait çizgisel, alansal ve rölyef jeomorfometrik özelliklerinin analizini ve havza ölçeklerinde karşılaştırılmasını hedeflemektedir. Çalışmada SRTM verisi 16 m düşey 20 m yatay doğruluğu (Nelson ve ark., 2009) ve çalışma ölçeği için optimum donanım gereksinimi sunması ve birçok bölgesel ölçekli çalışmada yaygın olarak kullanılması ve dolayısıyla elde edilen sonuçların

diğer çalışmalar ile karşılaştırılmasını sağlayacağı için tercih edilmiştir. Aynı zamanda bu çalışmanın farklı özelliklere sahip altlık veri kullanımının jeomorfometrik indis sonuçları üzerindeki değişiminin vurgulanması açısından da önemli olduğu düşünülmektedir.

Çalışma kapsamındaki Meriç-Ergene, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Sakarya, Yeşilırmak, Kızılırmak, Seyhan, Asi, Ceyhan, Fırat, Dicle, Çoruh, Aras havzaları Türkiye'nin en büyük nehirlerine karşılık gelmektedir. Bunlar ana havza kapsamında değerlendirilmiştir. Diğer havzalara ait morfometri değerlendirmeleri ise alt havza olarak detaylandırılmıştır. Çalışma farklı disiplinlerden kullanıcılara Türkiye'de farklı çözünürlükte altlık bir veri üzerinden ana ve alt havza düzeyinde üretilmiş drenaj havzaları ile morfometrik analiz çalışma sonuçlarını karşılaştırma imkânı sunmaktadır.

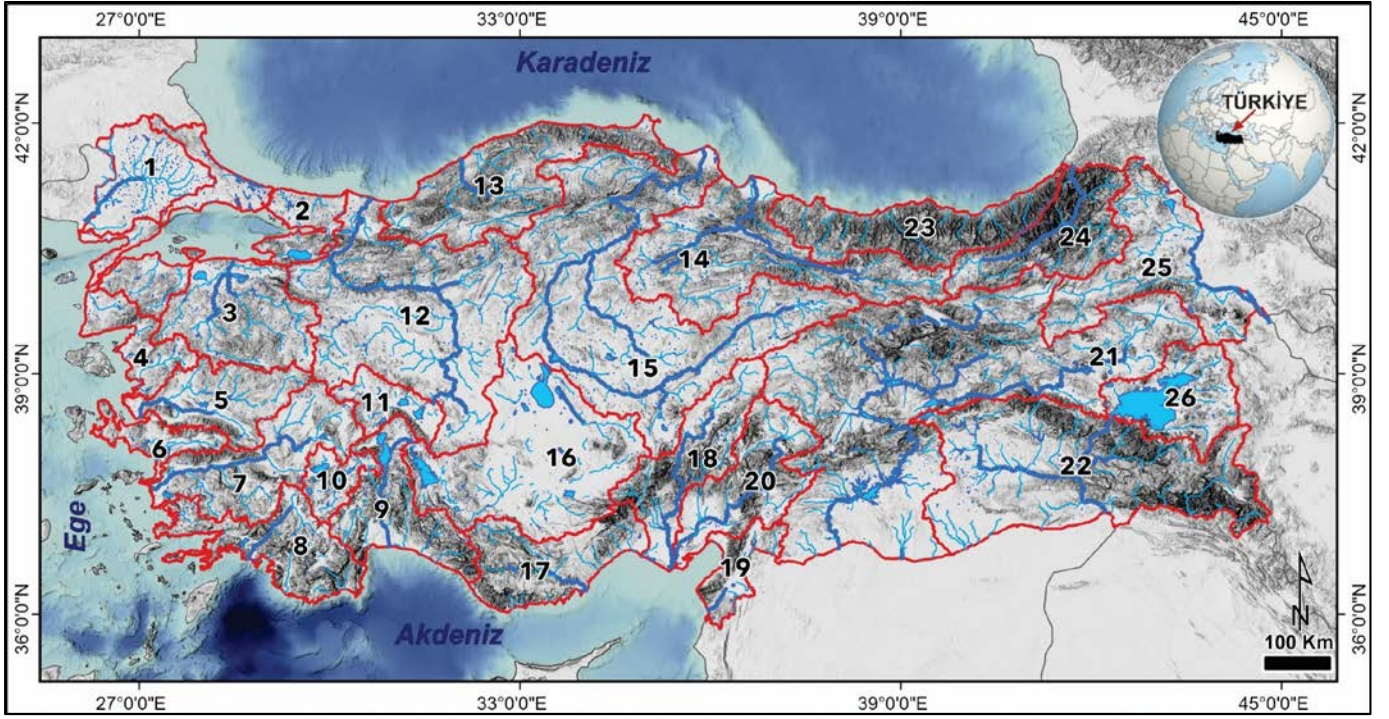
Bu çalışmanın diğer bir hedefi ise hidrometeorolojik kaynaklı afetler kapsamında ülkemizde öne çıkan sel ve taşkın olayları ile bu çalışma kapsamında üretilen alt havza ölçeğinde hesaplanan morfometrik indisler arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır. Bölgesel ölçekte (havza ölçeğinde) sel/taşkın olaylarının morfometrik indisler yardımıyla önceliklendirme (*ing. prioritization*), duyarlılık ve tehlike gibi yaklaşımlarla incelenmesine odaklanan çalışmalarda havza morfometrik indisler ile hidrolik modellemeler arasında tutarlılık olduğunu (Ahmed ve ark., 2021; Avcı & Ünsal, 2023; Biswas ve ark., 2014; Özdemir & Akbaş, 2023) gerçekleşen ve potansiyel taşkın/sel olaylarını etkileyen hidrolik davranışlarının anlaşılmasında morfometrik parametrelerin belirleyici olduğunu bildirmektedirler (Ahmed ve ark., 2021; Bhatt & Ahmed, 2014; Ghasemlounia & Utlu, 2021; Sutradhar & Mondal, 2023). Bu doğrultuda alt havzalar ölçeğinde elde edilen jeomorfometrik parametrelerin kendi arasında ve ulusal ölçekte gerçekleşmiş taşkın ve sel olayları ile arasında bir ilişkinin olup olmadığını belirlemek üzere çapraz karşılaştırma korelasyon analizi uygulanmıştır. Parametreler içinde ve taşkın/sel olayları arasında belirleme katsayıları hesaplanarak incelenmiştir.

Çalışma Sahasının Özellikleri

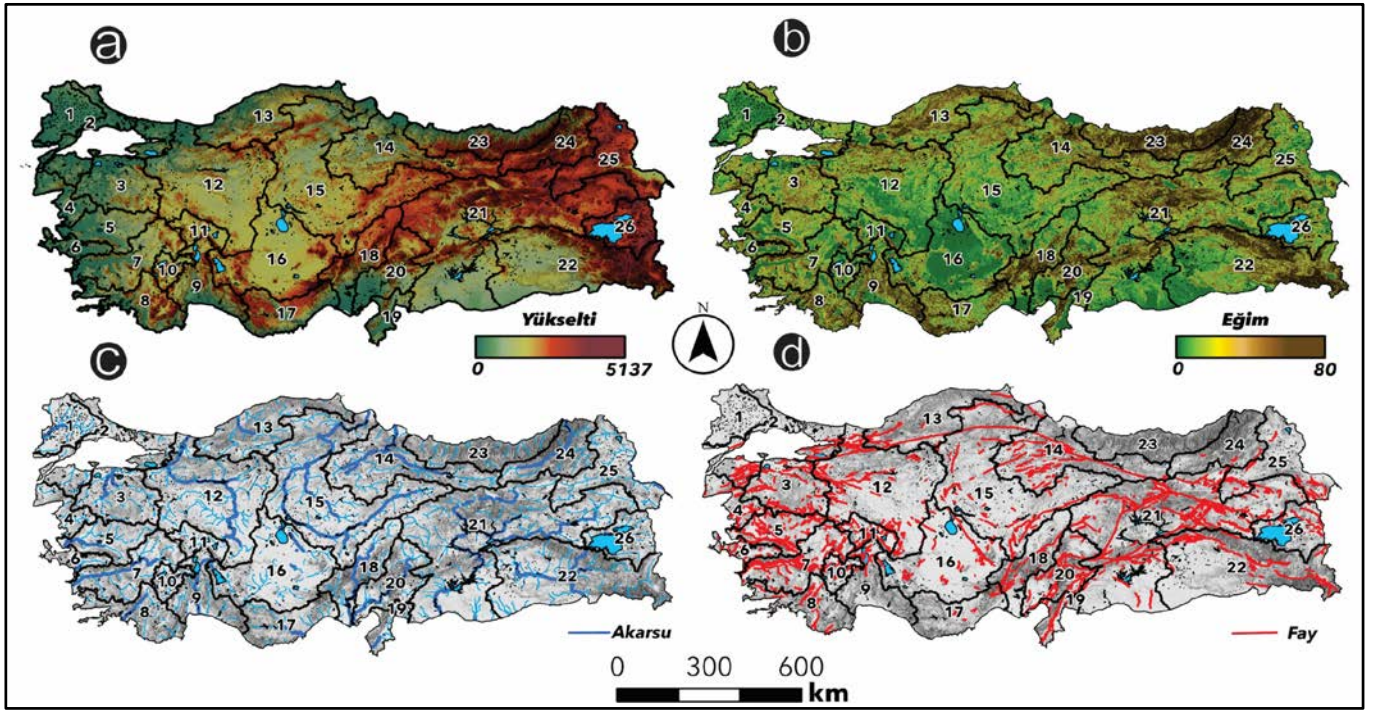
Türkiye, topraklarının büyük bölümü Anadolu'da, küçük bir bölümü ise Balkanlar'ın güneydoğu uzantısı olan Trakya'da yer alan toplam yüz ölçümü 783.562 km² olan kıtalararası bir ülkedir. Ülke, Bulgaristan'la kuzeybatıda, Yunanistan'la batıda, Gürcistan'la kuzeydoğuda, Ermenistan, İran ve Azerbaycan'la doğuda, Irak ve Suriye'yle güneydoğuda komşudur (Şekil 1). Ayrıca, güneyinde Kıbrıs ve Akdeniz, batısında Ege Denizi ve kuzeyinde Karadeniz bulunur. Marmara Denizi ise İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı ile Anadolu'yu Avrupa'dan ayırır. Türkiye'nin Afrika-Arabistan-Avrasya arasında yer almasından dolayı jeomorfolojik gelişimi büyük ölçüde bu üç levhanın tektonik hareketlerine bağlı olarak ortaya çıkmıştır. SRTM verisine göre maksimum yükseltisi 5178 metre, ortalama yükseltisi ise 1141 metredir (Elibüyük & Yılmaz, 2010) (Şekil 2a). Türkiye, kuzeyde Kuzey Anadolu Dağları ve güneyde Toros Dağları ile ortalama yükseltinin (1434 m) fazla olduğu bir ülkedir. Türkiye'de ortalama eğimin 9° olmakla birlikte 80°'ye kadar dağlık bölgelerde ulaşmaktadır. Ortalama eğim Doğu Anadolu ve Karadeniz'de rölyefin kısa mesafede değiştiği dağlık kesimlerde daha yüksektir

(Şekil 2b). İklim açısından ise Karadeniz, Akdeniz ve Karasal iklim olarak üç ana başlıkta sınıflandırılmaktadır (Atalay, 2010). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Doğu Karadeniz kıyıları çok nemli-nemli (A, B4, B3 ve B2), Batı Karadeniz kıyıları, Marmara ve Akdeniz kıyıları nemli (B1 ve B2) ve yarı nemli (C2) olup bu kıyılara yakın iç kesimler yarı nemli (C2), Ege ve iç kesimleri yarı kurak-az nemli (C1), Doğu Anadolu yarı kurak-az nemli ve yarı nemli (C1 ve C2), Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu'da yarı kurak (D) iklim etkilidir (Thornthwaite, 1948). Karadeniz havzası nem açısından zengin olup en nemli bölge Doğu Karadeniz Rize çevresi oluşturmaktadır. Karasal iklimin hâkim olduğu iç bölgeler kurak olup en kurak alanları Fırat ve Dicle havzasının güneyi ve Konya kapalı havzası oluşturmaktadır. Uzun yıllar, yıllık ortalama (1991-2020) yağışın 573,4 mm olduğu ülkede alansal yağışlar ortalama 10 yıllık periyotta ortalamanın üstüne çıkmaktadır (Yılmaz, 2020). Aynı zamanda şiddetli yağışlarda meydana gelen artışlar meteorolojik kökenli afetleri tetiklemektedir (Mutar, 2023).

Çalışma alanı olan Türkiye, Alp-Himalaya Orojenez sistemi içerisinde yer almakta olup tektonik açıdan oldukça aktiftir. Arap-Afrika ve Avrasya levhasının Geç Kretase'den başlayan yakınlaşması Neotetisin kapanmasına neden olmuştur. Bu sıkıştırma rejimi, Orta Miyosende Anadolu levhası üzerinde deformasyonlar meydana getirmiştir (Dewey ve ark., 1986; McKenzie, 1972; Şengör & Yılmaz, 1981). Bu deformasyon sonucu Arap levhası ile Avrasya levhası arasındaki kıta-kıta çarpışması ve Arap levhasının Avrasya levhasına kuzey yönlü baskısı sonucu levhalar arasında Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF) transform fayları gelişmiştir (Şengör, 1980; Şengör & Yılmaz, 1981). Oligo-Miyosende bugünkü görünümüne ulaşan ve Alpin sıradağlar kuşağı içinde yer alan Türkiye batıda Ege Denizi'nden başlayıp Van Gölü'ne kadar uzanan sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayı, güneyde Kızıldeniz'den başlayıp Hatay'a kadar uzanan Ölü Deniz Fayı, Hatay'dan başlayıp Erzincan civarından Kuzey Anadolu Fayı ile kesişen Doğu Anadolu Fayı, Adıyaman civarından Hakkâri'ye kadar uzanan Güneydoğu Anadolu Bindirme Zonu ve Batıda Ege Graben Sistemini oluşturan fay sistemleri tarafından kontrol edilmektedir (Okay, 2008; Okay & Tüysüz, 1999; Şengör & Yılmaz, 1981) (Şekil 2d). Bu fay sistemleri ülkede sık sık depremlere neden olmaktadır. Jeomorfolojik gelişiminde oluşan transgresyon (deniz ilerlemesi) ve regresyonlar (deniz gerilemesi) ülkenin şekillenmesine katkı sağlamıştır. Çoğu jeolojik devire ait formasyon barındıran Türkiye'nin büyük bölümünde genç örtü olarak Tersiyer yaşlı birimlere rastlanmaktadır (Arpat & Şaroğlu, 1975).



Şekil 1. Çalışma Alanının Lokasyon Haritası (Havzalar: 01 Meriç-Ergene, 02 Marmara, 03 Susurluk, 04 Kuzey Ege, 05 Gediz, 06 Küçük Menderes, 07 Büyük Menderes, 08 Batı Akdeniz, 09 Antalya, 10 Burdur, 11 Akarçay, 12 Sakarya, 13 Batı Karadeniz, 14 Yeşilırmak, 15 Kızılırmak, 16 Konya Kapalı, 17 Doğu Akdeniz, 18 Seyhan, 19 Asi, 20 Ceyhan, 21 Fırat, 22 Dicle, 23 Doğu Karadeniz, 24 Çoruh, 25 Aras, 26 Van Gölü).



Şekil 2. Çalışma Alanı Genel Coğrafi Özellikleri. a: Yükselti Haritası, b: Eğim Haritası, c: Hidrografi Haritası d: Aktif Fay Haritası (Emre ve ark., 2013; Kürçer ve ark., 2023; Parlak ve ark., 2023).

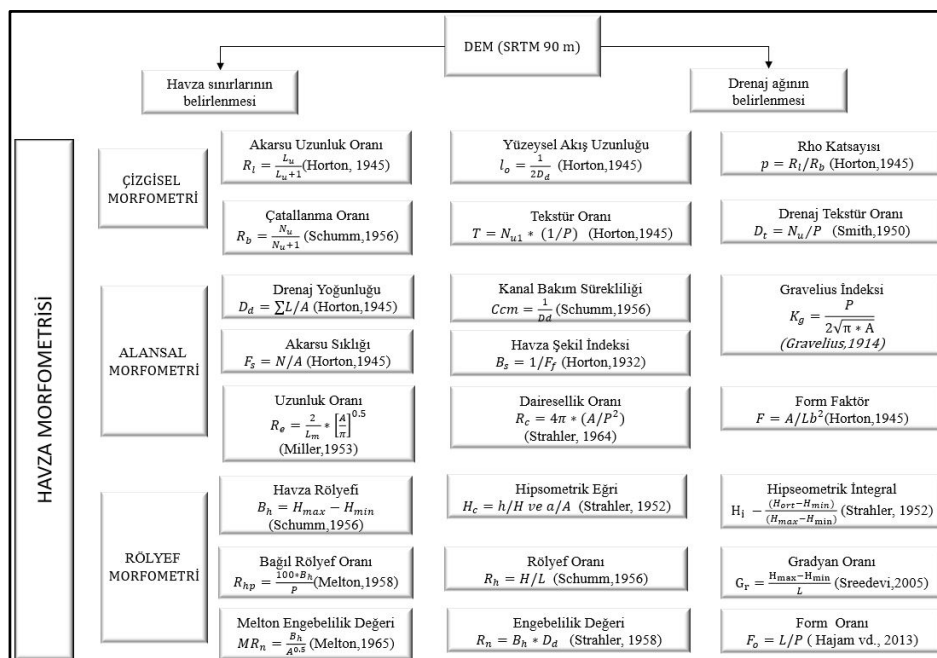
Yöntem

Çalışmada SRTM Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) (*İng. Digital Elevation Model*) kullanılarak çalışma sahasına ait akarsu ağları, SAGA ve ArcGIS yazılımları kullanılarak otomatik ve yarı otomatik olarak oluşturulmuştur. Bu çalışma ana havza ve birinci dereceden alt havza çalışması olduğu için akış eşik değeri belirli düzeyde tutulmuştur. Eşik değeri alt havzanın altında mikro havza düzeyinde çalışmalarda kullanılan SYM'nin çözünürlüğünün yüksek olmasıyla daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada akış yönü (*ing. flow direction*) D8 yöntemi ile belirlenen akarsu ağlarından ana havzalar ve akış bağlantı noktaları belirlenerek ana havzalara ait alt havzalar ortaya konulmuştur (Das & Saikia, 2012). Strahler yöntemine göre akarsu dizinleri, havzalara ait alanlar, ana akarsu uzunlukları vb. temel hesaplamalar yapıldıktan sonra çizgisel, alansal ve rölyef morfometri formülleri tatbik edilerek analizler yapılmıştır (Şekil 3). Havzalara ait alansal hesaplamalar projeksiyon koordinat sisteminde WGS 1984 lokal datumda (35, 36, 37, 38) yapılmıştır. Çalışma tüm Türkiye'yi kapsadığı için haritaların gösteriminde WGS 1984 coğrafik koordinat sistemi kullanılmıştır. Tüm Türkiye ana havzalar ve alt havzalar oluşturulmasının ardından çizgisel (akarsu uzunluk oranı, çatallanma oranı, yüzeysel akış uzunluğu, tekstür oranı, rho katsayı, drenaj tekstür oranı), alansal (drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, uzunluk oranı, form faktör, gravelius indisi, dairesellik oranı, kanal bakım indisi, havza şekil oranı) ve rölyef (havza rölyefi, rölyef oranı, bağıl rölyef oranı, engebelilik değeri, melton engebelilik değeri, hipsometrik eğri, hipsometrik integral, gradyan oranı, form oranı) morfometri analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ana ve alt havzalar olarak yorumlanmıştır.

Sonuçlar ana havzalar ve ana havzalar içerisindeki alt havza sonuçlarının ortalaması olarak ele alınmıştır. Literatürde morfometrik indis sonuçları verilen bulgular bölümünde Ergene Havzası (Turoğlu & Aykut, 2019) ve Doğu Akdeniz Havzası (Coşkun

& Öztürk, 2021) için ALOS PALSAR; Kızılırmak Havzası (Erdede & Öztürk, 2016) için ASTER GDEM, Biga Çayı Havzası (Utlu & Özdemir, 2018), Marmara (Elebaşı & Özdemir, 2018), Tuzla Derisi (Özdemir & Bayrakdar, 2007), Karasu Çayı Havzası (Karataş, 2007) ve Akçay Havzası (Koçyiğit & Akay, 2018) için 1/25000 topografya haritaları kullanılarak üretilmiş SYM altlık verileri kullanılmıştır. Bu çalışma SRTM 90 m altlık SYM ile üretilen indis sonuçları ile diğer farklı kaynaklardan üretilmiş farklı çözünürlüğe sahip SYM'lerin kullanılmasından dolayı hesaplanan indis değerlerinde farklılıklar değerlendirilmiştir. İndislerin hesaplama sürecinde farklı sonuçların ortaya çıkmasında etkili olan diğer bir durum ise akarsu ağı oluşturulurken tercih edilen eşik değeridir. Özellikle akarsu uzunlukları, dizin sayılarının kullanıldığı çizgisel ve alansal morfometri indislerinde bu eşik değeri önem kazanmaktadır.

