

Arsuz Çayı Havzası'nın Sel Duyarlılık Analizi

Flash Floods Susceptibility Analysis of Arsuz River Basin

Öz

Seller, Türkiye'nin birçok bölgesinde gerçekleşen doğal afetlerin başında gelmektedir. Hatay Arsuz sınırları içerisinde yer alan Arsuz Çayı Havzası'nda sel olaylarının gerçekleştiği sahalardan biridir. Çalışmanın amacı, Arsuz Çayı Havzası'nın hidro-morfometrik analizler aracılığıyla sel duyarlılık analizinin yapılmasıdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli gerçekleştirilen çalışmada, analizlerin ortaya konulmasında 1/25.000 ölçekli Mersin P35b1, Mersin P35b2, Mersin P35b3, Antakya P36a4 topografya paftaları ve sayısal yükselti modeli (SYM-10 m) kullanılmıştır. Hidro-morfometrik analizlere göre oluşturulan duyarlılık analizi için çizgisel, alansal ve rölyef morfometri kapsamında 18 adet indis kullanılmıştır. Çalışma sahasında 7 alt havza olmasından dolayı 1-7 arasında sel etki sıralaması yapılmıştır. Ardından tüm bu sonuçların ortalaması alınarak değeri düşük olan ortalamanın en yüksek sel duyarlılığına sahip olduğu belirlenmiştir. Değeri yüksek olan ortalama ise en düşük duyarlılığa sahip alt havza olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Arpagedik ve Hüyük yerleşmelerinin olduğu SB5-SB6 kodlu alt havzaların daha yüksek sel duyarlılığına sahip olduğu belirlenmiştir. Sel duyarlılığının en az olduğu alt havzalar ise SB1 ile SB4 alt havzalarıdır. Arsuz Çayı Havzası'nın sürdürülebilir yönetimi için su kaynaklarının korunması ve iyileştirilmesi amacıyla, hidro-morfometrik analiz sonuçlarının dikkate alınarak, çevre ile uyumlu havza yönetim planının yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu sayede sel ve sel afeti riski de azaltılmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Arsuz Çayı Havzası, sel duyarlılığı, hidro-morfometrik analizler, Coğrafi Bilgi Sistemleri

ABSTRACT

Flash floods are among the most common natural disasters that occur in many regions of Türkiye. Arsuz River Basin, located within the borders of Hatay Arsuz, is one of the areas where flash floods events occur. The study aims to analyze Arsuz River Basin's flash flood susceptibility through hydro-morphometric analysis. In the Geographic Information Systems (GIS) based study, 1/25.000 scale Mersin P35b1, Mersin P35b2, Mersin P35b3, Antakya P36a4 topography sheets, and digital elevation model (DEM-10 m) were used for the analysis. For the susceptibility analysis based on hydro-morphometric analysis, 18 indices were used within the scope of linear, areal, and relief morphometry. Since there are 7 sub-basins in the study area, flash flood impact ranking was made between 1-7. Then, all these results were averaged and the average with the lowest value was determined to have the highest flash flood susceptibility. The average with the higher value was considered as the sub-basin with the lowest susceptibility. When the results obtained are analyzed, it is determined that the sub-basins coded SB5-SB6, where Arpagedik and Hüyük settlements are located, have higher flash flood susceptibility. The sub-basins with the lowest flash flood susceptibility are SB1 and SB4 sub-basins. In order to protect and improve water resources for the sustainable management of Arsuz River Basin, there is a need to make a basin management plan in harmony with the environment, considering the results of hydro-morphometric analysis. In this way, the risk of flashflood and flash flood disasters will be reduced.

Keywords: Arsuz River Basin, flash flood susceptibility, hydro-morphometric analysis, Geographical Information Systems

Semir DEMİRBİLEK¹



¹ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Hatay, Türkiye

Hüseyin TUROĞLU²



² İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye

Bu çalışma; Hüseyin TUROĞLU danışmanlığında Semir DEMİRBİLEK tarafından İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalında hazırlanan "Arsuz Çayı Havzası'nın (Hatay) Uygulamalı Jeomorfoloji Etüdü" adlı doktora tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the doctoral thesis titled "Applied Geomorphology Study of Arsuz Stream Basin (Hatay)" prepared by Semir DEMİRBİLEK under the supervision of Hüseyin TUROĞLU in the Department of Geography of Istanbul University, Institute of Social Sciences.

Geliş Tarihi/Received 29.01.2025
Kabul Tarihi/Accepted 19.06.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author: Semir DEMİRBİLEK

E-mail: semirdemirbilek@mku.edu.tr

Cite this article:

Demirbilek, S., & Turoğlu, H. (2025). Flash floods susceptibility analysis of Arsuz River Basin. Eastern Geographical Review, 30(53), 96-111.



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

Giriş

Sel; yatak kesit boyutları itibarıyla su fazlalığının neden olduğu sıra dışı büyük hacimlere ulaşan su kütlesinin yatak içinde veya yatak kesitini aşarak eğim yönünde, hızla ve büyük bir enerji ile kontrolsüzce akması sonucu meydana gelen afetler arasında yer alır. Bu durum genellikle birkaç saat içinde gerçekleşir ve ciddi hasarlara yol açabilir. Sellerin taşıma gücü çok yüksektir ve yük seçiciliği bulunmamaktadır. Ayrıca sel depoları stratigrafik bir düzen arz etmeyen akış halinin birikim şekilleridir (Turoğlu, 2005; Carlton, 2007; Turoğlu, 2011a; Turoğlu, 2011b; Erkal ve Taş, 2013; Turoğlu, 2019).

Seller dünyada ortaya çıkan, ekonomik olarak birçok probleme neden olan ve bunun yanı sıra birçok insanın hayatını kaybetmesine neden olan doğal afetlerin başında gelmektedir (Amil, 2018; Chen vd., 2020; Utlu, 2023; Ergül ve Aydın, 2025). EM-DAT tarafından yayınlanmış raporlara göre 21. yüzyılda günümüze kadar 10.000'den fazla doğal afet meydana gelmiştir. Bu afetler sonucunda 1,6 milyondan fazla insan hayatını kaybetmiş, 4,6 milyardan fazla kişi etkilenmiş ve 4.500 milyar ABD doları tutarında ekonomik kayıp oluşmuştur. Depremler, 2000 yılından günümüze kadar 790.000' den fazla can kaybı ile en ölümcül afetlerin başında gelmektedir. Seller ise taşkınlar ile birlikte en sık meydana gelen afetler olup 2000 yılından günümüze kadar 1.8 milyardan fazla insanı etkilemiştir (Url-1).

Şehirleşme ile yapılaşmaların artması sonucu geçirimsizliğin azalması ile yeryüzüne düşen sular doğrudan yüzeysel akışa geçerek kısa zamanda büyük bir hacme ulaşmaktadır. Kısa süre içerisinde büyük hacimlere ulaşan yüzey akışı, sel ve taşkın olaylarının hem şiddetinin hem de meydana gelme sıklığının artmasına yol açmaktadır. Özellikle hızlı ve plansız kentleşme süreçlerinde, geçirimsiz yüzeylerin (beton, asfalt vb.) yaygınlaşması, afet risklerini daha da artırmakta; altyapı sistemleri üzerinde önemli baskılar oluşturarak can ve mal kayıplarına sebebiyet vermektedir (Turoğlu, 2010; Ouma ve Tateishi, 2014; Utlu ve Özdemir, 2018).

Türkiye, doğal afetlerin sıkça görüldüğü ülkelerin başında yer almaktadır. Sel ve taşkınlar bu afetler arasında yol açtıkları sosyal ve ekonomik kayıplar açısından önemli bir yere sahiptir. Türkiye genelinde 1975-2015 yılları arasındaki kırk yıllık süreçte toplam 1209 adet sel ve taşkın olayı kaydedilmiştir. Bu afetler sonucunda 720 kişi hayatını kaybetmiş, ayrıca 893.933 hektarlık tarım alanı zarar görmüştür (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017). İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri verisine göre ise 2023 yılında 93 çığ, 830 deprem, 564 heyelan, 1711 orman yangını, 2028 su baskını olmak üzere toplam 5226 doğal afet meydana gelmiştir (AFAD, 2024).

Geçmiş dönemlerde oluşan sel felaketlerinden yola çıkarak gelecekte olması ve taşkın oluşturma ihtimali bulunan akarsu havzaları ve alt havzalarının ana akarsuya su göndermesi sonucunda ortaya çıkan sel durumunun anlaşılması açısından havza morfometrisi kullanılmaktadır. Türkiye'de de bu anlamda birçok araştırmacı tarafından havza morfometrisi çalışması gerçekleştirilmiştir (Turoğlu, 1997; Cürebal ve Erginal, 2007; Turoğlu ve Aykut, 2019; Elbaşı ve Özdemir, 2018; Utlu ve Özdemir, 2018; Utlu ve Ghasemlounia, 2021; Ghasemlounia ve Utlu, 2021; Shekar ve Mathew, 2024). Arsuz Çayı havzasında meydana gelen sel olaylarında sele neden olan havzaların tespit edilmesi ve jeomorfometrik indisler kullanılarak belirlenmesi, bu çalışmanın

temel amacını oluşturmaktadır. Bu kapsamda da havzaların şekilsel, rölyef ve nihai drenaj özelliklerinin farklı indisler kullanılarak taşkın oluşturma potansiyelleri belirlenmiştir.

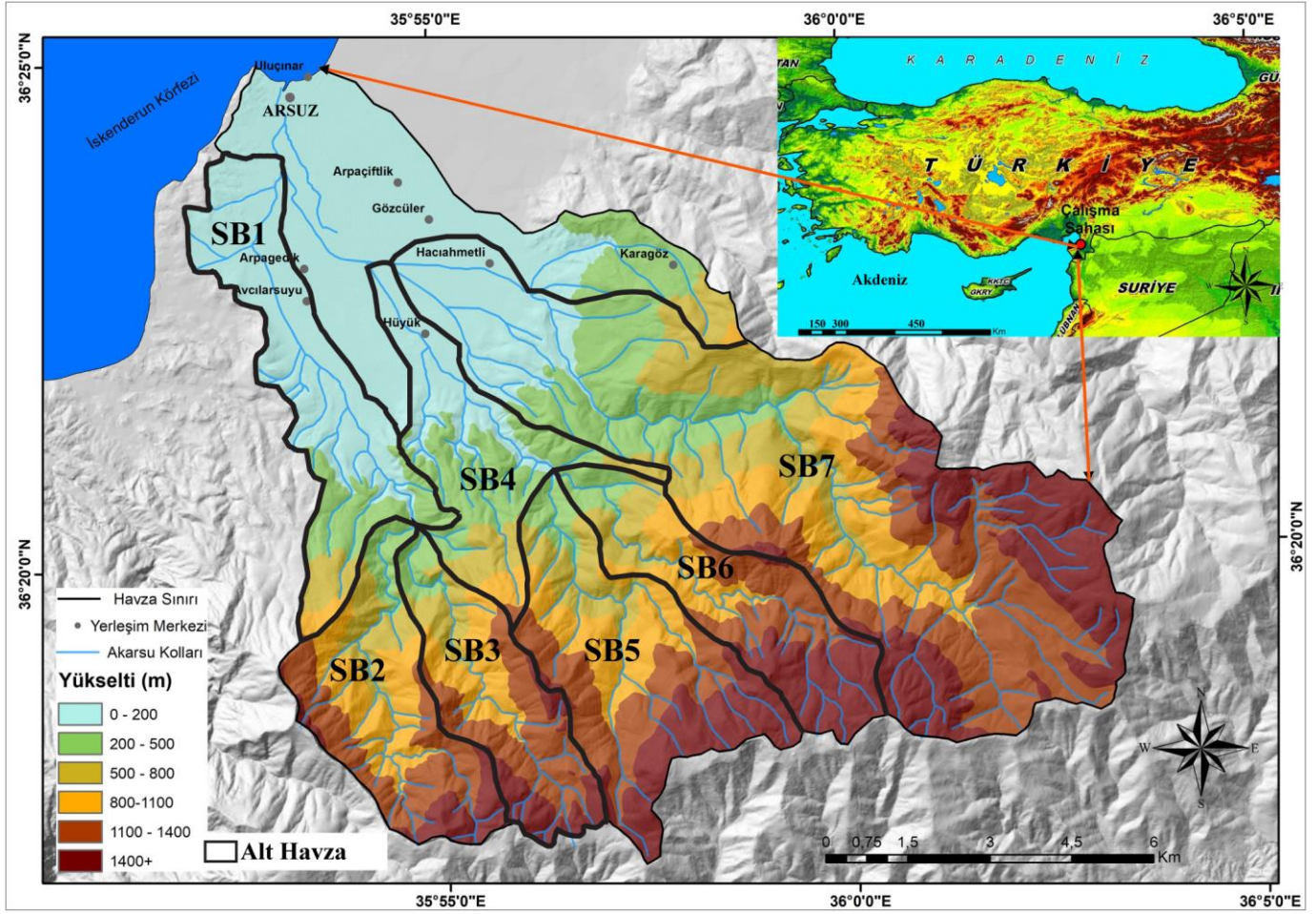
Çalışma sahası olan Arsuz Çayı Havzası; sellerin yoğun olarak meydana geldiği, bu sellerin sık sık afet olarak sonuçlandığı sahalardan biridir. 146.7 km² alan kaplayan Arsuz Çayı Havzası 8 mahalleden oluşmaktadır ve 2021 yılı nüfus verilerine göre 17.381 toplam nüfusa sahiptir (TÜİK, 2022). Dar ve derin vadilerin varlığı, akarsu aşındırma süreçlerinin yoğun bir şekilde devam ettiği gösterirken, yüksek eğimli dik yamaçlardan taşınan sedimanlar Arsuz Ovası ve yakın çevresinde eğimin yaklaşık 0°'ye kadar ulaştığı noktalarda birikmektedir. Maksimum yükseltisi 1795 m olan havzada yükselti farkı oldukça yüksek olup, genel olarak erozyonel süreçler bakımdan oldukça yoğundur. Genel litolojik özellikleri; Üst Kretase ve Kuvaterner dönemleri arasında bulunan birimler ile temsil edilirken dunit, harzburgit (Üst Kretase), resifal kireçtaşı (Alt Miyosen), kumtaşı, killi kireçtaşı (Alt Miyosen) Kumtaşı ve Kilitaşı (Pliyosen), Alüvyon ise Kuvaterner yaşlı birimler olarak karşımıza çıkar ve sahada dağılışı gösterir (Herece, 2008). Arsuz Çayı; Akdeniz Bölgesi'nin Hatay İli sınırları içerisinde, kaynağını Amanos Dağları'nın zirvelerinden alır ve Amanos Dağları'nın kuzeybatı yamaçlarını drene ederek, taşıdığı yükünü Arsuz Ovası'nda bırakarak, İskenderun Körfezi'nden Akdeniz'e deşarj olur (Şekil 1).