Hidrometeorolojik kaynaklı afetler kapsamında ülkemizde öne çıkan sel ve taşkın olayları ile bu çalışma kapsamında üretilen alt havza ölçeğinde hesaplanan morfometrik indisler arasındaki ilişkiyi yorumlayabilmek amacıyla korelasyon analizi uygulanmıştır (Chun & Griffith, 2013). İki değişken arasında en temel anlamda bir ilişki veya birlikte değişim durumunun olup olmadığını sorgulama imkânı veren korelasyon analizi eşit aralıklı ve oran ölçeğe örneklem kümesine uygulanmasında her bir parametre ve olay sayısı arasında bir saçılma grafiği oluşturulmuştur. İkinci adımda en küçük kareler yöntemiyle doğrusal regresyon eğrisi çizilmiş ve son adım olarak belirleme katsayısı hesaplanmaktadır (Çubukçu, 2015; Johnston ve ark., 2001). Ülkemizde 1952-2008 yılları arasında gerçekleşen sel ve taşkın olayları alt havzalar ile eşleştirilerek her havza için toplam olay sayısı hesaplanmıştır. Alt havza ölçeğindeki olay sayısı ile hesaplanan morfometrik indisler arasında ilişkinin açıklama gücünü belirlemek amacıyla ise belirleme (determinasyon) katsayıları hesaplanmıştır (Johnston ve ark., 2001).



Şekil 3. Yönteme İlişkin Akış Şeması.

Bulgular

Tüm Türkiye ana havzalar ve alt havzalar çizgisel (akarsu uzunluk oranı, çatallanma oranı, yüzeysel akış uzunluğu, tekstür oranı, rho katsayı, drenaj tekstür oranı), alansal (drenaj yoğunluğu,, akarsu sıklığı, uzunluk oranı, form faktör, gravelius indisi, dairesellik oranı, kanal bakım indisi, havza şekil oranı) ve rölyef (havza rölyefi, rölyef oranı, bağıl rölyef oranı, engebelilik değeri, melton engebelilik değeri, hipsometrik eğri, hipsometrik integral, gradyan oranı, form oranı) morfometrik özellikleri açıklanmış ve sel/taşkın olayları ile aralarındaki ilişki incelenmiştir.

Çizgisel Morfometri

Akarsu Uzunluk Oranı (R_l)

Bir havzadaki akarsu uzunluk oranını (*ing. stream length ratio*) elde etmek için havzaya ait akarsu dizinleri kullanılmaktadır. Dizin uzunluklarının, bir üst dizin uzunluğuna oranlanması ile akarsu uzunluk oranı elde edilmektedir (Horton, 1945) ve en son bütün havzaların ortalaması alınarak havza için ortalama akarsu uzunluk oranı (R_l) bulunmaktadır (Özdemir, 2011). Akarsu uzunluğu, yüzey akış özelliklerini ortaya koyması nedeniyle havzanın en önemli hidrolojik özelliklerinden biridir. Nispeten daha küçük uzunluk oranları, daha yüksek eğimlere ve daha ince dokulara sahip drenaj sistemlerinin karakteristik özelliği olmaktadır. Daha uzun akarsu uzunluk oranları ise genellikle daha düşük eğimin göstergesidir (Waikar & Nilawar, 2014). Akarsu uzunluk oranı yüzeysel akış ve havzada meydana gelebilecek erozyon için önemlidir (Zaidi, 2011). Ardışık akarsular arasındaki R_l düzeni, eğim ve topografik koşullardaki farklılıklara bağlı olarak değişmektedir (Dursun & Babalık, 2023; Sreedevi ve ark., 2005). Düşük R_l değeri akarsuyun kolay drene edilebildiğinin ve uzunlamasına gelişim gösteren bir havzanın varlığına işaret etmektedir (Özdemir, 2011). Yüksek R_l değeri, akışa geçen yüzey sularının yüksek miktarda su taşıdığını ve yüksek taşkın oluşturma potansiyelini ifade ederken, düşük R_l değeri daha az miktarda taşınan suyu ve düşük taşkın potansiyelini temsil etmektedir (Dursun & Babalık, 2023).

$$R_l = \frac{L_u}{L_{u+1}} \quad (\text{Formül 1})$$

Strahler (1952) tarafından derecelendirilen akarsu dizinlerinden elde edilen Akarsu Uzunluk Oranı (R_l) eşitliğinde; L_u dizin uzunluğunu temsil ederken, L_{u+1} ise bir sonraki dizin uzunluğunu temsil etmektedir (Formül 1). Sonuç değerler havzalardaki akarsu ağının ne kadar gelişmiş olduğunu göstermektedir. 14 ana havza ve 1847 alt havza için hesaplanan R_l değerleri, havzalar arasında önemli farklılıklar göstermektedir. R_l değerleri 1,86 ile 11,61 arasında değişmektedir (Şekil 4). Ana havzalar arasında en düşük R_l değerine sahip havza, Büyük Menderes'tir (1,29). En yüksek R_l değerine sahip havza ise Seyhan'dır (11,6). Bunların dışında Aras 2,78, Sakarya 2,55, Küçük Menderes 2,22, Asi 2,17, Meriç-Ergene 2,13, Ceyhan 2,05, Gediz 2,00, Fırat 1,93, Dicle 2,31, Kızılırmak 1,93, Büyük Menderes 1,90, Çoruh 1,88 ve Yeşilirmak havzası ise 1,86 R_l değerine sahiptir (Şekil 5). Ana havzalara ait alt havzalar bakımından Asi ve Sakarya

havzalarının uzunluk oranları havzalara ait dizinlerin uzunluğu, havzanın yatak eğimi ve çevresel uzunluğu vb. faktörlerden dolayı genel ortalamanın üzerinde bir değere sahiptir (Şekil 6, Tablo 1). Ayrıca, benzer morfometri çalışmalarında farklı havzaların R_l değerlerinin hesaplandığı ve bu değerlerin su akışı özelliklerinin anlaşılmasına katkı sağladığı tespit edilmiştir. Diğer morfometri çalışmalarında Ergene Havzası 3,56 (Turoğlu & Aykut, 2019), Biga Çayı Havzası 1,95 (Utlı & Özdemir, 2018), Doğu Akdeniz Havzası 2,0 (Coşkun & Öztürk, 2021), Kızılırmak Havzası 1,93 (Erdede & Öztürk, 2016), Marmara 7,04 (Elebaşı & Özdemir, 2018), Tuzla Deresi için 11,1 (Özdemir & Bayrakdar, 2007), Karasu Çayı Havzası 8,42 (Karataş, 2007), Akçay Havzası 0,47 (Koçyiğit & Akay, 2018) R_l değeri hesaplanmıştır.

Çatallanma Oranı (R_b)

Çatallanma oranı (*ing. bifurcation ratio*), verilen herhangi bir sıradaki dizin sayısının bir sonraki yüksek sıradaki dizin sayısına oranını temsil etmek için kullanılır (Horton, 1945).

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (\text{Formül 2})$$

Çatallanma Oranı " R_b " eşitliğinde; N_u dizin sayısını, $N_u + 1$ ise bir sonraki dizin sayısını temsil etmektedir (Formül 2). Havzaya ait şekli, akış ve taşkın durumunu gösteren çatallanma oranı değeri yüksekse taşkın riski yüksek olarak yorumlanmaktadır. Ayrıca R_b değeri havzanın gelişimi hakkında da bilgi vermektedir. Düşük R_b değeri çıkan havzalar uzunlamasına gelişim gösterirken, yüksek R_b değerleri dairesel havzaların varlığını göstermektedir. 3,0 ila 5,0 aralığında çatallanma oranına sahip havzaların jeolojik yapı içindeki drenaj düzeni bozulmamaktadır (Dursun & Babalık, 2023; Jain ve ark., 2015). Yüksek R_b değeri, şiddetli yüzeysel akış dolayısıyla daha fazla erozyonu ve alt havza için düşük beslenmeyi işaret eder (Prabhakar ve ark., 2019). Formül 2'ye göre 13 ana havza ve 1847 alt havza için çatallanma oranları elde edilmiştir. Buna göre Seyhan 14,41, Sakarya 2,83, Aras 2,59, Asi 2,16, Meriç-Ergene 2,05, Küçük Menderes 2,05, Fırat 1,86, Dicle 2,23, Ceyhan 1,91, Gediz 1,84, Çoruh 1,82, Yeşilirmak 1,81, Kızılırmak 1,79 ve Büyük Menderes havzası ise 1,72 R_b değerine sahiptir (Şekil 5). Çıkan sonuçlarda 14,41 R_b oranı ile Seyhan en yüksek, Büyük Menderes ise 1,72 R_b değeri ile düşük değere sahiptir (Şekil 4). Asi, Batı Karadeniz, Sakarya ve Ceyhan havzalarına ait alt havzaların çatallanma oranı ortalama bakımından yüksektir. Buna karşın Burdur, Çoruh, Van Gölü kapalı havzasına ait alt havzaların ise ortalamanın altında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 6, Tablo 1). Bu çalışmada Kızılırmak havzası için hesaplanan 1,79 değeri, Erdede & Öztürk (2016) tarafından ASTER GDEM kullanılarak hesaplanan çatallanma oranı değerinden (4,25) oldukça farklı belirlenmiştir. Bu farklılık temel olarak farklı bir SYM altlığının kullanılmasının yanı sıra akarsu ağı oluşturulurken belirlenen eşik değerinin çok düşük alınmasından da kaynaklanmaktadır. Literatürdeki diğer morfometri çalışmalarında ise Akçay 4,74 (Koçyiğit & Akay, 2018), Ergene 4,23 (Turoğlu & Aykut, 2019), Biga Çayı 4,47 (Utlı & Özdemir, 2018), Ermenek Çayı 4,5 (Coşkun &

Öztürk, 2021), Tuzla Deresi 4,4 (Özdemir & Bayrakdar, 2007), İnegöl Havzası 2,37, Kocadere-Aksu Dere Havzası 2,45, Akçasu-Bedresu Dere Havzası 2,46 ve Kalburt-Cerrah Dere Havzası 2,08 (Uzun, 2021), Karasu Çayı Havzası 4,52 (Karataş, 2007) olarak çatalanma oranı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Yüzeysel akış uzunluğu (l_o)

Yüzeysel akış uzunluğu (*ing. length of overland flow*) ile havzaların drenaj yoğunlukları arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur (Özdemir, 2011).

$$l_o = \frac{1}{2D_a} \quad (\text{Formül 3})$$

Yüzeysel akış uzunluğu " l_o " eşitliğinde; D_a Havzanın drenaj yoğunluğunu temsil etmektedir (Formül 3). Yüzeysel akış uzunluğu bir drenaj havzasındaki arazi gelişimini etkileyen faktörler ele alındığında en önemli etkenlerden birisidir. Yüzeysel akış belirli bir yatakta yoğunlaşmayan yamaç akışını temsil etmektedir. Bu değer yüksek olması durumunda yamaç malzemesinin çizgisel akışa yani akarsu yatağına transferini sağlamaktadır. Yüzeysel akışın uzunluğu (l_o), drenaj havzasının alanının hem hidrolojik hem de fizyografik yapılarından etkilenir (Horton, 1945; Gebre ve ark., 2015). Yüzeysel akış uzunluğu üç sınıfa ayrılmaktadır: <0,20 düşük, 0,20-0,30 orta ve >0,30 ise yüksektir. Yüksek l_o değeri, eğimin az ve akış yolunun uzun olduğunu bu da fazla sızma ve daha az yüzeysel akışın oluştuğunu gösterir (Rai ve ark., 2017). Yüzeysel akış uzunluk değeri için (Dursun & Babalık, 2023; Puno & Puno, 2019) tarafından toprak erozyonu üzerinde doğrudan bir etkisi açıklanmaktadır. Ana havzalar açısından yüzeysel akış uzunluğu değerlendirildiğinde Çoruh (1,34), Küçük Menderes (1,32), Yeşilirmak (1,26), Fırat (1,21), Dicle (1,23), Kızılırmak (1,21), Seyhan (1,20), Ceyhan (1,17), Sakarya (1,16), Gediz (1,15), Asi (1,14), Büyük Menderes (1,13), Aras (1,09) ve Meriç-Ergene (0,82) havzaları için yüksek sınıftadırlar (Şekil 4 ve 5). Diğer taraftan Meriç-Ergene, Aras, Asi, Sakarya'nın havzaları tüm alt havzalar ortalamasından daha düşüktür (Şekil 6, Tablo 1). Benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre Akçay 0,078 (Koçyiğit & Akay, 2018), Ermenek Çayı 0,45 (Coşkun & Öztürk, 2021), Karasu Çayı Havzası 0,19 (Karataş, 2007), Kızılırmak 0,64 (Erdede & Öztürk, 2016), Marmara havzası için ise 0,24 (Elebaşı & Özdemir, 2018) l_o değerleri rapor edilmiştir.

Tekstür Oranı (T)

Tekstür oranı (*ing. texture ratio*) drenaj morfometrisinde arazinin litolojisine, sızma kapasitesine ve bakıya bağlı önemli bir faktördür (Christopher ve ark., 2010). Strahler yöntemine göre belirlenmiş 1. dizindeki akarsu kollarının toplam sayısının, havzanın çevresine oranı olarak tanımlanmaktadır (Horton, 1945). Smith (1950) tarafından tekstür oranı, çok kaba (<2), kaba (2-4), orta (4-6), ince (6-8) ve çok iyi (>8) olmak üzere beş farklı sınıfa ayrılmıştır (Dursun & Babalık, 2023). Yüksek drenaj yoğunluğu hızlı akış tepkisi ile iyi bir tekstür oluşumunu, yüksek akış ve düşük infiltrasyon oluşumunu sağlar. Düşük drenaj yoğunluğu ise kaba tekstür oluşumuna ve yüksek infiltrasyona neden olmaktadır (Youssef & Doumit, 2023).

$$T = N_{u1} * (1/P) \quad (\text{Formül 4})$$

Tekstür oranı " T " eşitliğinde; N_{u1} birinci dizinleri toplam sayısı

P havza çevre uzunluğunu temsil etmektedir (Formül 4). Türkiye ana havzalarının T değerleri Fırat 2,04, Dicle 1,93, Meriç-Ergene 2,27, Sakarya 2,03, Kızılırmak 1,82, Yeşilirmak 1,42, Çoruh 1,26, Aras 1,22, Büyük Menderes 1,13, Seyhan 1,10, Ceyhan 1,01, Gediz 1,01, Asi 0,76 ve Küçük Menderes havzası ise 0,46 şeklindedir. Çıkan sonuçları değerlendirdiğinde Ana havza bakımından Fırat ve Meriç-Ergene havzaları dışında tekstür oranı değerleri 2'nin altında ve Smith (1950)'ye göre çok kaba sınıfındadır (Şekil 4). Literatürdeki morfometri çalışmalarında ortaya çıkan sonuçlar ise şu şekildedir; Akçay 15,15 (Koçyiğit & Akay, 2018), Ergene 3,43, (Turoğlu & Aykut, 2019), Biga Çayı 25,45 (Utlu & Özdemir, 2018), Ermenek Çayı 3,52 (Coşkun & Öztürk, 2021), Sabuncular Deresi 8,60 (Ödeker & Türkoğlu, 2020), Karasu Çayı Havzası 19,30 (Karataş, 2007) ve Marmara havzası 1,64'dür (Elebaşı & Özdemir, 2018).

Rho katsayısı (p)

Horton (1945)'a göre Rho katsayısı (*ing. rho coefficient*), akış uzunluğu oranı ile çatalanma oranı arasındaki orandır (Shekar & Mathew, 2022). Rho katsayısı drenaj ağının depolama kapasitesi ifade eder. 0,50'den büyük değer, daha yüksek hidrolojik depolamayı gösterir (Soni, 2017).

$$p = R_l/R_b \quad (\text{Formül 5})$$

Rho katsayısı (p) eşitliğinde; R_l uzunluk oranını, R_b çatalanma oranını temsil etmektedir (Formül 5). Türkiye'nin ana havzalarının Rho değerlerinde Seyhan 1,24, Sakarya 1,11, Asi 1,00, Antalya 0,97, Yeşilirmak 0,97, Çoruh 0,97, Fırat 0,96, Dicle 0,96, Doğu Karadeniz 0,96, Meriç-Ergene 0,96, Ceyhan 0,93, Aras 0,93, Kızılırmak 0,93, Küçük Menderes 0,92, Gediz 0,92, Büyük Menderes ise 0,91 olarak karşımıza çıkar (Şekil 5). Alt havzalarda ise Konya Kapalı havzanın alt havzaları (1,45) dışındaki ana havzaların alt havzaları ortalama değerine daha yakındır (Şekil 6, Tablo 1).

Drenaj Tekstür Oranı (D_t)

Drenaj tekstür oranı (*ing. drainage texture ratio*), bir nehir havzasındaki tüm düzendeki akarsu segmentlerinin havza çevresine kadar olan toplam sayısıdır (Smith, 1950). Drenaj tekstürünün sınıflandırılması, drenaj yoğunluğunun sınıflandırılması ile aynıdır. Sınıflandırma, incelenen havzalar arasında birbiriyle karşılaştırılarak daha göreceli olur. Çok ince tekstürlü veya en yüksek drenaj tekstürü değerine sahip (6-8 ve >8) bir havza, toprak erozyonu duyarlılığının daha fazla olduğu anlamına gelmektedir (Sukristiyanti ve ark., 2018). Schumm ise drenaj tekstür oranını havza çevresine düşen toplam akarsu sayısı olarak tanımlamaktadır (Shekar & Mathew, 2022).

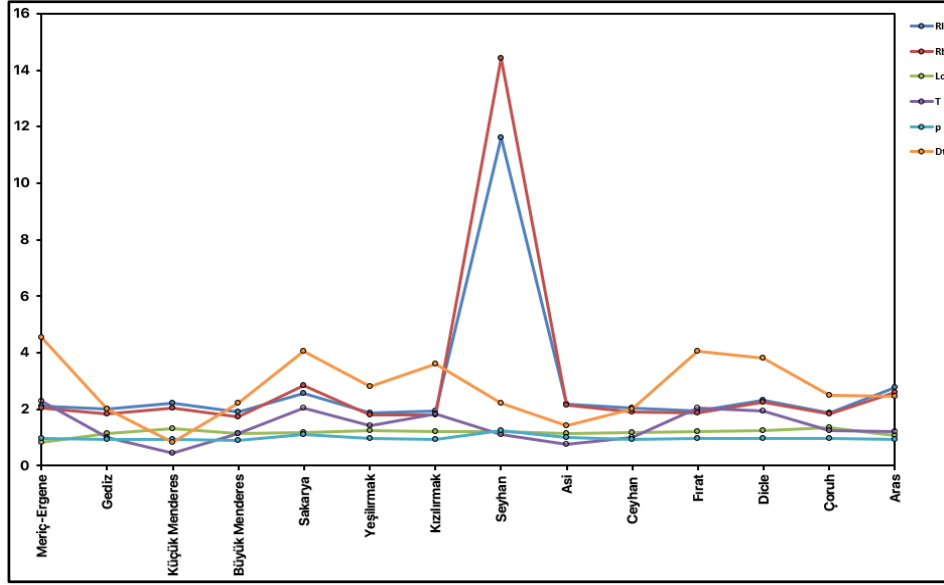
Bir havzaya ait drenaj tekstür oranı Strahler yöntemi ile elde edilen dizinler kullanılarak toplam dizin sayısının havza çevre uzunluğuna oranlanması ile elde edilir (Smith, 1950). Drenaj tekstür oranı havzaya ait arazinin litolojisi hakkında (birimlerin geçirgenliği, kayaçların yapısı vb.) bilgi vermektedir. Drenaj tekstür oranı beş sınıfa ayrılmıştır ve elde edilen değer bu sınıflara göre değerlendirilmektedir. 2'den az ise çok kaba taneli, 2-4 arasında ise kaba taneli, 4-6 arasında ise orta taneli, 6-8 arasında ise ince taneli, 8'den fazla ise çok ince taneli olarak

sınıflandırılmaktadır (Ödeker & Türkoğlu, 2020).

$$D_t = N_u/P \quad (\text{Formül 6})$$

Drenaj tekstür oranı (D_t) eşitliğinde; N_u havza dizinlerinin toplam sayısını, P ise havza çevre uzunluğunu temsil etmektedir (Formül 6). Ana havzalar için çıkan sonuçlar; Fırat 4,04, Dicle 3,80, Meriç-Ergene 4,53, Sakarya 4,06, Kızılırmak 3,61, Susurluk 2,84, Yeşilirmak 2,82, Çoruh 2,51, Aras 2,46, Büyük Menderes 2,23, Seyhan 2,21, Ceyhan 2,00, Gediz 2,00, Asi 1,42, ve Küçük Menderes havzası için 0,84'tür (Şekil 4). Ana havzaların D_t

değerlerini incelediğinde en yüksek D_t değerine sahip havza Meriç-Ergene (4,53) Havzası iken en düşük D_t değerine sahip havza Aras'tır (0,84). Alt havzalardaki sonuçlarda ise Çoruh, Aras ve Meriç-Ergene alt havzaları ortalamanın çok üstünde iken Küçük Menderes, Marmara, Akarçay gibi havzaların alt havzaları ise ortalamanın altındadır (Şekil 6, Tablo 1).



Şekil 4. Ana Havzalara Ait Çizgisel Morfometri Değerleri (R_l (Akarsu Uzunluk Oranı), R_b (Çatallanma Oranı), l_o (Yüzeysel Akış Uzunluğu), T (Tekstür Oranı), p (Rho Katsayısı) D_t (Drenaj Tekstür Oranı).

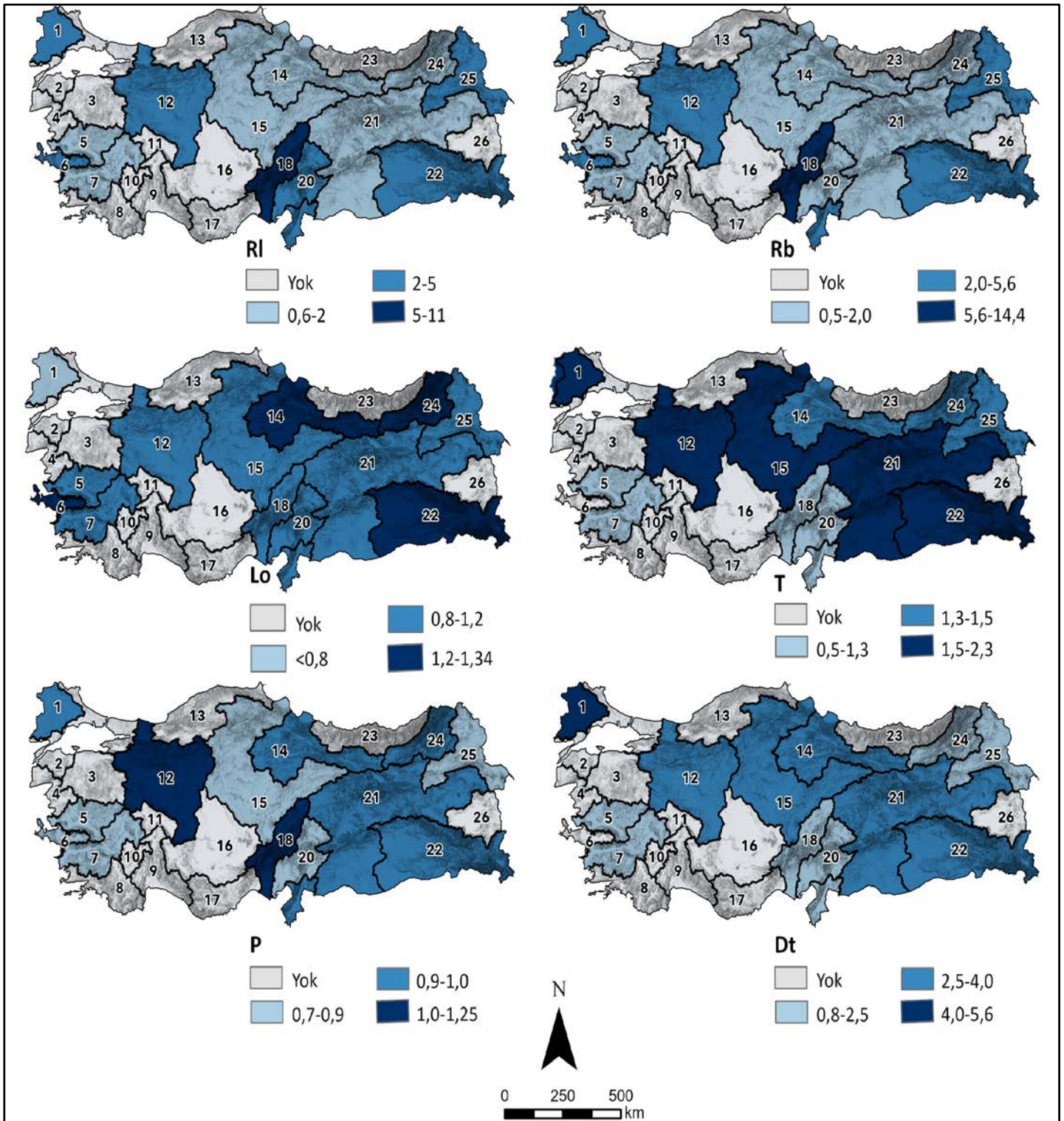
Alansal Morfometri Drenaj Yoğunluğu (D_d)

Bir havzadaki akım gelişimini ifade eden drenaj yoğunluğu (*ing. drainage density*), morfometrinin önemli indislerinden birisidir ve toplam akarsu uzunluğunun havza alanına oranlanmasıyla bulunur (Horton, 1945; Soni, 2017). Bir diğer ifade ile havzada birim alandaki ortalama akarsu uzunluğuna karşılık gelen bir morfometri parametresidir (Horton, 1945). Bir havzada gelişen drenaj yoğunluğunu etkileyen pek çok fiziki ve beşerî faktör (toprak, iklim, rölyef, vadi yoğunluğu, kaynak alanı, litoloji ve peyzaj vb.) vardır (Dursun & Babalık, 2023; Potter, 1957; Prabhakar ve ark., 2019). Yoğun bitki örtüsünün, yüksek sızma kapasitesinin olduğu ve dayanıklı kayaların bulunduğu alanlarda düşük D_d değerleri, kurak ve geçirgenliğin azaldığı alanlarda yüzeysel akışın artmasıyla yüksek D_d değerleri ortaya çıkmaktadır (Özdemir, 2011).

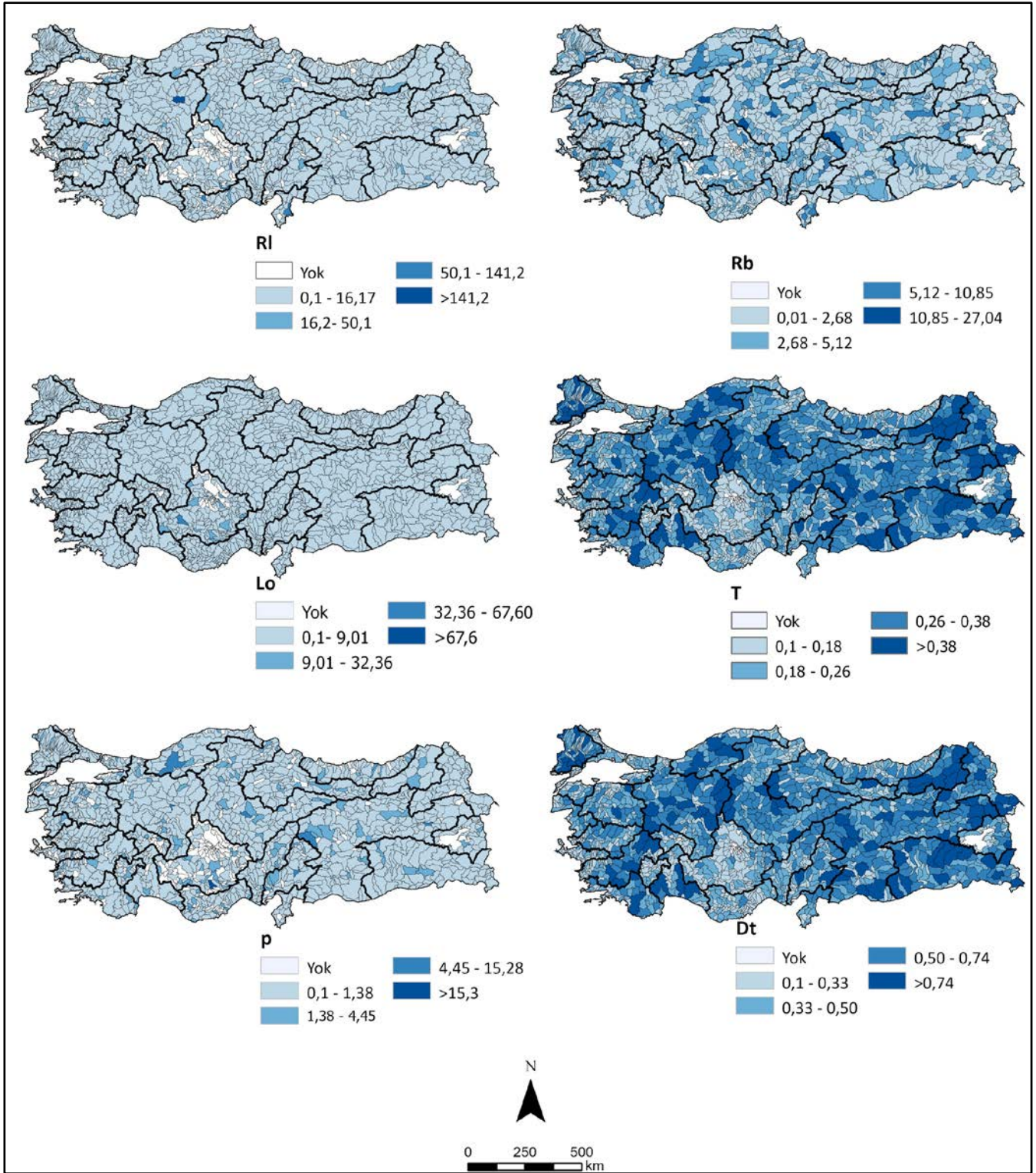
$$D_d = \sum L/A \quad (\text{Formül 7})$$

Drenaj yoğunluğu (D_d) eşitliğinde; $\sum L$ toplam drenaj uzunluğunu (km), A havza alanını (km^2) temsil etmektedir (Formül 7). Elde edilen sonuçlarda Meriç-Ergene 0,61, Aras 0,46, Büyük

Menderes 0,44, Asi 0,44, Gediz 0,44, Sakarya 0,43, Ceyhan 0,43, Seyhan 0,42, Kızılırmak 0,41, Fırat 0,41, Dicle 0,40, Yeşilirmak 0,40, Doğu Akdeniz 0,39, Küçük Menderes 0,38, Çoruh havzası 0,37 ise D_d değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Alt havzalarda Meriç-Ergene ve Konya Kapalı havzasına ait alt havzalar diğerlerine göre ortalama drenaj yoğunluğu bakımından yüksektir. Batı Akdeniz alt havzaları ise ortalama standart sapması negatif yönde en yüksektir (Şekil 8 ve 9, Tablo 1). Diğer çalışmalarındaki D_d değerleri ise şu şekildedir; Akçay 6,38 (Koçyiğit & Akay, 2018), Ergene 1,53 (Turoğlu & Aykut, 2019), Madra Çayı 4,04 (Cürebal, 2004), Biga Çayı 2,75 (Utlı & Özdemir, 2018), Ermenek Çayı 0,90 (Coşkun & Öztürk, 2021), Bulancak Deresi 2,01 (Avcı & Sunkar, 2018), Aksu Çayı 1,57 (Avcı & Sunkar, 2015), Batlama Deresi 2,42 (Avcı & Sunkar, 2015) Kızılırmak 0,78 (Erdede & Öztürk, 2016), Marmara 2,08 (Elebaşı & Özdemir, 2018), Tuzla Deresi 2,6 (Özdemir & Bayrakdar, 2007), İnegöl Havzası 2,19, Kocadere- Aksu Dere Havzası 2,16, Akçasu-Bedresu Dere Havzası 2,15 ve Kalburt-Cerrah Dere Havzası 2,23 (Uzun, 2021), İyidere Havzası 1,37 (Turoğlu, 1997), Karasu Çayı Havzası 2,65 (Karataş, 2007), Sabuncular Deresi Havzası ise 1,89'dur (Ödeker & Türkoğlu, 2020).



Şekil 5.
 Ana Havzaların Çizgisel Morfometri Değerleri Haritası (R_i (Akarsu Uzunluk Oranı), R_b (Çatallanma Oranı), l_o (Yüzeysel Akış Uzunluğu), T (Tekstür Oranı), p (Rho Katsayısı) D_t (Drenaj Tekstür Oranı).



Şekil 6. Alt Havzaların Çizgisel Morfometri Değerleri Haritası (R_l (Akarsu Uzunluk Oranı), R_b (Çatallanma Oranı), l_o (Yüzeysel Akış Uzunluğu), T (Tekstür Oranı), p (Rho Katsayısı) D_t (Drenaj Tekstür Oranı).

Akarsu Sıklığı (F_s)

Birim alan başına düşen akarsu kollarının sayısını ifade eden akarsu sıklığı (*ing. stream frequency*) değerleri havza alanının büyüklüğüne bağlı olduğu için genellikle bir araştırma alanında incelenen havzalar arasında karşılaştırma yapılarak düşük veya yüksek akarsu sıklığı değerleri olarak sınıflama yapılmaktadır (Sukristiyanti ve ark., 2018). Akarsu sıklığı üzerinde birçok fiziki ve beşeri (iklim, litolojik ve jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü, insan vb.) faktörün etkisi vardır (Elebaşı & Özdemir, 2018). Yüksek değerler geçirgenliği, düşük değerler ise zeminin az geçirgenliğini, bitki örtüsünün azlığını ve yüksek rölyefin varlığını işaret etmektedir. Yarı kurak alanlarda akarsu sıklık değerini fazla, kurak bölgelerde çok az ve nemli bölgelerde akarsu sıklığı orta değerlerde görülebilmektedir (Elebaşı & Özdemir, 2018; Peltier, 1962). Akarsu sıklığı (F_s) havzadaki toplam akarsu kolu sayısının havza alanına bölünmesi ile elde edilmektedir (Horton, 1945).

$$F_s = N/A \quad (\text{Formül 8})$$

Akarsu sıklığı (F_s) eşitliğinde; N havzadaki toplam dizin sayısını, A havza alanını (km^2) temsil etmektedir (Formül 8). Elde edilen bulgularda akarsu sıklığı değerleri Meriç-Ergene 0,28, Aras 0,17, Çoruh 0,17, Sakarya 0,17, Gediz 0,17, Büyük Menderes 0,16, Kızılırmak 0,16, Yeşilirmak 0,16, Seyhan 0,16, Asi 0,16, Ceyhan 0,16, Fırat 0,15, Dicle 0,15, Küçük Menderes için 0,15 olarak tespit edilmiştir. Bu havzalara ait alt havzalarda Meriç-Ergene (0,27) dışındakiler ortalama olarak birbirine yakındır (Şekil 8 ve 9, Tablo 1). Farklı çalışmalarda F_s değerleri; Sabuncular Deresi Havzası 5,16 (Ödeker & Türkoğlu, 2020), Tuzla Deresi 2,64 (Özdemir & Bayrakdar, 2007), Marmara 3,33 (Elebaşı & Özdemir, 2018), Akçay 3,46 (Koçyiğit & Akay, 2018), Ergene 1,35 (Turoğlu & Aykut, 2019), Biga Çayı 6,59 (Utlu & Özdemir, 2018), Aksu Çayı 1,54 ve Batlama Deresi 3,14 (Avcı & Sunkar, 2015), Ermenek Çayı 0,55 (Coşkun & Öztürk, 2021), Bulancak Deresi 2,61 (Avcı & Sunkar, 2018), Kızılırmak 0,33 (Erdede & Öztürk, 2016), (Özdemir & Bayrakdar, 2007), İnegöl Havzası 1,78, Kocadere- Aksu Dere Havzası 2,11, Akçasu-Bedresu Dere Havzası 1,96 ve Kalburt-Cerrah Dere Havzası 1,04 (Uzun, 2021), Karasu Çayı Havzası 4,03 (Karataş, 2007) olarak hesaplanmıştır.

Uzunluk Oranı (R_e)

Uzunluk oranı (*ing. elongation ratio*), havza ile aynı orana sahip bir dairenin çapının maksimum havza uzunluğuna oranıdır (Miller, 1953). Genellikle uzunluk oranı değerleri iki sınıfa ayrılır; 0'a yaklaşan düşük R_e değerleri uzun havza, 1'e yaklaşan yüksek R_e değerleri ise dairesel havza anlamına gelmektedir. Farklı sınıflandırmalar da kullanılabilir. Dört sınıfa ayrılan sınıflandırmada R_e değerleri şu şekildedir; <0,7 uzun havza, 0,7-0,8 daha az uzun, 0,8-0,9 oval havza ve >0,9 ise dairesel havza anlamına gelmektedir (Strahler, 1964). Bu sınıflandırmalar içerisinde en fazla uzun havza ve dairesel havza şeklinde gruplandırma kullanılmaktadır (Dursun & Babalık, 2023; Sukristiyanti ve ark., 2018). Uzunluk oranı (R_e), havzayla aynı alana sahip bir dairenin çapıyla havzanın maksimum uzunluğu arasındaki oranla elde edilir (Özdemir, 2011).

$$R_e = \frac{2}{L_m} * \left[\frac{A}{\pi} \right]^{0.5} \quad (\text{Formül 9})$$

Uzunluk oranı (R_e) eşitliğinde; L_m Maksimum Havza Uzunluğunu (km), A havza alanını (km^2) temsil etmektedir (Formül 9). Uygulanan formül sonucunda ortaya çıkan Türkiye'nin ana havzalarının R_e değerlerinde; Meriç-Ergene 0,85, Sakarya 0,68, Fırat-Dicle 0,64, Aras 0,61, Ceyhan 0,61, Çoruh 0,56, Gediz 0,56, Asi 0,54, Seyhan 0,51, Büyük Menderes 0,51, Yeşilirmak 0,50, Küçük Menderes 0,49 ve Kızılırmak 0,44 değerinde olduğu görülmüştür. Çıkan değerler incelendiğinde en dairesel havzanın 0,85 ile Meriç-Ergene, en uzun havzanın ise 0,44 ile Kızılırmak olduğu söylenebilir. Alt havzalarda Burdur ve Akarçay alt havzaları ortalamanın üstünde değerlere sahip iken, Meriç-Ergene alt havzaları ortalamanın çok altında kalmaktadır (Şekil 8, Tablo 1). Diğer çalışmalarda R_e değerleri; Akçay 0,61 (Koçyiğit & Akay, 2018), Ergene 0,36 (Turoğlu & Aykut, 2019), Biga Çayı 0,65 (Utlu & Özdemir, 2018), Aksu Çayı 0,05 ve Batlama Deresi 0,018 (Avcı & Sunkar, 2015), Ermenek Çayı 0,64 (Coşkun & Öztürk, 2021), Bulancak Deresi 0,82 (Avcı & Sunkar, 2018), Kızılırmak 0,26 (Erdede & Öztürk, 2016), Tuzla Deresi havzası 0,66 (Özdemir & Bayrakdar, 2007), Karasu Çayı Havzası 0,5 (Karataş, 2007) olarak tespit edilmiştir.

Form Faktör (F_f)

Form faktörü (*ing. form factor*), havza alanının havza uzunluğunun karesine oranıdır (Horton, 1945; Sukristiyanti ve ark., 2018). Akarsu akışı ve su havzasının şekliyle doğrudan ilişkili olan bir havza karakteristiğidir. F_f değeri havzanın akış yoğunluğunu gösterir. Form faktörünün değeri ne kadar küçük olursa havza uzunluğu o kadar fazla olur (Waikar & Nilawar, 2014). Form faktörü, taşkın oluşumu, erozyon derecesi ve bir havzadaki sediman yükünün taşıma kapasiteleri için önemli bir göstergedir (Soni, 2017). Form faktörü düşük, uzun bir şekle sahip bir su havzası, uzun zaman periyotları boyunca daha düz akış pikini belirtmektedir (Banerjee ve ark., 2015). Böylesi uzun bir şekle sahip havzanın taşkın akışının yönetimi, zamanla daha kolay olmaktadır (Banerjee ve ark., 2015; Soni, 2017). Form faktörü düşük olan alanların düşük erozyon ve düşük sediment taşıma kapasitesi ile düşük taşkın olasılığını temsil etmektedir (Soni, 2017). F_f değeri 1'e yaklaştıkça havzanın daireselliği artmaktadır

$$F_f = A/L_b^2 \quad (\text{Formül 10})$$

Havza şekli form faktörü (F_f) eşitliğinde; A havza alanını (km^2), L_b havza uzunluğunu temsil etmektedir (Formül 10). Çalışma çıktılarında F_f değerleri ise şu şekildedir; Meriç-Ergene 0,56, Sakarya 0,36, Fırat 0,27, Dicle 0,24, Aras 0,29, Ceyhan 0,29, Çoruh 0,25, Gediz 0,25, Asi 0,23, Seyhan 0,20, Büyük Menderes 0,20, Yeşilirmak 0,19, Küçük Menderes 0,19 ve Kızılırmak 0,15'dir. Alt havzalarda uzunluk oranında olduğu gibi form faktöründe de Burdur ve Akarçay alt havzaları ortalamanın üstünde değerlere sahip iken, Meriç-Ergene alt havzaları ortalamanın çok altında kalmaktadır (Şekil 8, Tablo 1).