Sellerin meydana gelmesinde arazinin litolojik, jeomorfolojik, hidrografik, iklimik, toprak ve bitki örtüsü özellikleri ile şehirleşme gibi birçok faktör etkili olmaktadır (Turoğlu, 2005; Turoğlu, 2010; Turoğlu, 2011a; Turoğlu, 2011b; Stoffel vd., 2016; Turoğlu, 2019). Arsuz Çayı Havzası'nda, özellikle bu faktörlerden litolojik ve jeomorfolojik özelliklerin uygun olması; sıradışı yağışların sel oluşturma riskini artırmaktadır. Coğrafi özellikleri nedeni ile Arsuz Çayı Havzası'nda sel duyarlılık analizinin yapılması sel tehlikesini önleme ve sosyal, kültürel, ekonomik zarar görülebilirlikleri en aza çekme açısından önemli hale getirmiştir. Bu çalışma; hidro-morfometrik indisler kullanılarak Arsuz Çayı Havzası için sel duyarlılık analizinin yapılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Arsuz Çayı'nda Meydana Gelen Sel Afetleri

14 Nisan 1969, 7 Ekim 1971, 21 Ekim 2014, 31 Ekim 2014, 10 Ocak 2015, 10 Mayıs 2015, 20 Ocak 2018, 31 Ocak 2021 ve 5 Ocak 2024 tarihlerinde Arsuz Çayı Havzası'nda meydana gelen ve sonuçları itibarıyla afet olarak nitelendirilen sellerden öne çıkanlardır. Afet olarak sonuçlanan bu seller sahanın sosyo-ekonomik yapısında önemli zararlara, yöre insanının yaşamında telafisi zor problemlere yol açmıştır (Ersoy, 2015; Hatay-İRAP, 2021).

Şekil 1
Arsuz Çayı Havzası ve Konumu.



2014 yılında Hatay'da aşırı yağışlardan sonra birçok ilçede sel afeti meydana gelmiştir. Ekim ayında meydana gelen bu afetlerden Arsuz Çayı Havzası'nda etkilenmiştir. Dağlık bölgelerden kaynağını alan ve doğrudan yüzeysel akışa geçen Hacıahmetli Deresi, Hüyük Deresi ve Avcıarsuyu Deresi Arsuz Çayı'nın alt dizinleridir. Bu alt dizin derelerin Arsuz Ovası'nda birleştiği bölümlerinde sel daha da şiddetlenmiş ve neden olduğu hasar, zarar ziyan afet boyutuna ulaşmıştır (Şekil 2). Yaşanan bu afetler sonucu herhangi bir can kaybı yaşanmamasına rağmen 6 balıkçı teknesi parçalanmıştır. Bunun yanı sıra, tarım alanları sular altında kalmış, taşınan moloz ve kaya blokları nedeniyle çevrede zararlar meydana gelmiştir (Ersoy, 2015).

2015 yılı Ocak ayında yaşanan bir diğer sel felaketi aynı zamanda heyelan olayını da bölgede tetikleyerek 6 evin yıkılmasına neden olmuştur. Sel felaketi sonucunda köprüler yıkılmış, birçok mahalle sular altında kalmıştır. Sel felaketi sonucunda okulların 2 gün boyunca eğitim veremeyeceği açıklanmıştır (Ersoy, 2016). Bu afet sonucu Hacıahmetli Mahallesi, Hüyük Mahallesi, Avcıarsuyu Mahallesi, Gözcüler Mahallesi, Arpaçiftlik Mahallesi, Uluçınar Mahallesi ile Arpagedik Mahallesi'nde birçok bina ve bahçe su altında kalmıştır (Şekil 3). Hüyük köprüsü tamamen yıkılmış, Uluçınar Mahallesi'ndeki köprü

ise zarar görmüştür. Arsuz Çayı üzerinde yer alan 12 balıkçı teknesi batmış ve birçoğu hasar almıştır (URL-2).

Şekil 2
Çalışma Sahasında Meydana Gelen Sel ve Hasarlarından Bir Örnek (Uluçınar Mahallesi-17.10.2014).



Şekil 3

Çalışma Sahasında Meydana Gelen Sel Birçok Arazinin Sular Altında Kalmasına Neden Olmaktadır (Hüyük Mahallesi-10.01.2015).



2021 yılının Aralık ayında Arsuz Çayı'nda meydana gelen aşırı yağışlar sonucunda sel afetleri yaşanmıştır. Bu afetler nedeniyle Hacıahmetli, Avcılar ve Hüyük Dereleri taşmış, dereler üzerindeki köprüler yıkılmıştır (Şekil 4; Şekil 5). Yoğun yağışlar, birçok evin sular altında kalmasına ve pek çok bahçenin zarar görmesine yol açmıştır (URL-3).

Şekil 4

Hacıahmetli Deresinde Bulunan Köprü Aşırı Yağışlar Sonucu Yıkılmıştır (20.12.2021).

**Şekil 5**

Avcıarsuyu Deresinde Bulunan Köprü Aşırı Yağışlar Sonucu Hasar Görmüştür (URL-3/20.12.2021).



Arsuz Çayı Havzası'nda aşırı yağışlar sonucu 2024 yılı Ocak ayında sel afeti meydana gelmiştir. Bu afet sonucu Hacıahmetli Mahallesi, Gözcüler Mahallesi, Arpaçiftlik Mahallesi ile Uluçınar Mahallesi'nde birçok ev, iş yeri ve tarım arazisi sular altında kalmıştır (URL-4).

Yöntem

Bu çalışmada, sonuçları sel açısından değerlendirilmek üzere Arsuz Çayı Havzası'nın hidro-morfometrik analizleri yapılarak havza incelenmiş ve yorumlanmıştır. Akarsu havzasının hidromorfometrik analiz sonuçları; o akarsu havzasının sel duyarlılığı hakkında güvenilir sonuçlar vermektedir (Kamuş ve Dutucu, 2023). Bu nedenle sel ve taşkın duyarlılık analizleri için Akarsu havzasının hidromorfometrik analiz yöntemleri sıkça kullanılmaktadır (Turoğlu, 1997; Özşahin, 2010; Özdemir, 2011; Avcı ve Sunkar, 2015; Samson vd. 2015; Avcı ve Sunkar, 2018; Utlu ve Özdemir, 2018; Mahmood ve Rahman, 2019; Turoğlu ve Aykut, 2019; Ogarekpe vd. 2020; Abdelkader vd. 2021; Esen, 2022; Kamuş ve Dutucu, 2023; Ertoğral 2024; Shekar ve Mathew, 2024; Abrar vd. 2024; Mensah-Brako vd. 2025).

Arsuz Çayı Havzası hidromorfometrik analizi kapsamında ana kola su taşıyan alt havzaların genel olarak sel oluşturma potansiyelleri; havzaların çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisi temelinde ele alınmıştır. Alt havzaların bu parametrelerinin değerlendirilmesi yapılırken aşağıdaki sıra takip edilmiştir.

(i) Arsuz Çayı Havzası sınırının tespit edilmesi amacıyla bölge akarsu drenaj ağının D8 algoritması ile 250 eşik değerine göre raster calculator ortamında hesaplanarak çıkarılmıştır. Bunlar yapılırken ArcMap Spatial Analyst-Hydrology araç çubukları sekmesi kullanılmıştır.

(ii) Akarsu ağı temel alınarak Arsuz Çayı havza sınırı belirlenmiş ve otomatik olarak çıkarılan havza sınırında küçük hatalar düzeltilmiştir.

(iii) Belirlenen ana akarsu havzasından sonra, Arsuz Çayı alt havzaları tespit edilmiştir. Alt havzaların oluşturulmasında, ArcGIS Pro, Spatial Analyst Hydrology tool kullanılmış olup, drenaj ağı oluşturma aşamaları; Fill-Flow direction-Flow Accumulation ve akarsu ağı için 500 eşik değeri tercih edilmiştir.

(iv) Alt havzaların oluşturulmasından sonra ise morfometrik parametrelerin hesaplanması amacıyla temel morfometrik bilgilerin alan, çevre uzunluğu, minimum ve maksimum yükseklik, dizeinlerin toplam sayısı ve uzunlukları gibi hesaplamalar ve elde edilen sonuçlara ait çıkarımlar yapılmıştır (Tablo 1; Tablo 2).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli gerçekleştirilen çalışmada, analizlerin yapılmasında 1/25.000 ölçekli Mersin P35b1, Mersin P35b2, Mersin P35b3, Antakya P36a4 topografya paftaları, 1/100.000 ölçekli Antakya P36-P37-Hama-R36- Mersin P35-Lazkiye-R35 jeoloji paftaları ile sayısal yükselti modeli (SYM-10 m) kullanılmıştır. Sayısal yükselti modeli 1/25.000 ölçekli topografya haritalarından üretilmiş 10 m eküidistans aralıklı eşyüksekti eğrilerinden ArcGIS Pro ortamında Topo to Raster tools kullanılarak oluşturulmuştur. Hidro-morfometrik analizlere göre

oluşturulan sel duyarlılık analizi amaçlı çizgisel, alansal ve rölyef morfometri kapsamında literatürde kullanılan ve en fazla tercih edilen 18 adet indis kullanılmıştır (Fural ve Poyraz, 2015; El Tahan ve Elhanafy, 2016; Sakthivel vd., 2019, Ghasemlounia ve Utlu, 2021).