Gravelius İndeksi (K_g)

Gravelius indeksi (*ing. gravelius index*) havzanın şeklini ifade etmede kullanılan bir morfometrik parametredir (Gravelius, 1914). Bir havzada K_g değeri küçüklüğü oranında havza dairesel bir forma sahiptir yorumu yapılabilmektedir. Havza şekilleri akım

hidrograflarını etkilemektedir. Uzunlamasına gelişim gösteren havzalarda akım hidrografi düşük ve devamlı iken, dairesel gelişim gösteren havzalarda ise yüksek akım hidrograf özelliği göstermektedir (Dursun & Babalık, 2023; Özdemir, 2011).

$$K_g = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}} \quad (\text{Formül 11})$$

Uzunluk oranı (K_g) eşitliğinde; P havzanın çevre uzunluğunu (km), A havza alanını (km^2) temsil etmektedir (Formül 11). Formülün uygulanması ile elde edilen Türkiye havzalarının K_g değerleri ise şu şekildedir; Küçük Menderes 4,13, Kızılırmak 3,62, Büyük Menderes 3,34, Aras 3,33, Fırat 3,64, Dicle 2,90, Ceyhan 3,23, Yeşilirmak 3,20, Gediz 3,08, Seyhan 2,96, Sakarya 2,93, Asi 2,76, Çoruh 2,70 ve Meriç-Ergene havzası ise 2,27'dir. Alt havzaların genel ortalamasında Meriç-Ergene alt havzaları yüksektir. Burdur, Akarçay ve Konya Kapalı havzalarının alt havzaları ise düşüktür (Şekil 8, Tablo 1). Literatürdeki çalışmalarda gravelius indeksi değerleri Karasu Çayı Havzası için 2,14 (Karataş, 2007), Ermenek Çayı Havzası 2,03 ve Gökçay Havzası 2,43 (Coşkun & Öztürk, 2021), Aksu Çayı 1,56 ve Batlama Deresi 1,65 (Avcı & Sunkar, 2015), Burdur Gölü Havzası 2,66 (Dursun & Babalık, 2023), Alaca Çayı Havzası 0,06 (İmamoğlu, 2020) olarak hesaplanmıştır.

Dairesellik oranı (R_c)

Havza şeklinin bir diğer sayısal ifadesi olan dairesellik oranı (*ing. circularity ratio*), havza alanının havza ile aynı çevreye sahip daireye bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Miller, 1953; Strahler, 1964). Dairesellik oranı havzanın akarsu sıklığı, akarsu uzunluğu, jeolojik yapısı, iklim, havza rölyefi ve eğim gibi fiziki faktörlerden etkilenmektedir (Waikar & Nilawar, 2014). Bir havzanın düşük, orta ve yüksek dairesellik oranı değerlerine sahip olması, havzanın sırasıyla gençlik, olgunluk ve yaşlılık evrelerini göstermektedir (Miller, 1953). Dairesellik oranının küçük bulunduğu havzalarda yüzeysel akış daha yavaş olmakta ve böylelikle erozyon ihtimalinin azaldığı bilinmektedir (Dursun & Babalık, 2023; Magesh ve ark., 2011).

$$R_c = 4\pi * (A/P^2) \quad (\text{Formül 12})$$

Dairesellik oranı (R_c) eşitliğinde; P havzanın çevre uzunluğunu (km), A havza alanını (km^2) temsil etmektedir (Formül 12). Elde edilen bulgularda dairesellik oranları; Meriç-Ergene 0,194, Çoruh 0,137, Asi 0,132, Sakarya 0,117, Seyhan 0,114, Gediz 0,105, Yeşilirmak 0,098, Ceyhan 0,096, Fırat 0,07, Dicle 0,119, Aras 0,090, Kuzey Ege 0,090, Büyük Menderes 0,090, Kızılırmak 0,076 ve Küçük Menderes için 0,059'dur. Çıkan sonuçlar incelendiğinde dairesellik oranı en yüksek olan havzanın Meriç-Ergene olduğu söylenebilir. Alt havzalarda ortalama arasında farkın en yüksek olduğu Burdur ve Konya Kapalı alt havzaları ortalamanın üstünde iken, Meriç-Ergene altındadır (Şekil 8, Tablo 1). Literatürdeki bazı R_c sonuçları ise Akçay 0,25 (Koçyiğit & Akay, 2018), Sabuncular Deresi 0,37 (Ödeker & Türkoğlu, 2020), Ermenek Çayı 0,21 (Coşkun & Öztürk, 2021), İnegöl Havzası 0,38, Kocadere-Aksu

Dere Havzası 0,28, Akçasu-Bedresu Dere Havzası 0,5 ve Kalburt-Cerrah Dere Havzası 0,61 (Uzun, 2021), Karasu Çayı Havzası 0,22 (Karataş, 2007), Kızılırmak havzası için ise 0,14 (Erdede & Öztürk, 2016) olarak belirlenmiştir.

Kanal Bakım Sürekliliği (C_{cm})

Schumm (1956) kanal bakım sabitini (*ing. constant of channel maintenance*) drenaj yoğunluğunun tersi olarak tanımlamıştır (Soni, 2017). C_{cm} akışı sürdürmek için minimum alan birimini belirler. Drenaj yoğunluğu ile arasında ters orantı bulunan kanal bakım sabiti, yüksek drenaj yoğunluğuna sahip havzalarda düşük değer vermektedir (Pawar & Raskar, 2011). Bu indis havza yüzeyinin birim başına düşen kanal uzunluğunun taşıma kapasitesini gösterir.

$$C_{cm} = \frac{1}{D_d} \quad (\text{Formül 13})$$

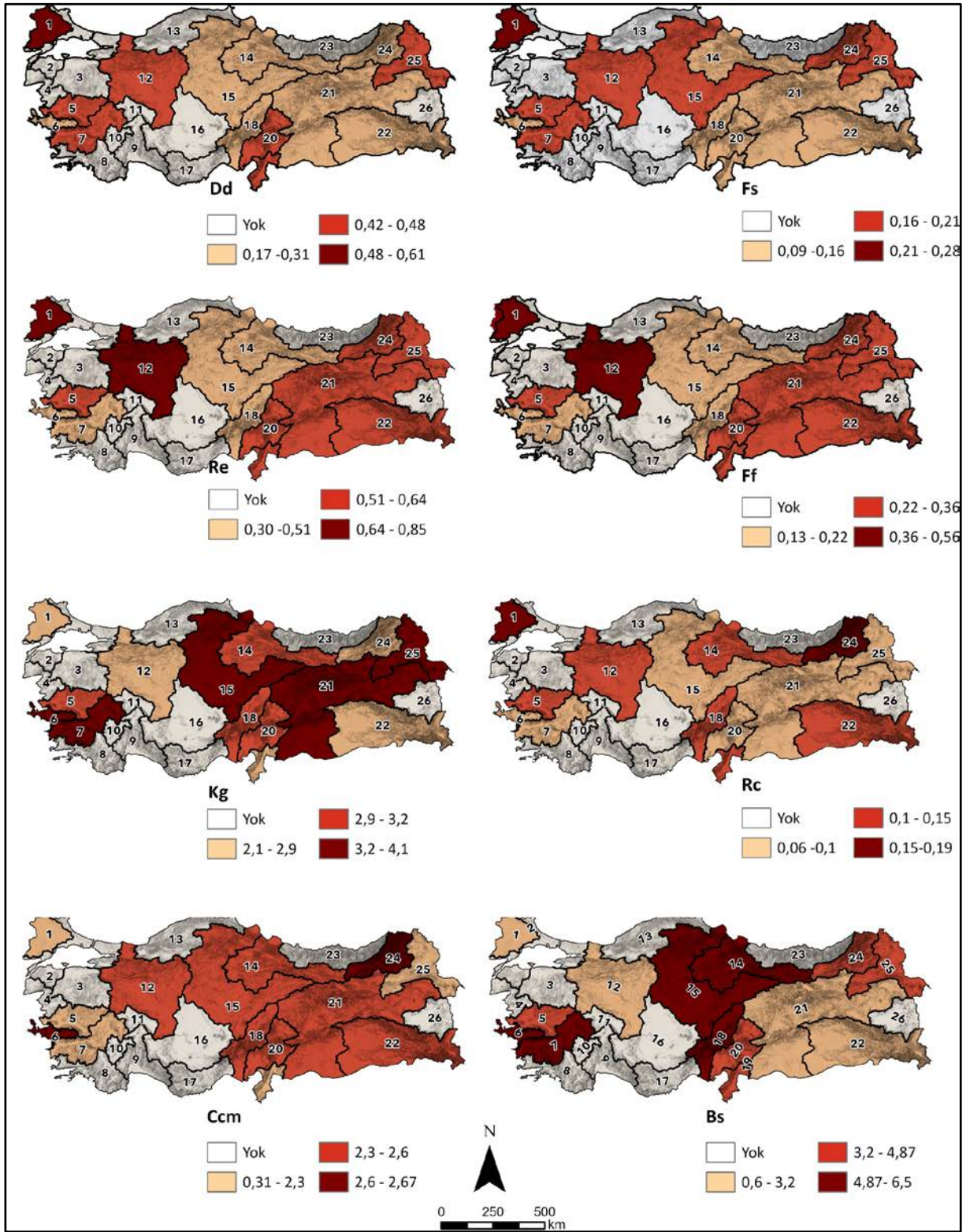
Kanal bakım sürekliliği (C_{cm}) eşitliğinde; D_d Drenaj yoğunluğunu temsil etmektedir (Formül 13). Türkiye ana havzaları için bu değere baktığımızda Çoruh 2,67, Küçük Menderes 2,63, Yeşilirmak 2,52, Fırat 2,43, Dicle 2,47, Kızılırmak 2,41, Seyhan 2,40, Ceyhan 2,35, Sakarya 2,32, Gediz 2,30, Asi 2,28, Büyük Menderes 2,25, Aras 2,17 ve Meriç-Ergene havzası ise 1,64 değerindedir. Alt havzalar bakımından Kızılırmak ve Konya Kapalı alt havzaları pozitif yönde ortalamanın en fazla sapanlar iken, Meriç-Ergene ve Aras havzası ise ortalamanın çok altındadır (Şekil 8, Tablo 1).

Havza Şekil İndeksi (B_s)

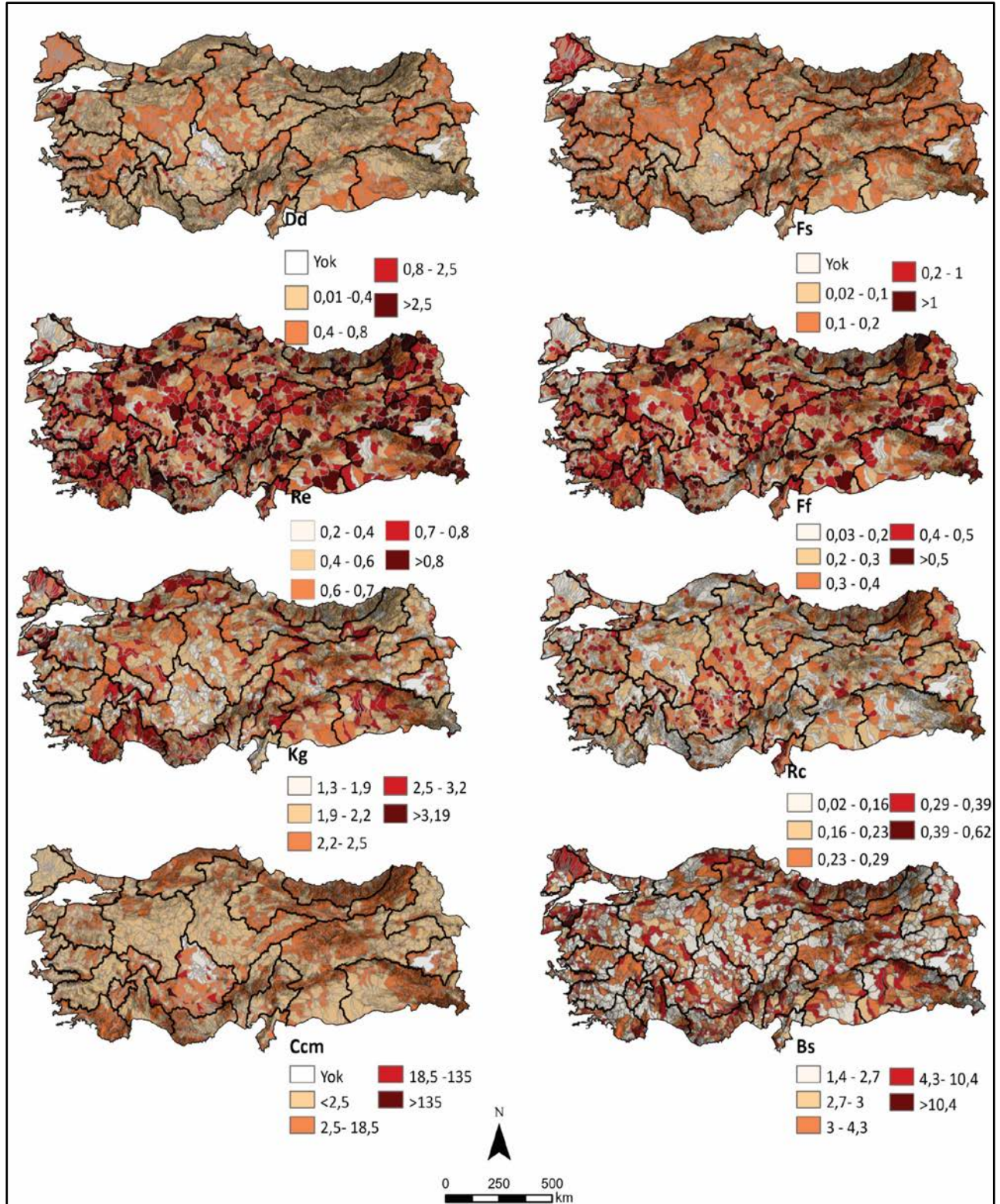
Havza şekil indeksi (*ing. basin shape index*) değeri havza şekli form faktör değeri ile karşılıklı ilişki içindedir (Horton, 1932). Form faktörü değeri büyüdükçe havza şekil indeksi değeri küçülür. Havza şekil indeksi değerinin yüksek olması havzanın uzunlamasına gelişim gösterdiğini ve zayıf taşkın deşarj durumunu gösterir (Soni, 2017).

$$B_s = 1/F_f \quad (\text{Formül 14})$$

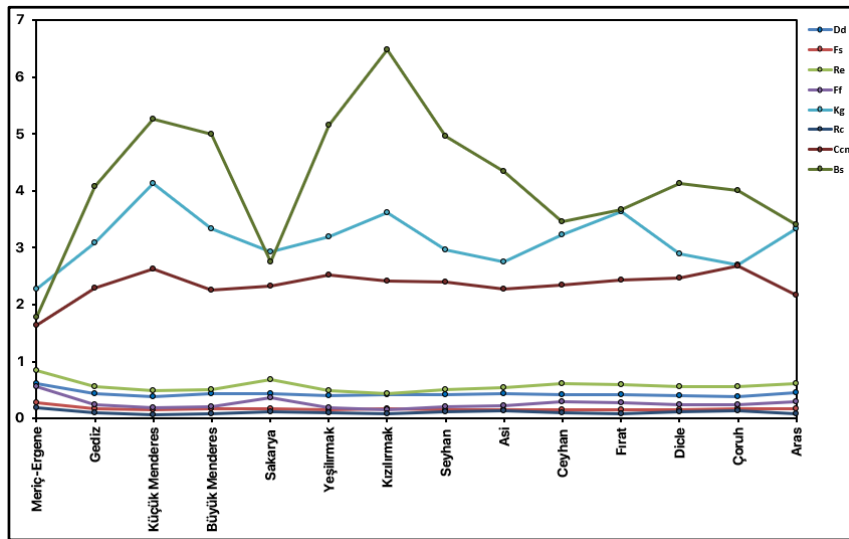
Havza şekil indeksi (B_s) eşitliğinde; F_f havza şekli form faktörünü temsil etmektedir (Formül 14). Ana havzaların B_s değerlerine bakıldığında; Kızılırmak 6,48, Küçük Menderes 5,27, Yeşilirmak 5,16, Büyük Menderes 4,99, Seyhan 4,97, Asi 4,34, Gediz 4,07, Çoruh 4,01, Ceyhan 3,45, Aras 3,41, Fırat 3,66, Dicle 4,12, Sakarya 2,75 ve Meriç-Ergene havzasının ise 1,78 değerine sahip olduğu görülmektedir. Alt havzalarda Ceyhan ve Meriç-Ergene alt havzaları ortalamanın çok üstündedir. Buna karşın Burdur ve Akarçay ortalamanın çok altındadır (Şekil 8, Tablo 1). Diğer çalışmalardan elde edilen B_s değerleri ise Ergene 0,10 (Turoğlu & Aykut, 2019), Biga Çayı 0,34 (Utlı & Özdemir, 2018), Aksu Çayı 0,032 (Avcı & Sunkar, 2015), İnegöl Havzası 2,09, Kocadere-Aksu Dere Havzası 0,35, Akçasu-Bedresu Dere Havzası 0,42 ve Kalburt-Cerrah Dere Havzası 0,68 (Uzun, 2021) ve Bulancak Deresi havzası ise 0,53'tür (Avcı & Sunkar, 2018).



Şekil 7. Ana Havzaların Alan Morfometri Değerleri Haritası (D_d (Drenaj Yoğunluğu), F_s (Akarsu Sıklığı), R_e (Uzunluk Oranı), F_f (Form Faktörü), K_g (Gravelius İndeksi), R_c (Dairesellik Oranı), C_{cm} (Kanal Bakım Sürekliliği) B_s (Havza Şekli İndeksi).



Şekil 8. Alt Havzaların Alansal Morfometri Değerleri Haritası (D_d (Drenaj Yoğunluğu), F_s (Akarsu Sıklığı), R_e (Uzunluk Oranı), F_f (Form Faktörü), K_g (Gravelius İndeksi), R_c (Dairesellik Oranı), C_{cm} (Kanal Bakım Sürekliliği) B_s (Havza Şekli İndeksi).



Şekil 9. Ana Havzalara Ait Alansal Morfometri Değerleri (D_d (Drenaj Yoğunluğu), F_s (Akarsu Sıklığı), R_e (Uzunluk Oranı), F_f (Form Faktörü), K_g (Gravelius İndeksi), R_c (Dairesellik Oranı), C_{cm} (Kanal Bakım Sürekliliği) B_s (Havza Şekli İndeksi).

Rölyef Parametreler Havza Rölyefi (B_h)

Havza rölyefi (*ing. basin relief*), havzanın en yüksek noktası ile en alçak noktası arasındaki dikey mesafe farkını temsil etmektedir (Schumm, 1956). Havza rölyefinin hesaplanması mekânsal değişimi göstermek ve havzanın aşınma karakteristiğini anlamak için önemli bir faktördür. Havza rölyefi akarsu yatak eğimi ile ilişkili olup taşkın düzenini ve taşınabilecek sediment miktarını etkilemektedir (Soni, 2017). Bir havzadaki rölyef ne kadar yüksekse alandaki erozyon o kadar güçlüdür (Dursun & Babalık, 2023). Artan rölyef değerleri, daha dik yamaçlara ve yüksek akarsu yatağı eğimlerine, akım toplanma zamanının azalmasına ve sonuç olarak da taşkın pikinin artmasına neden olmaktadır (Özdemir, 2011). Aynı zamanda havza rölyefi havzanın geçirgenlik oranında, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarında, havzanın drenaj ağı gelişiminde, arazi yüzeylerinin gelişimi ve erozyon faaliyetleri üzerinde etkilidir (Özdemir, 2011).

$$B_h = H_{max} - H_{min} \quad (\text{Formül 15})$$

Havza rölyefi (B_h) eşitliğinde; H_{max} havzanın maksimum yükseltisini, H_{min} havzanın minimum yükseltisini temsil etmektedir (Formül 15). Türkiye'nin ana havzalarının rölyefleri ise; Aras 4312, Kızılırmak 3903, Çoruh 3845, Fırat 3720, Dicle 3617, Seyhan 3706, Yeşilirmak 3298, Ceyhan 3081, Büyük Menderes 2534, Sakarya 2497, Gediz 2314, Asi 2229, Küçük Menderes 2141 ve Meriç-Ergene havzası 1030 m değerine sahiptir (Şekil 11). Alt havzalarda Çoruh, Doğu Karadeniz, Aras ve Doğu Akdeniz alt havzaları rölyefi diğer alt havzalarına göre ortalamadan yüksektir.

Meriç-Ergene, Marmara ve Konya Kapalı alt havzaları ise ortalamanın çok altındadır (Şekil 12, Tablo 1). Yapılan diğer çalışmalarda ortaya çıkan B_h değerleri; Ergene Havzası 471 (Turoğlu & Aykut, 2019), Biga Çayı Havzası 1098 (Utlu & Özdemir, 2018), Aksu Çayı Havzası 3107 ve Batlama Deresi 2055 (Avcı & Sunkar, 2018), Ermenek Çayı Havzası 2726 (Coşkun & Öztürk, 2021), Bulancak Deresi Havzası 618 (Avcı & Sunkar, 2018) ve

Sabuncular Deresi Havzası 3353 (Ödeker & Türkoğlu, 2020) olarak ortaya çıkmıştır.

Rölyef Oranı (R_h)

Rölyef oranı (*ing. relief ratio*), havza rölyefinin maksimum havza uzunluğuna oranlanmasıyla elde edilen bir rölyef morfometrisidir (Schumm, 1956; Turoğlu & Aykut, 2019). Rölyef oranı havzaya ait topoğrafik yüzeyin eğim dikliği, drenaj havzasının akış hızı ve erozyon durumu hakkında bilgi vermektedir. Rölyef oranının yüksek olması ani taşkın durumunu ifade eden bir faktördür. Rölyef oranı 0 veya 0'a yakın olarak elde edilmişse havzaya ait arazinin düz veya düze yakın olduğu söylenebilir. Rölyef oranı değerinin 0'dan uzaklaşması ile de erozyon riskinin ve suyun aşındırma gücünün artacağı da göz önünde bulundurulmalıdır (Dursun & Babalık, 2023).

$$R_h = H/L \quad (\text{Formül 16})$$

Rölyef Oranı (R_h) eşitliğinde; H maksimum havza rölyefini, L maksimum havza uzunluğunu temsil etmektedir (Formül 16). Türkiye ana havzalarının R_h değerleri; Aras 13,8, Çoruh 13,5, Asi 12,0, Seyhan 11,3, Ceyhan 11,2, Küçük Menderes 11,2, Gediz 8,8, Yeşilirmak 7,3, Büyük Menderes 7,0, Dicle 6,95, Sakarya 6,0, Meriç-Ergene 6,0, Fırat 5,81 ve Kızılırmak ise 5,3 değerine sahiptir (Şekil 11). Alt havzalarda Çoruh, Doğu Karadeniz ve Doğu Akdeniz alt havzaları rölyefi diğer alt havzalarına göre ortalamadan yüksektir. Meriç-Ergene, Marmara ve Konya Kapalı alt havzaları ise ortalamanın çok altındadır (Şekil 12, Tablo 1). Diğer çalışmalardaki R_h değerleri İnegöl Havzası 0,096, Kocadere-Aksu Dere Havzası 0,04, Akçasu-Bedresu Dere Havzası 0,076 ve Kalburt-Cerrah Dere Havzası 0,01 (Uzun, 2021), Ergene Havzası 0,003 (Turoğlu & Aykut, 2019), Biga Çayı Havzası 0,02 (Utlu & Özdemir, 2018), Aksu Çayı Havzası 0,05 ve Batlama Deresi 0,08 (Avcı & Sunkar, 2015), Ermenek Çayı Havzası 0,024 (Coşkun & Öztürk, 2021), Bulancak Deresi 0,07 (Avcı & Sunkar, 2018), Kızılırmak Havzası 0,003 (Erdede & Öztürk, 2016) olarak hesaplanmıştır.

Bağıl Rölyef Oranı (R_{hp})

Bağıl rölyef oranı (*ing. relative relief ratio*) havzadaki yükseklik farkını ifade eden bir parametredir (Melton, 1958). Havza rölyefinin, havzanın çevresine oranlanmasıyla hesaplanır ve genel dikliği gösterir. Bir drenaj havzasında işleyen bir süreçteki erozyon potansiyelini gösterebilir (Dursun & Babalık, 2023).

$$R_{hp} = \frac{100 \cdot B_h}{P} \quad (\text{Formül 17})$$

Bağıl Rölyef Oranı (R_{hp}) eşitliğinde; B_h havza rölyefini, P havza çevre uzunluğunu (km) temsil etmektedir (Formül 17). Elde edilen bulgularda Çoruh 0,28, Asi 0,26, Seyhan 0,24, Aras 0,22, Ceyhan 0,18, Küçük Menderes 0,18, Gediz 0,16, Yeşilirmak 0,15, Büyük Menderes 0,13, Kızılırmak 0,11, Meriç-Ergene 0,10, Sakarya 0,10 Fırat 0,08 ve Dicle'nin 0,13 R_{hp} değerlerinde olduğu görülmüştür (Şekil 11). Alt hazalarda Meriç-Ergene ve Marmara alt havzaları ortalamanın çok altındadır (Şekil 12, Tablo 1). Elebaşı ve Özdemir, Marmara ve alt havzaları üzerine yaptıkları çalışmada bağıl rölyef oranını 0,87 olarak hesaplamıştır (2018).

Engebelilik Değeri (R_n)

Engebelilik değeri (*ing. ruggedness number*) havzadaki yarıma derecesini ifade eden bir rölyef morfometri parametresidir (Soni, 2017; Turoğlu & Aykut, 2019). R_n değeri, rölyef ve yarımlanın etkileşimi sonucu ortaya çıktığından yüksek oranda yarılmış havzalar alçak rölyef, daha az yarılmış engebeli olan havzalar ise yüksek rölyef olarak yorumlanır. Drenaj havzasının engebelilik değeri arttıkça, pik akımlarda artma meydana gelir ve havzadaki erozif faaliyetler hız kazanır (Özdemir, 2011). R_n değerinin düşük çıkması, erozyon olasılığının da düşük olduğu anlamına gelmektedir (Soni, 2017).

$$R_n = B_h * D_d \quad (\text{Formül 18})$$

Engebelilik değeri (R_n) eşitliğinde; B_h havza rölyefini (km), D_d (km/km^2) drenaj yoğunluğunu temsil etmektedir (Strahler, 1958) (Formül 18). Ana havzaların R_n değerlerine bakıldığında; Aras 1,98, Kızılırmak 1,62, Seyhan 1,54, Fırat 1,52, Dicle 1,46, Çoruh 1,44, Ceyhan 1,31, Yeşilirmak 1,31, Büyük Menderes 1,12, Sakarya 1,08, Gediz 1,01, Asi 0,98, Küçük Menderes 0,81 ve Meriç-Ergene havzasının 0,63 olduğu görülmektedir (Şekil 11). Alt havzalarda Çoruh, Doğu Karadeniz ve Aras alt havzaları ekstrem olarak ortalamanın üstündedir. Meriç-Ergene ve Marmara alt havzaları ise ortalamanın altındadır (Şekil 12, Tablo 1). Diğer çalışmalarda hesaplanan engebelilik değeri ise İnegöl Havzası 4,94, Kocadere-Aksu Dere Havzası 3,56, Akçasu-Bedresu Dere Havzası 3,8 ve Kalburt-Cerrah Dere Havzası 5,03 (Uzun, 2021), Sabuncular Deresi Havzası 6,33 (Ödeker & Türkoğlu, 2020), Ergene Havzası 0,73 (Turoğlu & Aykut, 2019), Biga Çayı Havzası 3,04 (Utlı & Özdemir, 2018), Aksu Çayı Havzası 4,87 ve Batlama Deresi 4,97 (Avcı & Sunkar, 2015), Ermenek Çayı Havzası 2,45 (Coşkun & Öztürk, 2021), Bulancak Deresi Havzası 1,24 (Avcı & Sunkar, 2018), Kızılırmak Havzası için ise 3,02 (Erdede & Öztürk, 2016) olarak tespit edilmiştir.

Melton Engebelilik Değeri (MR_n)

Melton engebelilik değeri (*ing. melton ruggedness number*) bir

akarsu havzasındaki engebeliliğin özel temsilini sağlayan bir eğitim indeksidir (Melton, 1965; Soni, 2017).

$$MR_n = \frac{B_h}{A^{0.5}} \quad (\text{Formül 19})$$

Melton engebelilik değeri " MR_n " eşitliğinde; B_h (km) havza rölyefini, A alanı (km^2) temsil etmektedir (Formül 19). Türkiye ana havzalarının MR_n değerleri; Çoruh 0,03, Küçük Menderes 0,03, Aras 0,03, Seyhan 0,03, Asi 0,03, Ceyhan 0,02, Gediz 0,02, Yeşilirmak 0,02, Büyük Menderes 0,02, Kızılırmak 0,01, Sakarya 0,01, Fırat 0,01, Dicle 0,01 ve Meriç-Ergene havzası ise 0,008'dir (Şekil 11). Alt havzaların ortalaması bakımından Doğu Akdeniz belirgin olarak yüksekte, buna karşın Meriç-Ergene alt havzaları ortalamanın altındadır (Şekil 12, Tablo 1).

Hipsometrik Eğri (H_c)

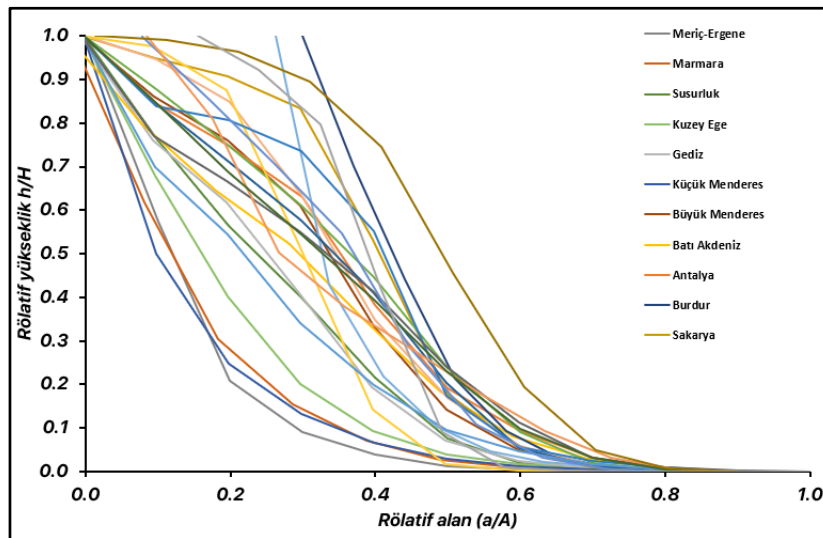
Hipsometrik eğri (*ing. hypsometric curve*) ve hipsometrik integral, yükselti değerlerinin alansal olarak dağılışı hesabına dayanmaktadır (Karabulut ve ark., 2013; Strahler, 1952). Pike ve Wilson (1971); Hipsometrik eğriyi, yeryüzünde bir alanın içinde yer alan yüksekliklerin dağılımı olarak temsil etmektedir. Hipsometrik eğri; rölaf yükseklik değerinin, rölaf alan üzerine iz düşürülmesi ile elde edilir (Köle, 2016). Hipsometrik analiz, bir drenaj havzasındaki akarsu süreçleriyle jeomorfik gelişim aşamasını ve erozyon derecesini etkili bir şekilde çıkarabilir (Dursun & Babalık, 2023; Parvez & Inayathulla, 2019). Dışbükey şekilli hipsometrik eğri genç evredeki bir havzayı, "S" şekilli hipsometrik eğrinin olgunluk evresindeki havzayı ve içbükey şekilli eğrinin ise penepren evresindeki bir akarsu havzasını karakterize etmektedir (Köle, 2016; Strahler, 1952).

$$H_c = h/H \text{ ve } a/A \quad (\text{Formül 20})$$

Hipsometrik eğri " H_c " eşitliğinde; h rölaf yükseklik, H toplam yükseklik, a rölaf alan, A değeri ise toplam alanı temsil etmektedir (Formül 20).

Havzaya ait yükseklik değerleri ve kapsadıklarının oranlanmasıyla ortaya çıkan hipsometrik eğri grafiklerinde eğer iç bükey bir şekil gözleniyorsa akarsularda akım gücünün giderek zayıfladığı ve artık biriktirme faaliyetlerinin başlamasından dolayı taşkın durumunun meydana gelme olasılığının da artacağı söylenebilir. Tam tersi ortaya çıkan grafikte dış bükey bir şekil gözleniyorsa havzanın henüz gençlik safhasında olduğu ve buna bağlı olarak akarsuyun akım gücünün yüksek olmasından dolayı biriktirme faaliyeti gerçekleşmeyecektir. Buna bağlı olarak da meydana gelecek herhangi bir su baskınının taşkın karakterliği olmayıp, sel karakterli olması beklenmektedir (Özdemir, 2011).

Bu çalışmada da Türkiye'nin 13 ana havzası ayrı ayrı 10 eşit yükselti birimlerine ayrılarak her havza için hipsometrik eğri oluşturulmuştur. Elde edilen grafik (Şekil 10)'de gösterilmektedir. Çıkan grafiğe göre Aras gençlik, Asi yaşlılık, Büyük Menderes olgunluk, Ceyhan olgunluk, Çoruh gençlik, Fırat olgunluk, Dicle olgunluk, Gediz olgunluk, Kızılırmak gençlik, Küçük Menderes yaşlılık, Meriç-Ergene yaşlılık, Sakarya gençlik, Seyhan olgunluk ve Yeşilirmak havzası ise gençlik evresindedir (Şekil 10).



Şekil 10.
Ana Havzalara Ait Hipsometrik Eğri Değerleri.

Hipsometrik İntegral (H_i)

Hipsometrik eğri altında kalan toplam alan Hipsometrik İntegral (*ing. hypsometric integral*) değeridir (Strahler, 1952; Özdemir, 2011). Bir havzanın hipsometrik integral değeri hesaplanırken o havzanın maksimum, minimum ve ortalama yükselti değerleri kullanılır ve yüzde (%) olarak ifade edilir. Havzanın yükseklik dağılımına bağlı olarak gençlik, olgunluk ve yaşlılık evrelerini gösteren bu üç dönemin sayısal ifadesi ise şöyledir: Eğer hipsometrik eğri integral değeri 0,3'e denk veya daha küçükse havza olgun, 0,3 ila 0,6 arasında bir değere sahipse genç ya da olgunluğa ulaşmamış, 0,6'dan büyük bir değere sahipse arazi genç manasını taşır (Karabulut ve ark., 2013; Küçükönder, 2012).

$$H_i = \frac{(H_{ort} - H_{min})}{(H_{max} - H_{min})} \quad (\text{Formül 21})$$

Hipsometrik integral (H_i) eşitliğinde; H_{ort} ortalama yükseltiyi, H_{max} maksimum yükseltiyi, H_{min} minimum yükseltiyi temsil etmektedir (Formül 21).

Türkiye ana havzalarının hipsometrik integral değerlerine baktığımızda; Çoruh 0,48, Sakarya 0,39, Seyhan 0,37, Yeşilirmak 0,35, Ceyhan 0,33, Büyük Menderes 0,33, Kızılırmak 0,30, Fırat 0,30, Dicle 0,27, Aras 0,27, Gediz 0,26, Asi 0,24, Meriç-Ergene 0,16 ve Küçük Menderes'in ise 0,14 değerinde olduğu görülmektedir (Şekil 11). Çıkan sonuçlara göre Türkiye'nin havzalarının çoğunun topoğrafyasının henüz gençlik evresinde olduğu söylenebilir. Alt havzaların ortalaması bakımından Doğu Akdeniz, Çoruh, Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz alt havzaları yüksek iken, Akarçay, Van ve Asi alt havzaları ortalamasının altındadır (Şekil 12, Tablo 1). Biga Çayı Havzası üzerine yapılan çalışmada ise havzanın hipsometrik integrali 0,26 (Utlü & Özdemir, 2018), Aksu Çayı Havzası için 0,45, Batlama Deresi Havzası için 0,39 (Avcı & Sunkar, 2015), Çalidere Havzası için 0,66 (Güney, 2018), Karasu Çayı için 0,21 (Karataş, 2007), Limonlu Havzası için 0,63 ve Alata Deresi için 0,54 (Topuz & Karabulut, 2016), Hoşköy Deresi Havzası için 0,4 (Özşahin, 2015) ve Uzun'un yaptığı çalışmada İnegöl Havzası için 0,26, Kocadere-Aksu Dere Havzası için 0,36, Akçasu-Bedresu Dere Havzası için 0,31, Kalburt-Cerrah Dere Havzası için 0,27 (2021)

olarak hesaplanmıştır.

Gradyan Oranı (G_r)

Gradyan oranı (*ing. gradient ratio*), akışın hangi kanaldan geldiğini göstererek akışın gücü hakkında bilgi verir (Sreedevi ve ark., 2005). Düşük G_r değeri orta derece röllyefe sahip bir havzanın ve düz bir alan boyunca akan bir akarsuyun göstergesidir (Soni, 2017).

$$G_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \quad (\text{Formül 22})$$

Gradyan oranı " G_r " eşitliğinde; H_{max} (m) maksimum yükseltiyi, H_{min} (m) minimum yükseltiyi, L (m) maksimum havza uzunluğunu temsil etmektedir (Formül 22).

Formülün uygulanması ile elde edilen Türkiye ana havzalarının gradyan oranı değerlerinde; Aras 0,014, Çoruh 0,013, Asi 0,012, Seyhan 0,011, Ceyhan 0,011, Küçük Menderes 0,011, Gediz 0,009, Yeşilirmak 0,007, Büyük Menderes 0,007, Sakarya 0,006, Meriç-Ergene 0,006, Dicle 0,006, Kızılırmak 0,005, ve Fırat havzası ise 0,005 değerine sahiptir (Şekil 11). Alt havzalarda Meriç-Ergene ve Marmara alt havzaları ortalamasının çok altındır (Şekil 12, Tablo 1).

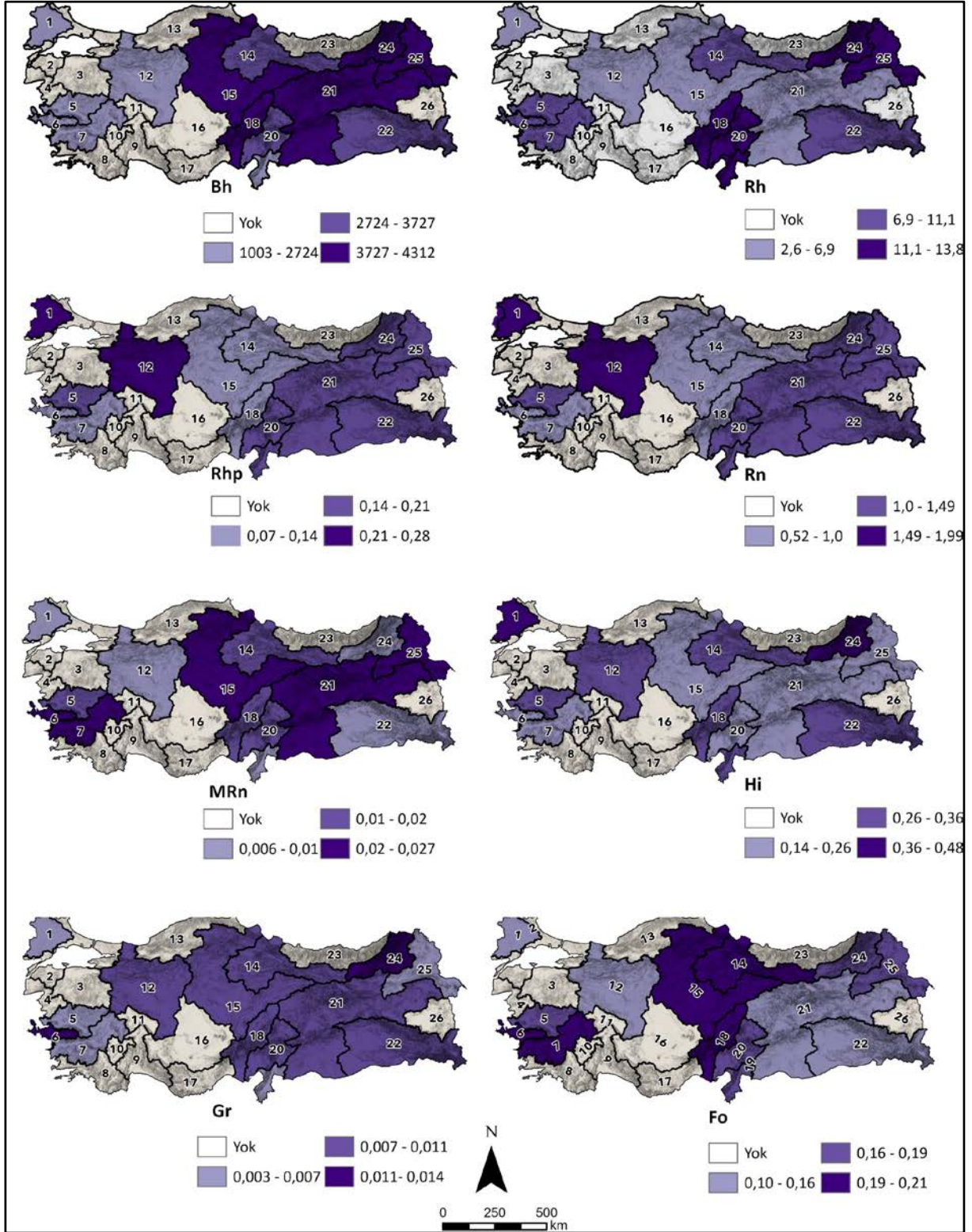
Form Oranı (F_o)