Arsuz Çayı havzası; ana kola bağlanan alt dizinlere ait 7 alt havzadan oluşmaktadır. Alt havzaların oluşturulması ve morfometrik özelliklerinin sel riski açısından değerlendirilmesi sürecinde, geçmiş dönemlerde meydana gelen sellerin hangi bölgeleri ve yerleşim alanlarını etkilediği incelenmiştir. Dağlık bölgelerden kaynaklanan alt havzaların ovada yer alan yerleşim alanlarına olan etkileri hidro-morfometrik açıdan analiz edilmiştir (Şekil 6, Şekil 7). Bu kapsamda temel morfometrik parametrelere ait bilgiler Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir. Burada, havzalar; SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, SB6 ve SB7 arasında numaralandırılıp, elde edilen sonuçlar bu numaralandırmalar dikkate alınarak yapılmıştır. Buna göre çizgisel morfometri için; çatallaşma oranı (R_b), yüzeysel akış uzunluğu (L_o), tekstür oranı (T), Rho katsayısı (Rho), alansal morfometri kapsamında; drenaj yoğunluğu (D_d), akarsu sıklığı (F_s), form faktörü (R_f), uzunluk oranı (R_e), gravelius indeksi (K_g), dairesellik oranı (R_c) indisleri kullanılmışken, rölyef morfometrisi için havza rölyefi (B_h), rölyef oranı (R_h), rölatif rölyef oranı (R_{rr}), engebelilik değeri (R_n), melton engebelilik değeri (M_{rn}), hipsometrik integral (H_i), eğim oranı (R_g), ve akım toplanma

zamanı (T_c) olmak üzere 3 farklı temel morfometri için 18 adet jeomorfik indis kullanılmıştır. Kullanılan bu indisler genel anlamda sel meydana getirme potansiyellerine bağlı çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisine göre ele alınmıştır.

Bu durumun tespit edilmesinde alt havzaların her birinde uygulanan indislerin sel meydana getirme potansiyeli değerlendirilmiş ve çalışma sahası için 1-7 arasında sel etki sıralaması yapılmıştır. Bileşke yöntemi olarak adlandırılan bu yöntem Türkiye’de akarsu havzalarının taşkın üretme potansiyellerinin belirlenmesinde aktif olarak kullanılmakta olup, hızlı ve etkili önlemlerin alınmasında tercih edilen popüler bir yöntemdir (Özdemir ve Bird, 2009; Utlu ve Özdemir, 2018; Ertoğral ve Çiçek, 2024). Ardından tüm bu sonuçların ortalaması alınarak değeri düşük olan ortalamanın en yüksek sel olasılığına, yüksek olan ortalamanın ise en düşük olasılığa sahip olduğu tespit edilmiştir (Özdemir, 2008; Utlu ve Ghasemlounia, 2021; Ghasemlounia ve Utlu, 2021). Elde edilen taşkın öncelik sıralama sonuçları ArcGIS Pro ortamında havza sınırları verisi içerisine eklenilmiş ardından, ortaya çıkan minimum ve maksimum verilere bağlı olarak doğal kırılma algoritması kullanılarak 5 sınıfa ayrılmıştır (Costache ve Bui, 2019). Bu yöntem taşkın duyarlılık çalışmalarında ortaya çıkan değerlerin sınıflandırılmasında aktif olarak kullanılmaktadır (Utlu ve Ghasemlounia, 2021).

Tablo 1
Morfometrik Analizler Kapsamında Yapılan Hesaplamalar İçin Arsuz Çayı Havzası’nın Temel Sayısal Özellikleri

No	Çevre uzunluğu (P- km)	Alanı (A- km ²)	Havza uzunluğu (km)	Min. yükseklik (m)	Maks. Yükseklik (m)	Ortalama Yükseklik (m)
SB1	24.4	12.4	7.13	5.0	1320.6	188.0
SB2	17.6	11.8	6.21	186.5	1676.2	1135.5
SB3	17.1	10.8	6.5	187.0	1657.3	1099.8
SB4	19.1	8.4	5.26	17.9	1435.3	299.8
SB5	21.5	15.9	6.66	189.9	1771.0	1214.5
SB6	18.5	11.0	7.38	189.9	1790.0	1220.8
SB7	40.8	48.7	15.82	18.3	1787.1	968.0

Tablo 2
Arsuz Çayı Alt Havzaları Dizin ve Boyut Özellikleri

No	Akarsu Dizinleri (Nu)					Toplam dizin sayısı (Σnu)	Toplam dizin uzunluğu (km-ΣL)	Akarsu uzunluğu (m- Σ)
	D1	D2	D3	D4	D5			
SB1	57.0	12.0	2.0	1.0		72.0	42.2	7900.0
SB2	86.0	19.0	3.0	1.0		109	46.2	9200
SB3	83.0	22.0	3.0	1.0		109.0	47.6	8100
SB4	76.0	21.0	4.0	1.0		102	40.5	7900
SB5	73.0	8.0	3.0	1.0		85	51.1	8800
SB6	94.0	16.0	2.0	1.0		113	45.5	10400
SB7	236	46	11	4	1	298	173.4	18200

Bulgular

Çizgisel Morfometri

Çizgisel morfometri kapsamında 4 adet indis kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'te ve Şekil 6'da verilmiştir. Ayrıca, her bir indis sel oluşturma açısından ele alınmıştır.

Çatallanma oranı (R_b), Arsuz Çayı havzası çatallanma oranı ve akarsu dizinleri Strahler yöntemine göre belirlenmiştir. Strahler yöntemine göre çatallanma oranı, belirlenmiş olan bir dizinin havzada bulunan toplamının, bir üst değerde bulunan dizinin havzadaki toplamına oranı bulunarak hesaplanır (Özdemir, 2011; Utlu ve Özdemir, 2018; Nişancı vd. 2024)(1):

$$R_b = Nu / Nu+1 \quad (1)$$

Formülde Nu: Dizin sayısı, Nu+1: Bir sonraki dizin sayısı. Çatallanma oranı; havzada meydana gelen yağışın topografya, yüzey geçirgenliği ve bitki örtüsü arasında bulunan ilişkiyi açıklamaktadır (Strahler, 1957; Turoğlu, 1997; Özdemir, 2011; Utlu ve Özdemir, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019). Düşük R_b değerine sahip havzalar genel olarak daha dairesel havzaları temsil ederken değer yüksek olması uzunlamasına havza özelliğini yansıtmaktadır (Turoğlu, 1997). Böylece dairesel havzalarda, yan kollardan neredeyse aynı zamanda ana kola su gönderen alt havzaların varlığı, ani ve hızlı yükselen hidrografları (Strahler, 1964) ve böylece daha yüksek sel riskini ortaya koymaktadır (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019; Nişancı vd., 2024). Alt havzaların genel R_b değeri 4-5,3 arasında değişmektedir. Buna göre en yüksek sel üretme potansiyeline sahip alt havzalar SB7-SB1-SB4 alt havzalarıdır. Bunların dışında en düşük sel üretme potansiyeline sahip olan havza ise SB6'dır.

Yüzeysel akış uzunluğu (L_o), dairesel havzalarda yan kolların varlığı ve suyun oyalanma potansiyelinin uzunlamasına geometriye sahip havzalara oranla daha yüksek olması, erozitif süreçler ve yüzeysel akış üzerinde etkili olmaktadır (Özdemir, 2011; Anya ve Bhuiyan, 2024). Formülde (2);

$$L_o = 1/2D \quad (2)$$

D: drenaj yoğunluğu'dur. Arsuz Çayı alt havzalarında bu oran 0,04-1 arasındadır. Değerin düşük olması dairesel havzaları temsil etmektedir ve daha yüksek hidrograf ile daha yüksek sel üretme potansiyelini ifade eder. Buna göre SB4-SB3-SB6 havzalarında daha yüksek sel üretme durumu varken, SB2-SB5 ve SB7 de bu olasılık nispeten daha düşük kalmaktadır.

Rho katsayısı (R_{ho}), havzalardaki ana kola su gönderen yan kolların ve ana kolların sutaşıma kapasitesi ve depolama potansiyelini ifade etmektedir. Formülde (3);

$$Rho = R_b / R_l \quad (3)$$

R_b : çatallanma oranı, R_l : uzunluk oranı'dır. Değerin düşük olması, su taşıma ve depolama kapasitesinin düşük olmasını, yüksek sel olasılığını ifade etmektedir. Değerin yüksek olması taşıma kapasitesinin yüksek, sel olasılığının ise düşük olmasını ifade eder (Waiyasusri ve Chotpantarat, 2020). Alt havzalarda 0,01-0,02 arasında değişen Rho değeri sonuçlarına göre en yüksek sel potansiyeli SB4 te iken en düşük sel olasılığı ise SB1-SB5-SB7 alt havzalarında.

Tekstür oranı (T), Strahler yöntemine göre oluşturulan, 1.dizinlerin toplamının havza çevre uzunluğuna olan oranıdır (Strahler, 1957; Turoğlu ve Aykut, 2019). Değerin yüksek olması havzada yer alan 1. dereceden yan kolların sayısının yüksek oluşunu ve ana kola su taşıyan kolların sayısının varlığını ifade eder. Tekstür oranı (4);

$$T = Nu1 * \left(\frac{1}{P}\right) \quad (4)$$

olarak ifade edilir. Nu1: Havzadaki 1. Dizinler toplam sayısı, P: havza çevre uzunluğudur. Buna göre, 2,33-5,78 arasında T değeri sonuçlarına sahip alt havzalarda SB7 yan kolların maksimum olduğu havzayı ve erozitif süreçlerin varlığını ifade ederken, SB1-SB5 alt havzalarında yan kol sayısının düşük ve erozyonel süreçlerin de daha az olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.
Çizgisel Morfometri Sonuçları

No	Çatallanma oranı (R_b)				Yüzeysel akış uzunluğu (L_o)	Rho katsayısı (R_{ho})	Tekstür oranı (T)
SB1	4.8	6.0	2.0	4.3	0.09	0.020	2.33
SB2	4.5	6.3	3.0	4.6	0.07	0.014	4.90
SB3	3.8	7.3	3.0	4.7	0.05	0.011	4.84
SB4	3.6	5.3	4.0	4.3	0.04	0.010	3.97
SB5	9.1	2.7	3.0	4.9	0.10	0.020	3.40
SB6	5.9	8.0	2.0	5.3	0.06	0.011	5.08
SB7	5.1	4.2	2.8	4.0	0.08	0.020	5.78

Alansal Morfometri

Alansal morfometri kapsamında 6 adet indis kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'te ve Şekil 6'da verilmiştir. Ayrıca, her bir indis sel oluşturma açısından ele alınmıştır.

Drenaj yoğunluğu (D_d), havzanın akarsular tarafından parçalanma oranını ortaya çıkaran bir indistir (Kamuş ve Dutucu, 2023). Bu indisteki yüksek değerler geçirimsizlik oranı ve bitki örtüsü yoğunluğunun düşük olduğunu ifade etmektedir (Melton, 1957; Hızal, 1984; Erol Görür ve Karadeniz, 2018). Ayrıca yüksek değerler yüksek sel potansiyelini verir (Farhan vd., 2017; Anya ve Bhuiyan, 2024). Formülde (5);

$$D_d = \Sigma L / A$$

(5)

ΣL : Toplam havza drenaj uzunluğunu, A : Havza alanını ifade eder. 3,22-4,85 arasında değişen bir D_d durumu söz konusu olan alt havzalarda en yüksek sel üretme potansiyeli olan havzanın SB4, en düşük havzanın ise SB5 olduğu görülmektedir.

Akarsu sıklığı (F_s), havzanın geçirimsizlik kapasitesi, topografik özellikleri, yüzeyel akış durumu, bitki örtüsü yoğunluğu ve litolojiye bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Elbaşı ve Özdemir, 2018; Nişancı vd. 2024). Değerin yüksek olması yağmur yağışının kayba uğramadan ya da en az kayıpla yüzeyel akışa geçmesine (Turoğlu ve Aykut, 2019), dolayısıyla yüksek yüzeyel akış ve daha yüksek sel potansiyelini ifade eder (Turoğlu ve Aykut, 2019; Rajasekhar vd., 2020). Formülde (6);

$$F_s = \Sigma N / A$$

(6)

ΣN = Havzadaki toplam izin sayısı, A = Havza alanı (km^2) olarak ifade edilir. Arsuz Çayı alt havzalarında mevcut F_s değeri 7 alt havzada 5,35-12,21 arasında değişmektedir. Değerin yüksek olduğu havzalar sırasıyla SB4-SB6-SB3 iken en düşük F_s değeri olan havza ise SB5'dir. En yüksek değere sahip olan havzalar daha yüksek sel potansiyelini ifade etmektedir.

Form faktörü (R_f), havzaların dairesel veya uzunlamasına olup olmama durumunu verir. 0-1 arasında değişen R_f değerinin 0'a yaklaşması uzunlamasına havza özelliğini gösterirken 1'e yakın

olması ise dairesel bir havzayı gösterir. Dairesel havzalarda, akım hidrografının daha fazla pik oluşturmaya sel potansiyelini arttırmaktadır (Rai vd., 2019; Turoğlu ve Aykut, 2019; Anya ve Bhuiyan, 2024). Formülde (7);

$$R_f = \Sigma N / A$$

(7)

olarak ifade edilir. A = Havza alanı (km^2), L_b = Maksimum havza uzunluğu'dur. R_f değeri, Arsuz Çayı alt havzalarında 0,19-0,36 arasında değişmektedir ve en yüksek değere sahip olan havzalar sırasıyla SB5-SB2-SB4-SB3 iken en düşük değeri veren havza ise SB7'dir.

Uzunluk oranı (R_e), form faktör indisi gibi havzaların dairesel ya da uzunlamasına bir geometride olup olmasının göstergesidir (Rai, vd., 2019; Turoğlu & Aykut, 2019). Ayrıca akarsu havzasının R_e değerinin yüksek olması düşük infiltrasyon kapasitesine dolayısıyla da yüksek yüzey akışa, düşük R_e değeri ise yüksek su kaybına ve düşük yüzeyel akışa işaret eder (Turoğlu & Aykut, 2019). Formülde (8);

$$R_e = 2 / L_b * (A / \pi)^{0.5}$$

(8)

olarak ifade edilir ve L_b = Maksimum havza uzunluğu, A =Havza alanı (km^2 , $\pi = 3.14$)'dır. Alt havzaların uzunluk oranı değerleri 0,5-0,68 arasında değişmektedir. En yüksek değer daha dairesel havzaları verirken, düşük değerler uzunlamasına havzaları vermektedir. Buna göre daha dairesel havzalar SB5- SB2- SB4-SB3, uzunlamasına olan havzalar ise SB6- SB7'dir.

Gravelius indeksi (K_g), form faktör ve uzunluk oranı gibi havzaların dairesel ve uzunlamasına geometrileri hakkında bilgi verir. Buna göre, 1,44-1,96 arasında değişen K_g değerinin olduğu havzalarda düşük değerler daha yüksek sel potansiyelini vermektedir. Çünkü değer 1'e yakın olması daha dairesel havzaları temsil etmektedir (Melton, 1957; Sreedevi vd., 2009; Anya & Bhuiyan 2024). Formülde (9);

$$K_g = P / 2\sqrt{\pi * A}$$

(9)

P = Havzanın çevre uzunluğu, A = Havza alanı km^2 'dir.