Ana kanal uzunluğunun çevre uzunluğuna oranlanmasıyla elde edilen form oranı (*ing. fitness ratio*) F_o değeri havzanın topoğrafik olarak ölçüsüdür (Hajam ve ark., 2013)

$$F_o = L/P \quad (\text{Formül 23})$$

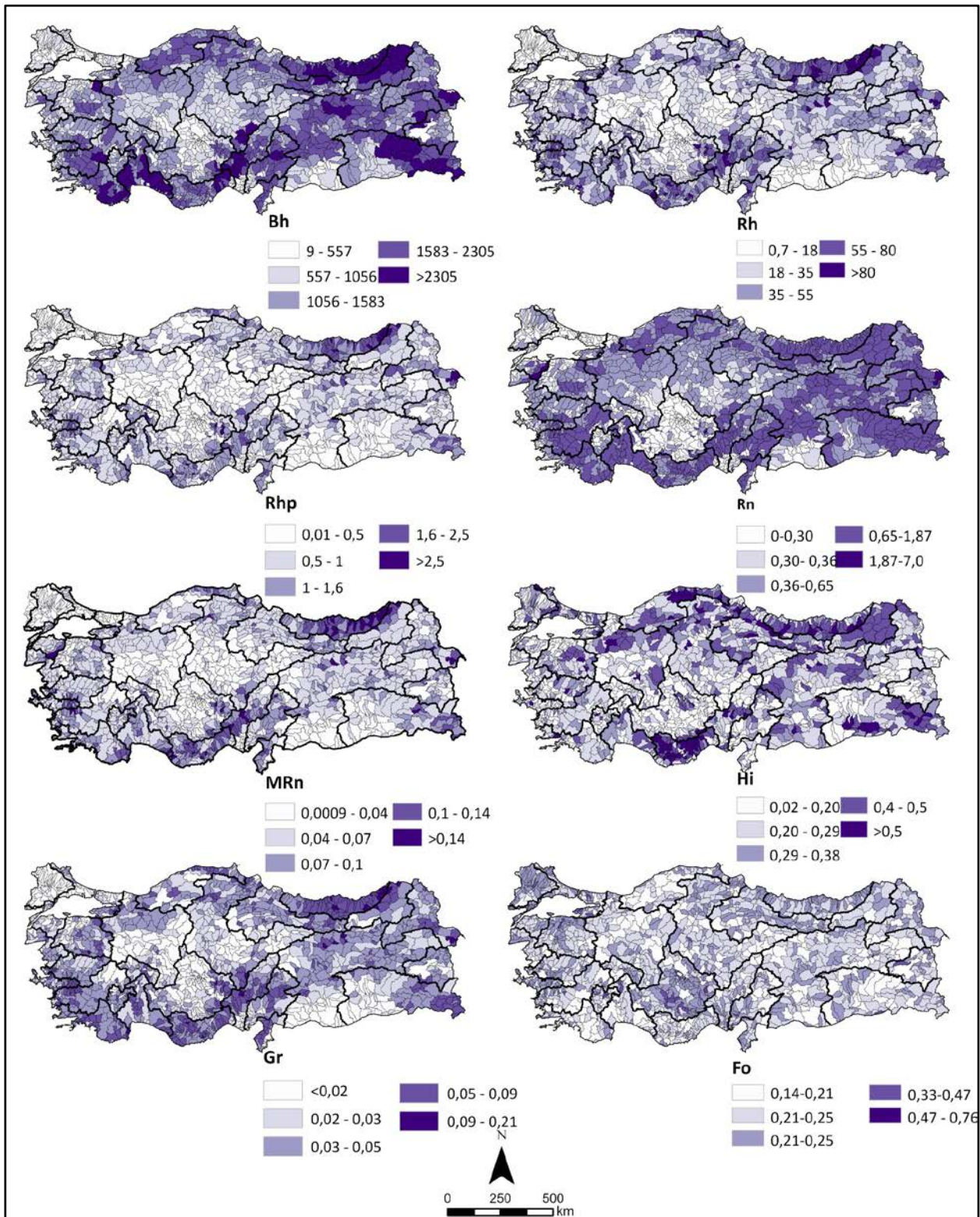
Form oranı " F_o " eşitliğinde; L maksimum havza uzunluğunu (km), P havza çevre uzunluğunu (km) temsil etmektedir (Formül 23).

Türkiye ana havzalarının form oranı değerleri; Asi 0,21, Seyhan 0,21, Çoruh 0,21, Yeşilirmak 0,20, Kızılırmak 0,20, Büyük Menderes 0,19, Dicle 0,19, Gediz 0,18, Meriç-Ergene 0,17, Ceyhan 0,16, Sakarya 0,16, Küçük Menderes 0,16, Aras 0,16 ve Fırat ise 0,14'tür (Şekil 11). Alt havzalar bakımından ortalama değerler birbirine yakındır (Şekil 12, Tablo 1).

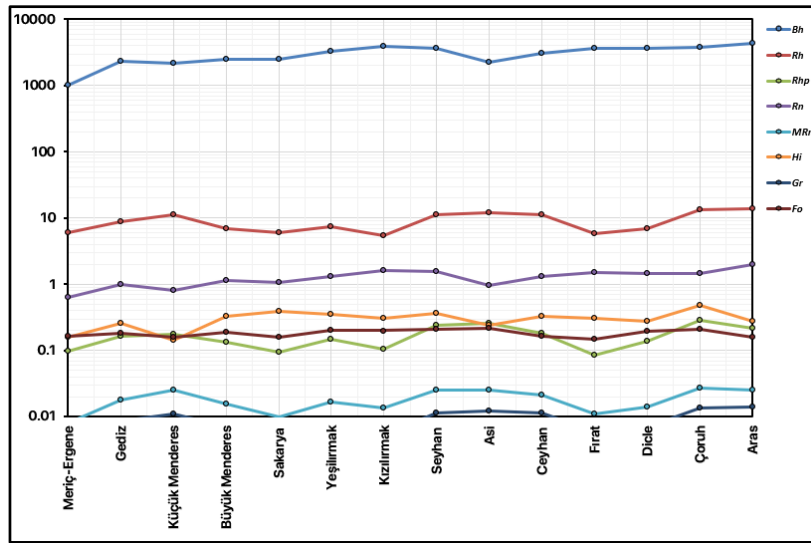


Şekil 11.

Ana Havzaların Rölyef Morfometri Değerleri Haritası (B_h (Havza Rölyefi), R_h (Rölyef Oranı), R_{hp} (Bağıl Rölyef Oranı), R_n (Engebellik Değeri), M_{rn} (Melton Engebellik Değeri), H_c (Hipsometrik Eğri), H_i (Hipsometrik Integral) G_r (Gradyan Oranı), F_o (Form Oranı).



Şekil 12. Alt Havzaların Rölyef Morfometri Değerleri Haritası (B_h (Havza Rölyefi), R_h (Rölyef Oranı), R_{hp} (Bağıl Rölyef Oranı), R_n (Engebelilik Değeri), M_{rn} (Melton Engebelilik Değeri), H_c (Hipsometrik Eğri), H_i (Hipsometrik İntegral) G_r (Gradyan Oranı), F_o (Form Oranı).



Şekil 13.

Ana Havzalara Ait Rölyef Morfometri Değerleri (B_h (Havza Rölyefi), R_h (Rölyef Oranı), R_{hp} (Bağıl Rölyef Oranı), R_n (Engebelilik Değeri), M_{rn} (Melton Engebelilik Değeri), H_c (Hipsometrik Eğri), H_i (Hipsometrik İntegral) G_r (Gradyan Oranı), F_o (Form Oranı).

Tablo 1:

Alt Havzalara Ait Ortalama Morfometri Değerleri (R_l (Akarsu Uzunluk Oranı), R_b (Çatallanma Oranı), l_o (Yüzeysel Akış Uzunluğu), T (Tekstür Oranı), p (Rho Katsayısı) D_t (Drenaj Tekstür Oranı), D_a (Drenaj Yoğunluğu), F_s (Akarsu Sıklığı), R_e (Uzunluk Oranı), F_f (Form Faktörü), K_g (Gravelius İndeksi), R_c (Dairesellik Oranı), C_{cm} (Kanal Bakım Sürekliliği) B_s (Havza Şekli İndeksi), B_h (Havza Rölyefi), R_h (Rölyef Oranı), R_{hp} (Bağıl Rölyef Oranı), R_n (Engebelilik Değeri), M_{rn} (Melton Engebelilik Değeri), H_c (Hipsometrik Eğri), H_i (Hipsometrik İntegral) G_r (Gradyan Oranı), F_o (Form Oranı).

Havza no	Havza adı	Rl_ort	Rb_ort	Lo_ort	T_ort	p_ort	Dt_ort	Dd_ort	Fs_ort	Re_ort	Ff_ort	Kg_ort	Rc_ort	Ccm_ort	Bs_ort	Bh_ort	Rh_ort	Rhp_ort	Rn_ort	Mrn_ort	Hi_ort	Gr_ort	Fo_ort
1	Meriç-Ergene	2.88	2.48	0.82	0.28	0.97	0.55	0.62	0.27	0.53	0.23	2.51	0.18	1.63	5.93	373	10.48	0.26	0.23	0.02	0.31	0.01	0.26
2	Marmara	4.67	2.62	1.59	0.14	0.88	0.25	0.44	0.18	0.59	0.29	2.21	0.25	3.17	4.95	533	23.91	0.63	0.29	0.05	0.35	0.02	0.27
3	Susurluk	3.96	2.47	1.57	0.19	0.90	0.35	0.39	0.15	0.62	0.32	2.04	0.26	3.13	3.84	963	34.06	0.87	0.38	0.06	0.32	0.03	0.26
4	Kuzey Ege	2.81	2.42	1.50	0.18	1.07	0.32	0.38	0.16	0.62	0.31	2.15	0.23	3.00	3.82	853	32.18	0.79	0.33	0.06	0.29	0.03	0.25
5	Gediz	3.24	2.20	1.28	0.18	0.84	0.34	0.43	0.16	0.62	0.31	2.14	0.22	2.56	3.69	1059	39.73	0.99	0.47	0.07	0.29	0.04	0.25
6	Küçük Menderes	3.10	2.66	2.28	0.13	0.93	0.22	0.34	0.14	0.62	0.32	2.03	0.26	4.55	3.71	900	51.88	1.36	0.32	0.09	0.27	0.05	0.26
7	Büyük Menderes	2.97	2.36	1.30	0.20	0.90	0.37	0.43	0.16	0.62	0.32	2.18	0.22	2.60	3.66	1206	42.66	1.06	0.53	0.08	0.28	0.04	0.24
8	Batı Akdeniz	3.30	2.60	2.22	0.15	0.91	0.26	0.29	0.13	0.57	0.28	2.57	0.18	4.44	5.01	1264	43.31	0.99	0.41	0.09	0.30	0.04	0.23
9	Antalya	3.87	2.39	1.47	0.21	0.88	0.36	0.37	0.16	0.62	0.31	2.26	0.21	2.95	3.54	1517	46.54	1.07	0.58	0.09	0.29	0.05	0.24
10	Burdur	3.60	2.11	1.87	0.15	0.78	0.27	0.32	0.12	0.68	0.37	1.94	0.29	3.74	3.01	925	37.97	0.90	0.30	0.06	0.28	0.04	0.25
11	Akarçay	4.91	2.21	2.39	0.13	1.08	0.23	0.30	0.10	0.68	0.37	1.95	0.28	4.29	2.96	802	34.25	0.97	0.23	0.06	0.25	0.03	0.25
12	Sakarya	7.18	2.70	1.19	0.25	1.04	0.47	0.43	0.16	0.66	0.35	2.19	0.22	2.38	3.28	949	26.88	0.61	0.40	0.05	0.32	0.03	0.23
13	Batı Karadeniz	3.34	2.89	1.48	0.20	1.07	0.37	0.35	0.14	0.64	0.33	2.22	0.22	2.95	3.49	1292	39.50	0.91	0.46	0.07	0.39	0.04	0.23
14	Yeşilirmak	2.77	2.39	1.28	0.23	0.97	0.42	0.40	0.16	0.64	0.33	2.09	0.24	2.56	3.43	1248	37.60	0.92	0.49	0.07	0.38	0.04	0.25
15	Kızılırmak	3.49	2.76	4.31	0.24	0.98	0.45	0.42	0.15	0.66	0.35	2.09	0.24	8.61	3.18	1116	32.44	0.78	0.46	0.06	0.33	0.03	0.24
16	Konya Kapalı	4.91	2.52	3.94	0.14	1.45	0.26	0.72	0.11	0.62	0.31	1.96	0.29	8.57	3.77	724	25.41	0.69	0.35	0.05	0.28	0.03	0.28
17	Doğu Akdeniz	4.03	2.36	1.28	0.16	0.99	0.29	0.40	0.15	0.61	0.30	2.36	0.20	2.56	3.95	1540	54.22	1.26	0.61	0.10	0.47	0.05	0.23
18	Seyhan	3.45	2.33	1.24	0.19	0.96	0.36	0.42	0.15	0.63	0.32	2.19	0.22	2.49	3.82	1270	38.92	0.91	0.52	0.07	0.34	0.04	0.24
19	Asi	9.07	3.24	1.21	0.22	0.77	0.39	0.43	0.16	0.62	0.31	2.07	0.25	2.42	3.94	1317	41.49	1.08	0.55	0.08	0.26	0.04	0.26
20	Ceyhan	3.46	2.70	1.23	0.19	1.08	0.36	0.43	0.15	0.59	0.28	2.23	0.22	2.45	4.15	1156	31.94	0.77	0.49	0.06	0.28	0.03	0.25
21	Fırat	4.01	2.63	1.28	0.26	1.03	0.50	0.40	0.15	0.63	0.32	2.19	0.22	2.55	3.61	1459	35.28	0.84	0.58	0.06	0.35	0.04	0.24
22	Dicle	3.90	2.45	1.25	0.23	1.01	0.52	0.40	0.15	0.62	0.32	2.09	0.22	2.53	3.61	1400	35.28	0.81	0.62	0.06	0.36	0.04	0.24
23	Doğu Karadeniz	2.75	2.65	1.46	0.16	1.09	0.29	0.35	0.13	0.61	0.30	2.06	0.25	2.93	3.93	1989	71.15	1.88	0.71	0.14	0.41	0.07	0.26
24	Çoruh	3.79	2.16	1.36	0.37	1.03	0.71	0.37	0.16	0.67	0.36	2.06	0.25	2.72	3.01	2443	54.25	1.31	0.89	0.09	0.42	0.05	0.24
25	Aras	3.34	2.54	1.13	0.27	0.95	0.52	0.45	0.17	0.66	0.35	2.05	0.25	2.26	3.22	1551	43.49	1.10	0.71	0.07	0.33	0.04	0.24
26	Van Gölü	3.77	2.25	1.84	0.19	0.88	0.37	0.37	0.15	0.62	0.32	2.18	0.23	3.68	3.92	1234	35.37	0.86	0.46	0.07	0.27	0.04	0.25
Ortalama		3.94	2.50	1.68	0.20	0.98	0.38	0.41	0.15	0.62	0.32	2.15	0.23	3.37	3.79	1195	38.47	0.95	0.48	0.07	0.33	0.04	0.25
En yüksek		9.07	3.24	4.31	0.37	1.45	0.71	0.72	0.27	0.68	0.37	2.57	0.29	8.61	5.93	2443	71.15	1.88	0.89	0.14	0.47	0.07	0.28

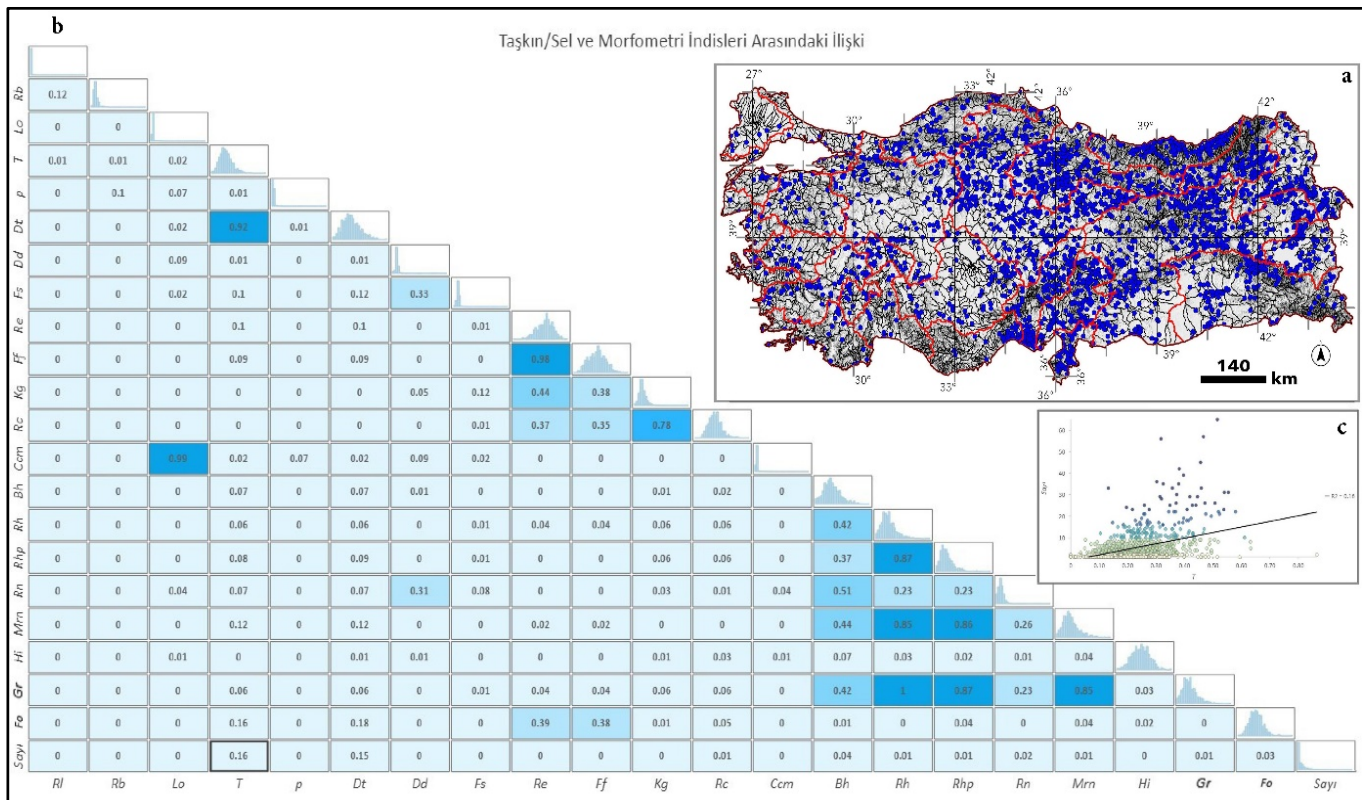
Sel/Taşkın Olayları ve Alt Havza Morfometrik İndisleri Arasındaki İlişkiler