Tablo 4.
Alansal Morfometri Sonuçları

No	Drenaj yoğunluğu (D _d)	Akarsu Sıklığı (F _s)	Form faktörü (R _f)	Uzunluk oranı (R _e)	Gravelius İndex (K _g)	Dairesellik oranı (R _c)
SB1	3.40	5.81	0.24	0.56	1.96	0.26
SB2	3.92	9.24	0.31	0.62	1.44	0.48
SB3	4.39	10.06	0.26	0.57	1.47	0.46
SB4	4.85	12.21	0.30	0.62	1.87	0.29
SB5	3.22	5.35	0.36	0.68	1.52	0.43
SB6	4.14	10.27	0.20	0.51	1.57	0.40
SB7	3.56	6.12	0.19	0.50	1.65	0.37

Dairesellik oranı (R_c), değerin 1'e yaklaşması akarsu havzasının dentritik drenaj sistemine ait bir geometriye sahip olduğuna işaret eder. Bu tip akarsu havzalarında suyun oyalanmasının artması ile birlikte benzer zamanlarda yan kollardan gelen sular ana kolda aynı anda toplanarak büyük hacimlere ulaşırlar. Böylece yüksek pik akıma sahip hidrograf meydana getirerek sel olasılığı daha da artar. R_c değeri 1 den uzaklaştıkça bu olasılık azalır (Miller, 1953; Anya ve Bhuiyan, 2024). Formülde (10);

$$R_c = 4 \cdot \pi \cdot A / P^2 \text{ olarak hesaplanır.} \quad (10)$$

P= Havza çevresi uzunluğu (km), A= Havza alanı (km²)'dir. Arsuz Çayı alt havzalarında bu oran 0,26-0,48 arasında değişmektedir. En düşük orana sahip değerler uzunlamasına havza tipini (SB1-SB4) vermektedir. En yüksek değere sahip havzalar ise (SB2- SB3- SB5- SB6) göreceli olarak daha dairesel havzalardır ve bu havzalarda daha yüksek sel üretme potansiyeli bulunur.

Rölyef Morfometri

Rölyef morfometri kapsamında 8 adet indis kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5'te ve Şekil 7'de verilmiştir. Ayrıca, her bir indis sel oluşturma açısından ele alınmıştır.

H= Maksimum havza rölyefi (B_h) m, L= Maksimum havza uzunluğu (m)'dur. Alt havzalar R_h oranı 0,112-0,269 arasında değişirken, en yüksek değere sahip havzalar SB4-SB2'dir. En düşük değere sahip olan havzalar ise SB7 ve SB1'dir.

Rölatif rölyef oranı (R_{rr}), havza rölyefi, eğim ve erozyonel süreçler hakkında bilgi verir. Yüksek değerler yüksek eğimli dik yamaçları ve yüksek erozyon varlığını işaret eder. Ayrıca, yüksek yüzeyel akışın varlığını gösterir (Strahler, 1957; Kaur vd., 2014; Abdelkarim vd., 2020). Formülde (13);

(13)

$$R_{rr} = \frac{H}{P} \cdot 100$$

Havza rölyefi (B_h), havzanın en yüksek noktasının yüksekliği ile en alçak noktasının yüksekliğine oranıdır. Formülde (11);

(11)

$$B_h = H_{max} - H_{min}$$

H_{max}= Havzanın maksimum yüksekliği (m), H_{min}= Havzanın minimum yüksekliği (m)'dir. Rölyef değerinin artması; yüksek eğimli dik yamaçlara sahip dar ve derin akarsu vadilerine, yatak eğimlerinin fazla olduğu akarsu boyuna profillerin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu morfoloji; akarsu havzalarındaki yüzeyel akış hızının yüksek olmasını teşvik eder (Turoğlu ve Aykut, 2019). Buna göre havza rölyefinin en yüksek olduğu havzalar SB7, SB6, SB5 iken düşük olduğu havzalar ise SB1, SB4'tür. Yüksek değerlerin görüldüğü alt havzalar yüksek sel olasılığını göstermektedir.

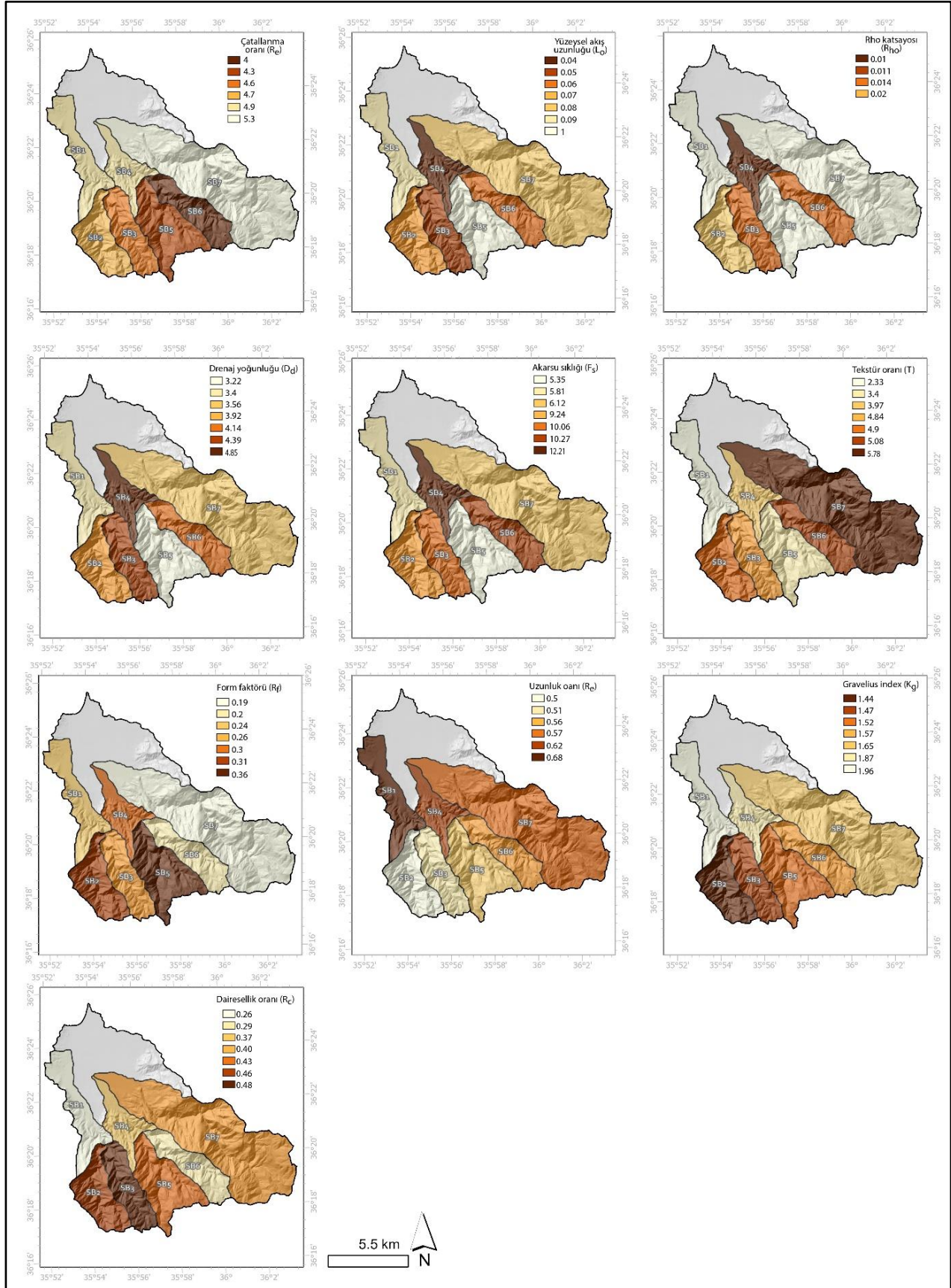
Rölyef oranı (R_h), yüksek değerler yüzeyel akışın varlığı ve fazlalığını ifade eder. Bir başka ifadeyle, rölyef oranı değerindeki artışı, daha dik yamaçlar ve daha yüksek bir yüzeyel akış hızı demektir (Turoğlu ve Aykut, 2019). Dolayısıyla yüksek hızlı yüzeyel akış yüksek erozyon ve taşıma kapasitesini böylece yüksek sel olasılığını ifade eder (Mahala, 2020). Formülde (12);