Hidrometeorolojik kökenli afetlerden sel ve taşkınlar Türkiye’de maddi ve manevi meydana getirdiği zararlar açısından depremlerden sonra ilk sırada yer almaktadır (Benli ve ark., 2018). Alt yapı yetersizliğinden dolayı kent içi ani su basması, özellikle akarsu alt çığırında delta düzlüklerinde akarsu yatak taşıma kapasitesini aşan su akımı, hidrolojik havzaların üst çığırında

kar erimeleri ve ekstrem yağışlar sonucu oluşan sel ve taşkınlar hidrometeorolojik afetlerin başlıca türleri arasında yer almaktadır (Benli ve ark., 2018; Şen, 2009). Hidrometeorolojik afet olayların birincil kaynağı aşırı ve yoğun yağışlar olmasına karşın bir bölgede sel ve taşkın olaylarının yaşanmasında toprak, litoloji, arazi kullanımı ve jeomorfolojik koşulların uygun olması gerekmektedir (Aldrees ve ark., 2024; Mudashiru ve ark., 2021). Jeomorfolojik koşulların özellikle sel ve taşkın olaylarının değerlendirilmesinde yardımcı açıklayıcı olarak morfometrik indislerden

yararlanılmaktadır (Avcı & Sunkar, 2018; Erdede & Öztürk, 2016; Koçyigit & Akay, 2018; Özdemir, 2011; Turoğlu & Aykut, 2019). Yapılan birçok çalışmada taşkın potansiyelinin yüksek olmasının ilişkilendirildiği bazı jeomorfometrik indisler söz konusudur. Akarsu uzunluk oranı (R_l) (Dursun & Babalık, 2023), çatalanma oranı (R_b) (Dursun & Babalık, 2023; Jain ve ark., 2015), form faktör F_f (Banerjee ve ark., 2015; Soni, 2017), havza şekil indeksi (B_s) (Soni, 2017), havza rölyefi (B_h) (Özdemir, 2011), rölyef oranı (R_h) (Dursun & Babalık, 2023) taşkın potansiyeli ile ilişkilendirilen indislerdir. Bu çalışma kapsamında kullanılan alt havzalarda meydana gelen taşkın sayıları (Şekil 14a) ile morfometrik indislerin arasındaki ilişki durumu diğer taşkın potansiyelini etkileyen yağış, toprak ve arazi kullanımı faktörleri dikkate alınmadan değerlendirildiğinde belirleme katsayıları oldukça düşük çıkmaktadır (Şekil 14b ve 14c). İstatistiksel olarak bu durum sel ve taşkın olaylarının gerçekleşmesinde yağış gibi diğer faktörlerin etkisinin daha yüksek olmasıyla (Şen, 2009) açıklanabilir. Literatürde taşkın olaylarının açıklanmasında yardımcı indis olarak kullanılan akarsu uzunluk oranı ($R_l:0$), çatalanma oranı ($R_b:0$) ve form faktör ($F_f:0$) taşkın olay sayıları

ile ilişkisiz çıkmışlardır. Havza rölyefi ($B_h:0,04$) ve rölyef oranı ($R_h:0,01$) ise taşkın olaylarında oldukça düşük açıklama gücüne sahiptirler. Belirleme katsayısı 0,16 olan tekstür oranı (T) ve 0,15 olan drenaj tekstür oranı (D_t) indisleri gerçekleşen sel ve taşkın olaylarının yaklaşık % 15'ini açıklayabildikleri tespit edilmiştir (Şekil 14c). Tekstür oranı ve drenaj tekstür oranı (Şekil 3) arasında determinasyon katsayıları 0,92 olarak hesaplanmıştır. Bu iki indisten birinin taşkın ve sel olaylarını açıklamak için yeterli olacağı düşünülmektedir. Diğer morfometrik indisler arasındaki ilişkiler incelendiğinde hesaplama yaklaşımları dikkate alındığında rölyef oranı (R_h) ile gradyan oranı (G_r) indislerinin aynı sonuçları verdiği görülmektedir. Yine rölyef oranının (R_h) kullanılmasıyla Melton engebelilik değeri (M_{rn}) ve bağıl rölyef oranı (R_{hp}) için hesaplanan değerlerin %85 oranında benzer sonuç verdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle tüm alt havzalar için gerçekleştirilen morfometrik indisler arası determinasyon katsayılarının gösterdiği üzere özellikle sel/taşkın tehlike ve duyarlılık gibi bir çalışmada tüm morfometrik indislerin birlikte kullanılmasına gerek olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 14:

Alt Havzalara Ait Morfometrik Değerleri ve Gerçekleşen Sel/Taşkın Olayları Arasındaki İlişki Matrisi (Sayı (Sel/Taşkın Sayısı), R_l (Akarsu Uzunluk Oranı), R_b (Çatalanma Oranı), l_o (Yüzeysel Akış Uzunluğu), T (Tekstür Oranı), p (Rho Katsayısı) D_t (Drenaj Tekstür Oranı), D_d (Drenaj Yoğunluğu), F_s (Akarsu Sıklığı), R_e (Uzunluk Oranı), F_f (Form Faktörü), K_g (Gravelius İndeksi), R_c (Dairesellik Oranı), C_{cm} (Kanal Bakım Sürekliliği) B_s (Havza Şekli İndeksi), B_h (Havza Rölyefi), R_h (Rölyef Oranı), R_{hp} (Bağıl Rölyef Oranı), R_n (Engebelilik Değeri), M_{rn} (Melton Engebelilik Değeri), H_i (Hipsometrik İntegral) G_r (Gradyan Oranı), F_o (Form Oranı).

Sonuç

Türkiye’de 14 ana havzası ve kapalı havzalar dahil olmak üzere 26 havzanın birincil düzeyde alt havzası için yapılan değerlendirmeler sonucunda havzaların jeolojik, iklimsel ve hidrolojik özelliklerine bağlı olarak morfometri sonuçları değişmektedir. Akarsu uzunluk oranı (R_l) değerleri ile havzaların diğer morfometrik parametreleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunamamıştır. Seyhan havzasında R_l değerinin çok yüksek çıkmasının nedeni, havzanın 7. dizine kadar akarsu oluşturmasından kaynaklanmaktadır. 7. dizindeki akarsuların çok kısa olması R_l ve R_b (Çatallanma Oranı) değerlerinin ortalamasını yükseltmektedir. Bu havza için akarsu ağının en çok gelişmiş olduğu ana akarsuya çok fazla yan kolun dahil olduğu yorumlanabilir. En düşük R_l değerine Büyük Menderes havzası sahiptir. Bu havzada, akarsu ağı 1. ve 4. dizin arasında orantısız olarak azalmasına karşın ana akarsu ve bir önceki dizin uzunlukları birbirine yakındır. Bu durum önceki dizinlerin ana akarsuya paralel aktığını göstermektedir. Böyle bir durumda ana akarsuya katılan çaylarda sızma, buharlaşma ve tutulma vb. kayıpları artırmaktadır. Yüzeysel akış uzunluğu drenaj yoğunluğu (D_d) ile ters orantılı olduğundan (Elebaşı & Özdemir, 2018) drenaj yoğunluğu açısından düşük olan Küçük Menderes ve Çoruh için yüksek çıkmıştır. Bu iki havza için yamaç eğiminin genelde yüksek olmadığı bölgelere karşılık gelmektedir. Ana havza bakımından tekstür oranı (T) değerlerinin 2’nin altında olması birçok havza için tekstürün kaba olduğunu göstermektedir (Smith, 1950). Çoruh, Aras, Sakarya ve Meriç-Ergene alt havzalarına ait tekstür oranının yüksek çıkmasından dolayı, diğer alt havzalara göre daha ince malzeme taşıdığı söylenebilir. Bu durumda yüksek yağış ve litolojinin temel rol oynadığı anlaşılmaktadır. Ana havzalar içerisinde değerlendirdiğinde ise en yüksek hidrolojik depolamaya Büyük Menderes havzası sahip iken en düşük hidrolojik depolama Seyhan Havzası’nda görülmektedir. Rho (p) değerinin düşük çıkması suyun depolanmamasına neden olmaktadır. Bu durum antedant ve ekstrem yağışlarda taşkın olasılığını artırmaktadır. Drenaj tekstür (D_t) oranında ana havza olarak Fırat, Dicle ve Meriç-Ergene havzalarının orta taneli malzeme taşıdığını işaret etmektedir. Fakat alt havzalar bakımından değerlendirildiğinde tüm alt havzaların malzeme transferi bakımından kaba taneli malzemeler sınıfına girmektedir. Havza çevre oranının azalmasına bağlı olsa da bu indisin tutarlılığı tartışma konusu olup doğruluğu test edilmelidir. Konya havzasına ait alt havzalarda yüksek drenaj yoğunluğunun bulunması kurak iklim morfolojisinden dolayı tutulmaya neden olan etkenlerin az olmasından kaynaklanmaktadır. Batı Akdeniz alt havzalarının ortalamadan düşük olmasına yüksek geçirgenlik sağlayan karstik topografyaya sahip olması önemli rol oynamaktadır. Akarsu sıklığında Meriç-Ergene havzası hem ana havza bakımından hem de alt havza bakımından diğer havzalardan yüksek çıkması hem yağışın yüksek olması hem de havzanın büyük çoğunluğunun homojen olarak Miyosen yaşlı karasal kırıntılardan oluşan litolojilerin çizgisel akışa uygun olmasıdır.

Uzunluk oranında (R_e) Meriç-Ergene havzası daireselliğe en yakın havzayı oluşturmaktadır. Bu durum dizinlerdeki akarsuyun

ekstrem yağışlarda ana yatakta toplanmasını hızlandırmakta ve taşkın olasılığını artırmaktadır. Ana akarsu dışında alt havza olarak değerlendirildiğinde Meriç-Ergene alt havzaları uzunlamasına bir form sunmaktadır. Aynı durum form faktörü içinde geçerlidir. Gravelius indeksi (K_g) değeri Meriç-Ergenenin bütününde dairesel, alt havza bakımından ise alt havzaların uzunlamasına bir forma sahip olduğunu göstermektedir. Burdur, Akarçay ve Konya Kapalı havzalar alt havza bakımından daha dairesel görünümündedir. Dairesellik oranı (R_c) değerleri bir diğer dairesellik hakkında çıkarım sağlayan Gravelius indeksi değeriyle yakın sonuçlar çıkarmıştır. Farklı olarak diğer kapalı havzalara göre ana havza bakımından Çoruh havzası bu indise göre daha daireseldir. Düşük drenaj yoğunluğuna sahip kapalı havzalarda kanal bakım süreklilik katsayısı düşük çıkmaktadır. Meriç-Ergene ve Aras alt havza düzeyinde akış devamlılığı için gerekli minimum alana en fazla sahip olan havzalardır. Form faktörüne (F) bağlı havza şekil indeksinde Ceyhan ve Meriç-Ergene alt havzalarının uzunlamasına havza olduğunu göstermektedir. Havza rölyefinde ana havza bakımından Aras havzası, alt havza bakımından ise Çoruh’un en yüksek rölyefe dolayısı ile yüksek aşındırma gücüne sahip olduğu söylenebilir. En az ise Meriç-Ergene havzasıdır. Aynı durum rölyef oranı ve gradyan oranı içinde geçerli Karadeniz yüksek topografyadan dolayı bu bölgedeki havzaların rölyef oranı yüksektir. Melton engebelilik değerinin (MR_n) Küçük Menderes ve Seyhan havzalarında havza alanına göre yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu sonucu havzanın üst çığırlarında keskin yükselti geçişlerinin etkilediği söylenebilir. Fakat genel olarak hipsometrik açıdan Küçük Menderesin yaşlılık evresinde olduğu göz ardı edilmemelidir.

Literatürde morfometrik indis sonuçları verilen bulgular bölümünde ALOS PALSAR; ASTER GDEM, 1/25000 topografya haritaları kullanılarak üretilmiş SYM gibi altlık verileri kullanan çalışmalara değinilmiştir. Bu çalışma SRTM 90 m altlık SYM ile üretilen indis sonuçları ile diğer farklı kaynaklardan üretilmiş farklı çözünürlüğe sahip SYM’lerin kullanılmasından elde edilen indis değerlerinin doğrudan karşılaştırılması yapılmamıştır.

Tarım ve Orman Bakanlığı 2016 yılı itibari ile Türkiye’nin 25 ana havzası için taşkın yönetim planı hazırlamaya başlamıştır. 2022 yılında 23 havzanın taşkın planlaması yapılmış ve 2025 yılı itibari ile tüm havzaların taşkın yönetim planlamalarını tamamlanması hedeflenmektedir. Pek çok araştırmacı çalışmalarında morfometrik indisleri sorgusuz kullanmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları açısından değerlendirildiğinde özellikle morfometrik indislerin yorumlanmasında, araştırmacıların çalışma alanı ve irdelenen olay özellikleri arasındaki ilişkileri dikkatli ele almaları önerilmektedir.

Sonuç olarak bu çalışma yapılan diğer morfometri çalışmaları ile bir karşılaştırma olanağı sunmaktadır. Aynı zamanda alt havza ölçeklerinde morfometrik indis değerlerinin kullanıldığı sel ve taşkın tehlike/duyarlılık çalışmalarında olayları açıklamakta çok düşük etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Özellikle sel ve taşkın çalışmalarında tekstür oranı (T) ve drenaj tekstür oranı (D_t)

indislerinin diğer indisler ile karşılaştırıldığında olay açıklama güçlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda çalışma, Türkiye'deki havza planlamalarında dikkate alınarak doğa olayının afet boyutuna dönüşmesini engellemesiyle katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Havza ölçeğinde gerçekleştirilecek mekânsal planlama çalışmalarında tüm morfometrik indislerin uygulanması yerine olay açıklama gücü yüksek indis seçimlerinin kullanılması önerilmektedir.

Sınırlılıklar

Bu çalışmada ülkemizde gerçekleştirilen ve global doğruluğu ASTER GDEM verilerine göre daha iyi olduğu ortaya konulan (Bihter ve ark., 2020; Bildirici & Abbak, 2017) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission-Mekik Radar Topografya Görevi) sayısal yükseklik modeli tercih edilmiştir. Aynı zamanda bu çalışmanın tüm Türkiye ölçeğinde yapılması, SRTM-X bant verilerinin SRTM-C bant verilerine göre daha iyi sonuçlar vermesine rağmen yüksek çözünürlüklü verilerin güçlü donanımlar ile çalışmayı gerektirmesinden dolayı SRTM C bantlarına ait olan SRTM 90 metre tercih edilmiştir.

Çalışma düşük çözünürlükte SYM ile yapıldığı için ana havzalar ve bunlara ait alt havzalardan ötesine geçilmemiştir. Fakat çalışma ASTER GDEM ve ALOS PALSAR gibi veriler ile SRTM 90 m gibi farklı çözünürlükteki sonuçlar arasında özellikle sel/taşkın için havza önceliklendirme ve tehlike çalışmalarının yürütülmesinde karşılaştırılma imkânı sunmaktadır.

Bazı morfometri değerleri (örneğin drenaj yoğunluğu) değerleri literatürdeki diğer çalışmalardan farklı çıkabilmektedir. Bunun nedeni literatürdeki çalışmalardan farklı çözünürlükte SYM kullanılmasının yansırı akım toplanma için verilen eşik değeri ile ilgilidir.

Bazı ana havzaların kurak ve yarı kurak iklim bölgesindeki alt havzalarının drenaj yoğunluğu yüksek çıktığı görülmektedir. Jeomorfometrik analiz sürecinde akım toplama katsayısına verilen eşik değeri ile oluşturulan akarsular, topografik özelliklere bağlı yağış alması durumunda oluşacak doğal yüzey akış yoludur. Bu çalışmada sızmayı etkileyen bölgenin litolojisi, toprak özellikleri ve önceki nem içeriği gibi özellikler dikkate alınmamıştır.

and/or Processing- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Analysis and/or Interpretation- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Literature Search- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Writing Manuscript- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Critical Review- G.Ş.N., M.E.C., M.K.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

- Ahmed, A., Hewa, G., & Alrajhi, A. (2021). Flood susceptibility mapping using a geomorphometric approach in South Australian basins. *Natural Hazards*, 106(1), 629-653. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04481-z>
- Al-Saady, Y. I., Al-Suhail, Q. A., Al-Tawash, B. S., & Othman, A. A. (2016). Drainage network extraction and morphometric analysis using remote sensing and GIS mapping techniques (Lesser Zab River Basin, Iraq and Iran). *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6038-y>
- Aldrees, A., Mohammed, A., Dan, A., Aôazumi, S., & Abba, S. I. (2024). Frequency-based flood risk assessment and mapping of a densely populated Kano city in sub-saharan africa using move framework. *Water*, 16(7), 1013. <https://doi.org/10.3390/w16071013>
- Ali, S. A., & Khan, N. (2013). Evaluation of morphometric parameters-a remote sensing and GIS based approach. *Open Journal of Modern Hydrology*, 3 (1), 8. <http://dx.doi.org/10.4236/ojmh.2013.31004>
- Arpat, E., & Şaroğlu, F. (1975). Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18(1), 91-101.
- Atalay, İ. (2010). *Uygulamalı klimatoloji*. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Avcı, V., & Ünsal, Ö. (2023). A morphometric approach to bozkurt (Kastamonu-Türkiye) flood. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(2), 216-239. <https://doi.org/10.21324/dacd.1210797>
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2015). Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan aksu çayı ve batlama deresi havzalarının morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, 30, 91-119.
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2018). Bulancak'ta (Giresun) sel ve taşkın olaylarına neden olan Pazarsuyu, incüvez, Kara ve Bulancak derelerinin morfometrik analizleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 28(2), 15-41. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.460907>
- Banerjee, A., Singh, P., & Pratap, K. (2015). Morphometric evaluation of Swarnrekha watershed, Madhya Pradesh, India: an integrated GIS-based approach. *Applied Water Science*, 7, 1807-1815. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0354-3>
- Beg, A. A. F. (2015). Morphometric toolbox: a new technique in basin morphometric analysis using ArcGIS. *Global Journal of Earth Science and Engineering*, 2(2), 21-30. <https://doi.org/10.15377/2409-5710.2015.02.02.1>
- Benli, H., Bacanlı, M., Gündoğdu, Ş. T., & Yaman, M. (2018). Türkiye'de afet yönetimi ve doğa kaynaklı afet istatistikleri. *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara*.
- Bhatt, S., & Ahmed, S. A. (2014). Morphometric analysis to determine floods in the upper Krishna basin using Cartosat DEM. *Geocarto International*, 29(8), 878-894. <https://doi.org/10.1080/10106049.2013.868042>

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir- M.E.C.; Tasarım- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Denetleme- M.E.C.; Kaynaklar- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Analiz ve/veya Yorum- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Literatür Taraması- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Yazıyı Yazan- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Eleştirel İnceleme- G.Ş.N., M.E.C., M.K.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept - M.E.C.; Design- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Supervision- M.E.C.; Resources- G.Ş.N., M.E.C., M.K.; Data Collection

- Bihter, E., Işık, M. S., & Serdar, E. (2020). Global ve bölgesel (yüksek çözünürlüklü) sayısal yükseklik modellerinin doğruluk analizi üzerine bir inceleme. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(4), 598-612. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.746252>
- Bildirici, İ. Ö., & Abbak, R. A. (2017). Comparison of ASTER and SRTM digital elevation models at one-arc-second resolution over Turkey. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1), 16-25. <https://doi.org/10.15317/Scitech.2017.66>
- Biswas, A., Das Majumdar, D., & Banerjee, S. (2014). Morphometry governs the dynamics of a drainage basin: analysis and implications. *Geography Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/927176>
- Bogale, A. (2021). Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system in Gilgel Abay watershed, Lake Tana basin, upper Blue Nile basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 11(7), 122. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01447-9>
- Bozdoğan, M., & Canpolat, E. (2023). Drenaj havzalarındaki morfolojik özelliklerin jeomorfik analizlerle incelenmesi: Delibekirli (Kırıkhan/Hatay) havzası örneği. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 11, 22-51. <https://doi.org/10.46453/jader.1207265>
- Cai, X., McKinney, D. C., & Lasdon, L. S. (2003). Integrated hydrologic-agronomic-economic model for river basin management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 129(1), 4-17. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2003\)129:1\(4\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2003)129:1(4))
- Cihangir, M. E., Görüm, T., & Nefeslioğlu, H. A. (2018). Heyelan tetikleyici faktörlerine bağlı mekânsal hassasiyet değerlendirmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 70, 133-142. <https://doi.org/10.17211/tcd.410998>
- Cihangir, M. E. (2022). Kayma tipi heyelanların farklı duyarlılık modellerinde kombinasyonu: Sakarya havzası yukarı çığırı örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 80, 21-38. <https://doi.org/10.17211/tcd.1065523>
- Chandrashekar, H., Lokesh, K., Sameena, M., & Ranganna, G. (2015). GIS-based morphometric analysis of two reservoir catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *Aquatic Procedia*, 4, 1345-1353. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.175>
- Chorley, R. J. (1957). Climate and morphometry. *The Journal of Geology*, 65(6), 628-638.
- Cheng, G., Li, X., Zhao, W., Xu, Z., Feng, Q., Xiao, S., & Xiao, H. (2014). Integrated study of the water-ecosystem-economy in the Heihe River Basin. *National Science Review*, 1(3), 413-428. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwu017>
- Chorley, R. J., & Dale, P. F. (1972). Cartographic problems in stream channel delineation. *Cartography*, 7(4), 150-162. <https://doi.org/10.1080/00690805.1972.10437698>
- Christopher, O., Idowu, A., & Olugbenga, A. (2010). Hydrological analysis of Onitsha North East drainage basin using geoinformatic techniques. *World Applied Sciences Journal*, 11(10), 1297-1302.
- Chun, Y., & Griffith, D. A. (2013). *Spatial statistics and geostatistics: theory and applications for geographic information science and technology*. Sage.
- Coşkun, M., & Öztürk, A. (2021). Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının karşılaştırmalı morfolojik analizi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 23(1), 1-10. <https://doi.org/10.18182/tjf.1024569>
- Çubukçu, K. M. (2015). Planlamada ve coğrafyada temel istatistik ve mekansal istatistik. Nobel.
- Cürebali, İ. (2004). Madra Çayı havzasının hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Balikesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(11), 11-24.
- Das, M. M., & Saikia, M. D. (2012). Watershed management. PHI Learning Pvt. Ltd.
- Delipinar, Ş. (2017). *Havza yönetiminde kurumsal yapı: Türkiye için bir öneri* [Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi]. Gebze.
- Demoulin, A. (2011). Basin and river profile morphometry: a new index with a high potential for relative dating of tectonic uplift. *Geomorphology*, 126(1-2), 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.10.033>
- Dewey, J., Hempton, M., Kidd, W., Saroglu, F., & Şengör, A. (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia-a young collision zone. *Geological Society, London, Special Publications*, 19(1), 1-36. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1986.019.01.01>
- Dursun, İ., & Babalık, A. A. (2023). Burdur Gölü havzasındaki morfolojik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 24(1), 25-38. <https://doi.org/10.18182/tjf.1205157>
- Downs, P.W., Gregory, K.J. & Brookes, A. (1991). How integrated is river basin management?. *Environmental Management*, 15, 299-309. <https://doi.org/10.1007/BF02393876>
- Efe, M., & Aydın, B. S. (2009). İdari sınırlara dayalı planlamanın değiştirilebilirliği ve havza temelli il sınırları önerisi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 18(1-2), 73-84.
- Elebaşı, E., & Özdemir, H. (2018). Marmara denizi akarsu havzalarının morfolojik analizi. *Coğrafya Dergisi*, 36, 63-84. <http://dx.doi.org/10.26650/JGEOG418790>
- Elibüyük, M., & Yılmaz, E. (2010). Türkiye'nin coğrafi bölge ve bölümlerine göre yükselti basamakları ve eğim grupları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 8(1), 27-56.
- Emre, Ö., Duman, T., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., & Şaroğlu, F. (2013). Active fault map of Turkey with an explanatory text 1: 1,250,000 scale. *General Directorate of Mineral Research and Exploration, special publication series*, 30, 89.
- Erdede, B., & Öztürk, D. (2016). Kızılırmak havzasının taşkın potansiyelinin çizgisel, alansal ve rölyef morfolojik indisler kullanılarak değerlendirilmesi. 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016), Adana.
- Erginal, A., Öztürk, B., & Cürebali, İ. (2002). Kepez Deresi havzasının jeomorfolojik özelliklerinin morfolojik açıdan incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 39, 23-43.
- Fenta, A. A., Yasuda, H., Shimizu, K., Haregeweyn, N., & Woldearegay, K. (2017). Quantitative analysis and implications of drainage morphometry of the Agula watershed in the semi-arid northern Ethiopia. *Applied Water Science*, 7, 3825-3840. <https://doi.org/10.1007/s13201-017-0534-4>
- Finsterwalder, S. (1890). Über den mittlere Böschungswinkel und das wahre Areal einer topographischen Fläche. *Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München*, 20(1).
- Gardiner, V. (1975). *Drainage Basin Morphometry*. Technical Bulletin of the British Geomorphological Research Group, no. 14. Geo Abstract Ltd.
- Gariapağaoğlu, N., & Uzun, M. (2019). İznik Gölü havzası'nda doğal ortam koşulları, değişimler ve muhtemel risklerin havza yönetimi ve planlamasına etkisi. *Eastern Geographical Review*, 24(2), 1-24. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.621776>