(12)

$$R_h = H/L$$

H/B_h: Havza rölyefi km/m, P: Havza çevresi uzunluğudur (km/m). Alt havzalar R_{rr} değerine bakıldığında 4,34-8,65 arasında değiştiği, en yüksek değerlerin SB6, SB3, SB2 havzalarında, en düşük değerlerin ise SB7, SB1, ve SB5'te görüldüğü belirlenmiştir. Yüksek değerlerin görüldüğü alt havzalar yüksek sel olasılığını ortaya koymaktadır.

Şekil 6
 Arsuz Çayı Havzası'nda Alt Havzaların Çizgisel ve Alansal Morfometri Özellikleri.



Engebelilik oranı (R_n), sel potansiyelinin anlaşılması amacıyla kullanılan en önemli indislerden biridir. Havza rölyefi ve drenaj yoğunluğunun bir oranıdır (Rai vd., 2018; İslam ve Deb Barman, 2020; Anya ve Bhuiyan, 2024). Formülde (14);

(14)

$$R_n = Bh/Dd$$

olarak ifade edilir. Bh = Havza rölyefi (km), Dd = Drenaj yoğunluğu (km/km^2)'dur. Alt havzalarda R_n değeri, 4,48-6,87 arasında değişirken, en yüksek değer SB4-SB6-SB3 no'lu havzalardadır. En düşük değere sahip havzalar ise SB1, SB5, SB2 no'lu havzalardır.

Melton engebililik oranı (M_m), havzanın engebililik miktarına ve eğim oranına göre değişiklik gösterir. Yüksek değerler, yüksek pürüzlülük ve engebililik, düşük değerler ise düşük rölyefi ve stabiliteyi verir (Valkanou vd., 2020; Anya ve Bhuiyan, 2024). Formülde (15);

(15)

$$M_m = (H/1000)A^{0.5}$$

H : Havza rölyefi, A =Havza alanı km^2 'dir. Alt havza M_m değeri 0,25-0,49 arasında olup, en yüksek değer SB4-SB6-SB3 havzalarında en düşük değerler ise SB7-SB1 havzalarında. Yüksek değerlerin görüldüğü alt havzalar yüksek sel olasılığını göstermektedir.

Hipsometrik Integral (H_i), havzadaki aşındırma etmen ve süreçleri hakkında bilgi veren en önemli indislerdendir (Strahler, 1964; Bajracharya ve Jain, 2021; Bozdoğan ve Canpolat, 2023). Yüksek değerler genç akarsu havzasını, düşük değerler ise yaşlı havzaları ifade etmektedir. Değerin düşük olması aşındırmadan çok biriktirme sürecini, yüksek değerler ise aşındırma ve erozitif gücün varlığına işaret eder. Formülde (16);

(16)

$$H_i = (H_{ort} - H_{min}) / (H_{max} - H_{min})$$

H_{ort} : Havza ortalama yüksekliği, H_{min} : Havza minimum yüksekliği, H_{max} : Havza maksimum yüksekliğini ifade eder. Yüksek değerlerin görüldüğü alt havzalar yüksek sel olasılığını göstermektedir. SB2, SB5 ve SB6 alt havzalarında hipsometrik integral değeri yüksek çıkmıştır.

Havza Eğim oranı (R_g), havza rölyefi hakkında bilgi verir. Yüksek değerler yüksek rölyef özelliği, düşük değerler ise düşük rölyef dinamiklerini gösterir. Havza Eğim oranı yüksek değerlere sahip alt havzalar yüksek sel olasılığını göstermektedir (Kumar ve Chaudhary, 2016). Formülde (17);

(17)

$$R_g = (H_{max} - H_{min}) / L$$

H_{max} : Havza maksimum yüksekliği, H_{min} : Havza minimum yüksekliği, L : Maksimum havza uzunluğudur. 0,11-0,27 arasında değişen R_g değerleri, havzada en yüksek değeri veren SB4 en düşük değere sahip havza ise SB7'dir.

Akım toplanma zamanı (T_c), yan kollardan ana kola su gönderen havzaların ya da ana havzalardan suyun yüzeysel akışa geçmesi ile birlikte suyun döküleceği yere kadar olan mesafede kat edeceği zamanı veren bir indistir (Özdemir, 2007; Turoğlu ve Aykut, 2019). Formülde (18);

(18)