- Gebre, T., Kibru, T., Tesfaye, S., & Taye, G. (2015). Analysis of watershed attributes for water resources management using GIS: The case of Chelekot micro-watershed, Tigray, Ethiopia. *Journal of Geographic Information System*, 7(02), 177. <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=55674&#abstract>
- Ghasemlounia, R., & Utlu, M. (2021). Flood prioritization of basins based on geomorphometric properties using principal component analysis, morphometric analysis and Redvan's priority methods: A case study of Harşit River basin. *Journal of Hydrology*, 603, 127061. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127061>
- Görgülü, E., & Göl, C. (2021). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Havza Morfometrik Analizi: Sarayköy Göleti Havzası (Çankırı). *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 107-118. <https://doi.org/10.53516/ajfr.960176>
- Gravelius, H. (1914). *Grundriß der gesamten Gewässerkunde: in vier Bänden. 1. Flußkunde*. Göschen.
- Güney, Y. (2018). Çalidere havzası'nın (Armutlu yarımadası, Yalova) morfotektoniğinin jeomorfometrik analizlerle değerlendirilmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(2), 259-271. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000201
- Giakoumis, T., & Voulvoulis, N. (2018). The transition of eu water policy towards the water framework directive's integrated river basin management paradigm. *Environmental management*, 62(5), 819-831. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1080-z>
- Hajam, R. A., Hamid, A., & Bhat, S. (2013). Application of morphometric analysis for geo-hydrological studies using geo-spatial technology-a case study of Vishav Drainage Basin. *Hydrology Current Research*, 4(3), 1-12. <https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000157>
- Heathcote, I. W. (2009). *Integrated watershed management: principles and practice*. John Wiley & Sons.
- Hengl, T., & Reuter, H. I. (2008). *Geomorphometry: concepts, software, applications*. Newnes.
- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Transactions, American Geophysical Union*, 13(1), 350-361.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275-370.
- Hurtrez, J. E., Sol, C., & Lucazeau, F. (1999). Effect of drainage area on hypsometry from an analysis of small-scale drainage basins in the Siwalik Hills (Central Nepal). *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 24(9), 799-808. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199908\)24:9%3C799::AID-ESP12%3E3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199908)24:9%3C799::AID-ESP12%3E3.0.CO;2-4)
- İmamoğlu, A. (2020). Alaca Çayı Havzası erozyon durumunun morfometrik ölçümler ile ilişkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 868-878. <https://doi.org/10.31590/ejosat.710987>
- Ioris, A. A. R. (2012). The political geography of environmental regulation: implementing the water framework directive in the Douro River Basin, Portugal. *Scottish Geographical Journal*, 128(1), 1-23. <https://doi.org/10.1080/14702541.2012.676667>
- Jain, A., Tiwari, A., & Sood, A. (2015). Morphometric analysis of drainage basin through gis: a case study of Sukhna Lake Watershed in Lower Shiwalik, India. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(2), 1015-1023.
- Jaspers, F. G. (2003). Institutional arrangements for integrated river basin management. *Water Policy*, 5(1), 77-90. <https://doi.org/10.2166/wp.2003.0004>
- Johnston, K., Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K., & Lucas, N. (2001). *Using ArcGIS geostatistical analyst* (Vol. 380). Esri Redlands.
- Junier, S., & Mostert, E. (2011). Insufficient integration between sectors hinders reaching WFD objectives in the Netherlands. 25th ICID European Regional Conference, Integrated Water Management for Multiple Land Use in Flat Coastal Areas, Groningen, The Netherlands, 16-20 May 2011. Paper IV-10., Karabulut, M., Küçükönder, M., & Topuz, M. (2013). Alata (Erdemli) Deresi'nin jeomorfometrik analizi, *Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı*, 450-459.
- Karabulut, M. S., & Özdemir, H. (2019). Comparison of basin morphometry analyses derived from different DEMs on two drainage basins in Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 78(18), 574. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8585-5>
- Karadağ, A. A. (2007). *Katılımcı havza yönetim modelinin oluşturulması: Kovada Gölü örneği* [Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi]. Ankara.
- Karataş, A. (2007). *Karasu Çayı havzası'nın hidroğrafik planlanması* [Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. İstanbul.
- Keller, E. A., & Pinter, N. (2002). *Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape*. Prentice Hall.
- Koçyiğit, M. B., & Akay, H. (2018). Morfometrik parametreler yardımıyla havzada muhtemel taşkın riskinin tahmin edilmesi: Akçay Havzası örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 1321-1332. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416429>
- Köle, M. M. (2016). Devrez Çayı vadisinin tektonik özelliklerinin morfometrik indisler ile araştırılması. *Coğrafya Dergisi*, 33, 20-36.
- Küçükönder, M. (2012). *Heyelanlara ilişkili arazi değişimlerinin uzaktan algılama teknikleri ile değerlendirilmesi*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı] Adana.
- Kürçer, A., Elmacı, H., Özdemir, E., Güven, C., Güler, T., Avcu, İ., Olgun, Ş., Avcı, H. O., Aydoğan, H., Yüce, A. A., Çetin, F. E., Ayrancı, A., Akyol, Z., A. S. Ö., Altuntaş, G., Demirörs, U., Karayazı, O., Bayrak, A., & Özalp, S. (2023). *06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7,7) Saha Gözlemleri ve Değerlendirmeler* (14138).
- Kvarnäs, H. (2001). Morphometry and hydrology of the four large lakes of Sweden. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 30(8), 467-474. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-30.8.467>
- Leopold, L. B., & Maddock, T. (1953). *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications* (Vol. 252). US Government Printing Office.
- Lim, C. H., Wong, H. L., Elfithri, R., & Teo, F. Y. (2022). A review of stakeholder engagement in integrated river basin management. *Water*, 14(19), 2973. <https://doi.org/10.3390/w14192973>
- Magesh, N. S., Chandrasekar, N., & Sundranayagam, J. P. (2011). Morphometric evaluation of Papanasam and Manimuthar watersheds, parts of Western Ghats, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India: a GIS approach. *Environmental Earth Sciences*, 64, 373-381. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0860->
- Marchi, L., & Dalla Fontana, G. (2005). GIS morphometric indicators for the analysis of sediment dynamics in mountain basins. *Environmental Geology*, 48, 218-228. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-1292-4>
- McKenzie, D. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 30(2), 109-185.

- Melton, M. A. (1958). Correlation structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents. *The Journal of Geology*, 66(4), 442-460. <https://doi.org/10.1086/626527>
- Melton, M. A. (1965). The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. *The Journal of Geology*, 73(1), 1-38. <https://doi.org/10.1086/627044>
- Miller, V. C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee (Vol. 3). *The Journal of Geology*, 65(1). <https://doi.org/10.1086/626413>
- Mostert, E. (2003). The European Water Framework Directive and water management research. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 28(12), 523-527. [https://doi.org/10.1016/S1474-7065\(03\)00089-5](https://doi.org/10.1016/S1474-7065(03)00089-5)
- Mudashiru, R. B., Sabtu, N., Abustan, I., & Balogun, W. (2021). Flood hazard mapping methods: A review. *Journal of Hydrology*, 603, 126846. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126846>
- Mutar, Ş. (2023). Türkiye'de yağış rejim bölgelerindeki dönemsel değişkenliğin (1961-1990/1991-2020) faktör analizi ile belirlenmesi. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].
- Nelson, A., Reuter, H., & Gessler, P. (2009). DEM production methods and sources. *Developments in soil science*, 33, 65-85. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00003-2)
- Ödeker, B., & Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi Havzası'nın (Rize/Çayeli) Morfometrik özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri (cbs) ile belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60(1), 14-38.
- Okay, A. I. (2008). Geology of Turkey: A synopsis. *Anschnitt*, 21, 19-42.
- Okay, A. I., & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 156(1), 475-515.
- Ouma, Y. O. (2016). Evaluation of multiresolution digital elevation model (DEM) from real-time kinematic GPS and ancillary data for reservoir storage capacity estimation. *Hydrology*, 3(2), 16. <https://doi.org/10.3390/hydrology3020016>
- Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar, fiziki coğrafya araştırmaları; sistematik ve bölgesel. *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, 457-474.
- Ozdemir, H., & Akbas, A. (2023). Is there a consistency in basin morphometry and hydrodynamic modelling results in terms of the flood generation potential of basins? A case study from the Ulus River Basin (Türkiye). *Journal of Hydrology*, 625, 129926. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129926>
- Özdemir, H., & Bayrakdar, C. (2007). 16 Kasım 2007 Tuzla Deresi taşkının nedenleri üzerine bir araştırma (Silivri-Istanbul). *Türk Coğrafya Dergisi*, 49, 123-139.
- Özdemir, H., & Bird, D. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods. *Environmental Geology*, 56, 1405-1415. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1235-y>
- Özşahin, E. (2015). Hoşköy deresi havzası'nın (tekirdağ) jeomorfometrik özellikleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 33(1), 99-120. <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS2678>
- Pakhmode, V., Kulkarni, H., & Deolankar, S. (2003). Hydrological-drainage analysis in watershed-programme planning: a case from the Deccan basalt, India. *Hydrogeology Journal*, 11, 595-604. <https://doi.org/10.1007/s10040-003-0279-z>
- Pankaj, A., & Kumar, P. (2009). GIS-based morphometric analysis of five major sub-watersheds of Song River, Dehradun District, Uttarakhand with special reference to landslide incidences. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37, 157-166. <https://doi.org/10.1007/s12524-009-0007-9>
- Parlak, O., Yavuzoğlu, A., Bayrak, A., Olgun, Ş. (2023). 06 Şubat 2023 Ekinözü (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7,6) saha gözlemleri ve ön değerlendirmeler. *MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi*, 3(3), 81-98.
- Parvez, M. B., & Inayathulla, M. (2019). Morphometry, hypsometry analysis and runoff estimation of Aam Talab watershed Raichur, Karnataka. *International Journal of Advance Research And Innovative Ideas In Education*, 5(3), 1713-1727.
- Pawar, D., & Raskar, A. (2011). Linear aspects of basin morphometry of Panchaganga river (Kolhapur): Western Maharashtra. *International Referred Research Journal*, 2(20), 95-97.
- Peltier, L. C. (1962). Area sampling for terrain analysis. *The Professional Geographer*, 14(2), 24-28.
- Pike, R. J. (1995). Geomorphometry: progress, practice and prospect. *Zeitschrift fur Geomorphologie NF SupplementBand*, 101, 221-238.
- Pike, R. J. (2000). Geomorphometry-diversity in quantitative surface analysis. *Progress in Physical Geography*, 24(1), 1-20.
- Pike, R. J., Evans, I., & Hengl, T. (2009). Geomorphometry: A brief guide. *Developments in Soil Science*, 33, 3-30.
- Pike, R. J., & Wilson, S. E. (1971). Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. *GSA Bulletin*, 82(4), 1079-1084. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1971\)82\[1079:ERHIAG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1971)82[1079:ERHIAG]2.0.CO;2)
- Potter, P. E. (1957). A Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the clinch mountain area, Virginia and Tennessee. *Journal of Geology*, 65(1), 112-113. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/1957JG.....65..112P/doi:10.1086/626413
- Prabhakar, A., Singh, K., Lohani, A., & Chandniha, S. (2019). Study of Champua watershed for management of resources by using morphometric analysis and satellite imagery. *Applied Water Science*, 9, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1003-z>
- Prawiranegara, M. (2014). Spatial Multi-criteria analysis (smca) for basin-wide flood risk assessment as a tool in improving spatial planning and urban resilience policy making: a case study of Marikina River basin, Metro Manila, Philippines. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 135, 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.319>
- Puno, G., & Puno, R. (2019). Watershed conservation prioritization using geomorphometric and land use-land cover parameters. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5(3), 279-294. <https://doi.org/10.22034/GJESM.2019.03.02>
- Rai, P. K., Mishra, V. N., & Mohan, K. (2017). A study of morphometric evaluation of the Son basin, India using geospatial approach. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 7, 9-20. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.05.001>
- Rasemann, S., Schmidt, J., Schrott, L., & Dikau, R. (2004). *Geomorphometry in mountain terrain*. Springer.

- Reddy, G. P. O., Maji, A. K., & Gajbhiye, K. S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, central India-a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2004.06.003>
- Resmî Gazete, 2014. Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, Mevzuat No: 19788, RS Tarihi: 14.06.2014, Sayısı: 29030.
- Roy, S., Das, S., & Sengupta, S. (2023). Predicting terrain erosion susceptibility from drainage basin morphometry using ALOS-PALSAR DEM: Analysis from PCA-weighted AHP approach in a river system of Eastern India. *Environment, Development and Sustainability*, 25(9), 9589-9617. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02450-z>
- Rosegrant, M. W., Ringler, C., McKinney, D. C., Cai, X., Keller, A., & Donoso, G. (2000). Integrated economic-hydrologic water modeling at the basin scale: The Maipo River basin. *Agricultural Economics*, 24(1), 33-46. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2000.tb00091.x>
- Rudraiah, M., Govindaiah, S., & Vittala, S. S. (2008). Morphometry using remote sensing and GIS techniques in the sub-basins of Kagna river basin, Gulburga district, Karnataka, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 36, 351-360. <https://doi.org/10.1007/s12524-008-0035-x>
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America bulletin*, 67(5), 597-646.
- Segura, F. S., Pardo-Pascual, J. E., Rosselló, V. M., Fornós, J. J., & Gelabert, B. (2007). Morphometric indices as indicators of tectonic, fluvial and karst processes in calcareous drainage basins, South Menorca Island, Spain. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 32(13), 1928-1946. <https://doi.org/10.1002/esp.1506>
- Şen, Z. (2009). İklim değişikliği içerikli taşkın afet ve modern hesaplama yöntemleri. Su Vakfı Yayınları.
- Şengör, A. (1980). Türkiye'nin neotektoniğinin esasları (Fundamentals of the neotectonics of Turkey). Geological Society of Turkey, Conference Series,
- Şengör, A. C., & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3-4), 181-241.
- Shekar, P. R., & Mathew, A. (2022). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds of Murredu River basin, Telangana State, India, using a geographical information system. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(1), 1-30. <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00094-4>
- Shit, P. K., Bera, B., Islam, A., Ghosh, S., & Bhunia, G. S. (2022). Introduction to drainage basin dynamics: Morphology, landscape and modelling. In P. K. Shit, B. Bera, A. Islam, S. Ghosh, & G. S. Bhunia (Eds.), *Drainage Basin Dynamics: An Introduction to Morphology, Landscape and Modelling* (pp. 1-9). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79634-1_1
- Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248(9), 655-668.
- Soni, S. (2017). Assessment of morphometric characteristics of Chakrar watershed in Madhya Pradesh India using geospatial technique. *Applied Water Science*, 7, 2089-2102. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0395-2>
- Sreedevi, P., Sreekanth, P., Khan, H., & Ahmed, S. (2013). Drainage morphometry and its influence on hydrology in a semi arid region: using SRTM data and GIS. *Environmental Earth Sciences*, 70, 839-848. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-2172-3>
- Sreedevi, P., Subrahmanyam, K., & Ahmed, S. (2005). The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain. *Environmental Geology*, 47, 412-420. <https://doi.org/10.1007/s00254-004-1166-1>
- Steinke, V. A., & Sano, E. E. (2011). Semi-automatic identification, GIS-based morphometry of geomorphic features of Federal District of Brazil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 12(1). <https://doi.org/10.20502/rbg.v12i1.213>
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological society of America bulletin*, 63(11), 1117-1142.
- Strahler, A. N. (1958). Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. *GSA Bulletin*, 69(3), 279-300. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1958\)69\[279:DAATFE\]2.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1958)69[279:DAATFE]2.CO;2)
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *Handbook of Applied Hydrology*.
- Sukristiyanti, S., Maria, R., & Lestiana, H. (2018). Watershed-based morphometric analysis: a review. IOP conference series: earth and environmental science.
- Sutradhar, S., & Mondal, P. (2023). Prioritization of watersheds based on morphometric assessment in relation to flood management: A case study of Ajay river basin, Eastern India. *Watershed Ecology and the Environment*, 5, 1-11.
- Thomas, J., Joseph, S., Thirvikramji, K., & Abe, G. (2011). Morphometric analysis of the drainage system and its hydrological implications in the rain shadow regions, Kerala, India. *Journal of Geographical Sciences*, 21, 1077-1088. <https://doi.org/10.1007/s11442-011-0901-2>
- Thorntwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94. <https://doi.org/10.2307/210739>
- Topuz, M., & Karabulut, M. (2016). Limonlu ve Alata havzalarının (Mersin-Erdemli) jeomorfometrik analizi. *International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 11/2, 1231-1250. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.9165>
- Turoğlu, H. (1997). İyidere Havzasının hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, 32, 355-364.
- Turoğlu, H., & Aykut, T. (2019). Ergene Nehri havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2, 1-15.
- Utlı, M., & Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği. *Coğrafya Dergisi*, 36, 49-62.
- Uzun, M. (2021). İnegöl Havzasında drenaj ağı gelişimi ve flüvyal süreçlerin morfometrik analizlerle incelenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30(1), 85-106. <https://doi.org/10.51800/ece.906685>
- Uzun, M., & Garipağaoğlu, N. (2020). Havza yönetiminin gelişim evreleri ve farklı modelleri. *International Journal of Geography and Geography Education*, 43, 338-357. <https://doi.org/10.32003/igge.816758>
- Vedat, A., & Sunkar, M. (2015). Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, 30, 91-119.

- Waikar, M., & Nilawar, A. P. (2014). Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system: a case study. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, 2(2014), 179-184.
- Yıldırım, A., & Karadoğan, S. (2011). Raman Dağları güneyinde (Dicle Vadisi) morfometrik ve morfotektonik analizler. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16, 154-166.
- Yılmaz, E. (2020). Türkiye'de Thornthwaite İklim İndislerindeki Eğilimler. *Coğrafya Dergisi*, 40, 163-185. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2019-0005>
- Youssef, A. M., Pradhan, B., & Hassan, A. M. (2011). Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*, 62(3), 611-623. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0551-1>
- Youssef, F. B., & Doumit, J. A. (2023). Morphometric analysis of hillslope evolution in the Kadisha River Basin based on archived aerial photographs. *Geosystems and Geoenvironment*, 2(1), 100132. <https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2022.100132>
- Zaidi, F. K. (2011). Drainage basin morphometry for identifying zones for artificial recharge: A case study from the Gagas River Basin, India. *Journal of the Geological Society of India*, 77, 160-166. <https://doi.org/10.1007/s12594-011-0019-2>
- Zorer, H., & Tonbul, S. (2019). Başkale havzası'nda havza gelişiminin jeomorfometrik analizlerle incelenmesi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 29(2), 19-38. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.536045>