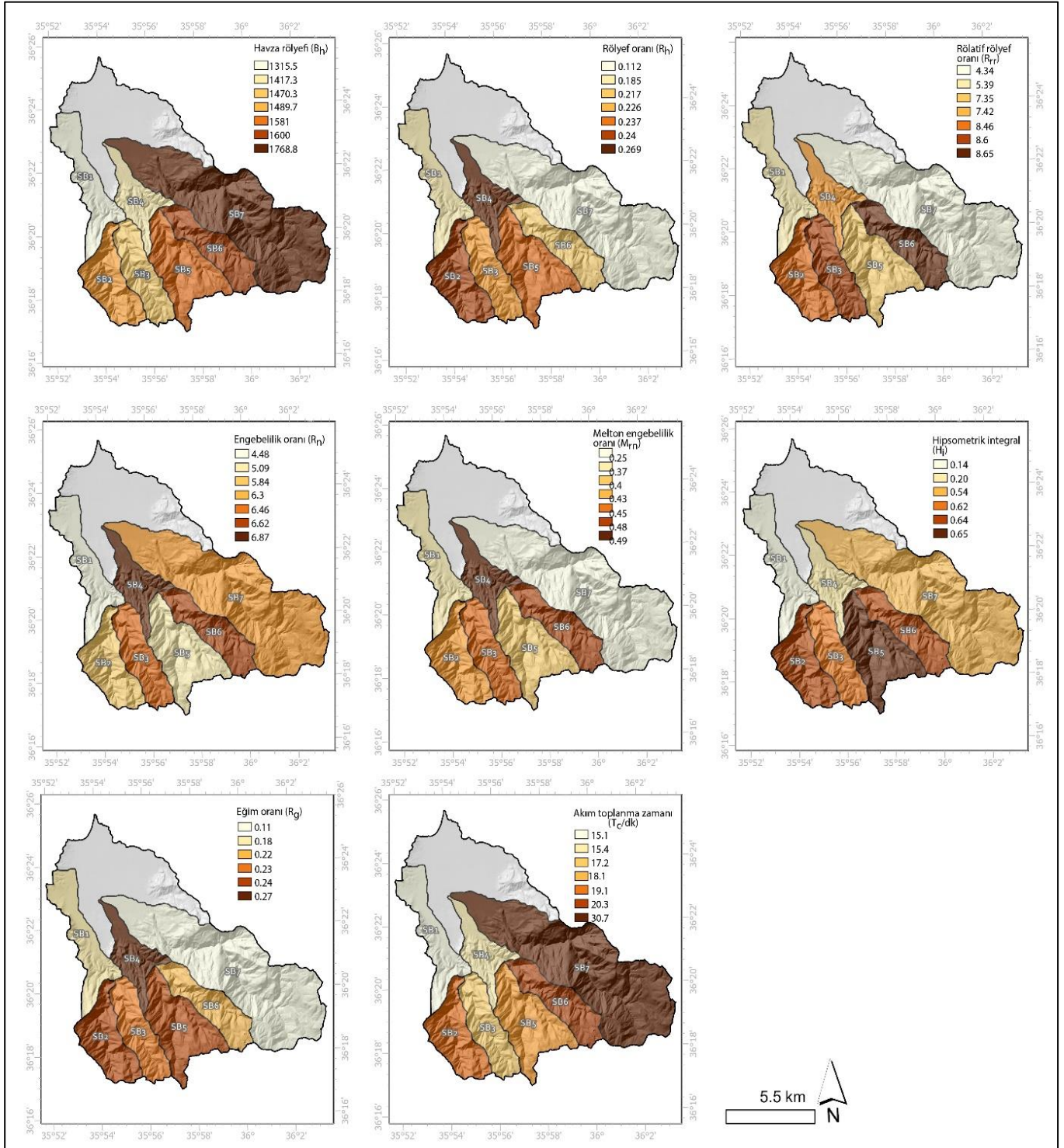
$$T_c = 0.0195 * L^{0.77} / S^{0.385}$$

L : Ana akarsu uzunluğu (m.), S : Havza ortalama eğimi (m/m)'dir. Buna göre suyun ve akımın toplanması havzanın büyüklüğüne ve şekline göre değişmektedir. Dairesel havzalarda suyun oyalanma süresi daha uzunken, uzunlamasına havzalarda bu süre daha kısadır. Bu sebeple, suyun daha fazla oyalanmasına neden olan ve ani yükselen hidrografa sahip havzalar, sel riski açısından daha kritik bir durumdadır. Bu nedenle, pik akım değerlerinin maksimum olduğu havzalar daha büyük öneme sahiptir. Buna göre SB7, SB6 ve SB2 no'lu havzalar yüksek sel potansiyeli göstermektedir.

Tablo 5.
Rölyef Morfometri Sonuçları

No	Havza Rölyefi (B_h)	Relief oranı (R_h)	Relative rölyef oranı (R_n)	Engebelilik değeri (R_n)	Melton Engebelilik Değeri (M_m)	Hipsometrik Integral (H_i)	Eğim oranı (R_g)	Akış toplanma zamanı (T_c , dakika)
SB1	1315.59	0,185	5,39	4,48	0,37	0,14	0,18	15,1
SB2	1489.71	0,240	8,46	5,84	0,43	0,64	0,24	19,1
SB 3	1470.36	0,226	8,60	6,46	0,45	0,62	0,23	17,2
SB 4	1417.39	0,269	7,42	6,87	0,49	0,20	0,27	15,4
SB 5	1581.05	0,237	7,35	5,09	0,40	0,65	0,24	18,1
SB 6	1600.09	0,217	8,65	6,62	0,48	0,64	0,22	20,3
SB 7	1768.86	0,112	4,34	6,30	0,25	0,54	0,11	30,7

Şekil 7
 Asruz Çayı Havzası'nda Alt Havzaların Rölyef Morfometri Özellikleri.



Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Arsuz Çayı Havzası'nın sel duyarlılığı, hidro-morfometrik analizler aracılığıyla değerlendirilmiş ve alt havzalar düzeyinde duyarlılık düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, özellikle Arpagedik ve Hüyük yerleşimlerinin bulunduğu SB5 ve SB6 alt havzalarının yüksek sel riski altında olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, topografik eğim, havza alanı, akarsu yoğunluğu ve uzunluk oranı gibi morfometrik parametrelerin, sel oluşumundaki etkilerini vurgulayan önceki çalışmalarla (Özdemir ve Bird, 2009; Özdemir, 2011; Abdelkarim vd. 2020) örtüşmektedir. Bu parametrelerin yüksek değerlere sahip olduğu alt havzaların, akış birikimi ve yüzey akışı açısından daha duyarlı olduğu görülmektedir.

SB1 ve SB4 alt havzalarının düşük sel duyarlılığına sahip olması, bu alanlarda rölyef özelliklerinin daha dengeli, eğimlerin daha az dik ve drenaj yoğunluğunun sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, havzaların morfometrik yapısının sel riskinin belirlenmesinde belirleyici bir faktör olduğunu doğrulamaktadır. Literatürde benzer yöntemlerle yapılan çalışmalarda (Özdemir ve Bird, 2009; Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019; Nişancı vd. 2024) havza bazlı morfometrik analizlerin sel duyarlılık haritaları üretmede etkili olduğunu ve CBS temelli yaklaşımların bu tür analizler için güçlü bir altyapı sunduğunu göstermektedir.

Araştırma sahasında çatallanma oranında en yüksek sel üretme potansiyeline sahip alt havzalar SB7-SB1-SB4, yüzeysel akış uzunluğunda SB4-SB3-SB6, rho katsayısında SB4-SB3-SB6, tekstür oranında ise SB7-SB6-SB2 alt havzalarıdır. Bu havzalar özellikle Hacıahmetli Dere ile Hüyük Dere'nin üst kısımlarında bulunmaktadır. Buna göre bu derelerin sel potansiyeli daha yüksektir.

Alansal morfometri sonuçları incelendiğinde; drenaj yoğunluğuna göre alt havzalarda en yüksek sel üretme potansiyeli olan alt havzalar SB4-SB3-SB6, akarsu sıklığında SB4-SB6-SB3, form faktöründe SB5-SB2-SB4, uzunluk oranında SB5- SB2- SB4-SB3, Gravelius indekste SB2-SB3-SB5, dairesellik oranında SB2-SB3- SB5'tir. Bu havzalar özellikle Avcılar Dere ile Hüyük Dere'nin üst kısımlarında bulunmaktadır.

Rölyef morfometri sonuçları incelendiğinde; havza rölyefine göre en yüksek sel potansiyeli olan havzalar SB7-SB6-SB5, rölyef oranına göre SB4-SB2, rölatif rölyef oranına göre SB6-SB3-SB2, engebelilik oranına göre SB4-SB6-SB3, Melton engebelilik oranına göre SB4-SB6-SB3, Hipsometrik Integral oranına göre SB5, SB2, SB6, havza eğim oranına göre SB4, SB2, SB5, akım toplanma zamanına göre ise SB7 SB6 ve SB2 no'lu havzalar yüksek sel potansiyeli göstermektedir. Bu havzalar özellikle Hacıahmetli Dere ile Hüyük Dere'nin üst kısımlarında bulunmaktadır.

Şiddetli yağışlardan sonra debisi artan Arsuz Çay alt havza sularının özellikle yerleşim sahalarının yoğun olduğu ovada birikmesine engel olmak için var olan yüzeysel su deşarj kanallarının çalışır tutulması ve yenilerinin yapılarak sahada bulunan suların tek bir alanda birikmesi önlenmelidir.

Hidromorfometrik analizlerde kullanılan topografik verinin yersel çözünürlüğünün hassas bir değerlendirme yapma konusunda sınırlı olmasına rağmen (Özdemir ve Akbaş, 2025), analiz sonuçlarının Arsuz Çayı Havzası'ndaki alt havzaların sel duyarlılığına dair belirgin sonuçlar sunduğu görülmüştür. Daha hassas sonuçlar için metre altı yersel çözünürlükteki topografik veri ile gerçekleştirilecek hidromorfometrik analizlerle Arsuz Çayı Havzası sel duyarlılığının belirlenmesi ve sonuçların havza yönetiminde dikkate alınması önerilmektedir. Ayrıca, havza morfometrik analizleri kapsamında kullanılan 10 metre çözünürlükte DEM verisinin kullanılması, yerel ölçekte taşkın üretme potansiyeli bakımından kullanılabilir ve tercih edilebilir bir veri olmasına karşın, alt havzalarda ya da ana kol üzerinde ortaya çıkan taşkın tehlike ve riskinin anlaşılabilmesi için üretilecek taşkın hidrolik modellemeleri için daha yüksek çözünürlükte ve doğrulukta cm hassasiyetinde İnsansız Hava Aracı ile üretilmiş, LIDAR teknolojileri ile elde edilmiş sayısal yüzey modellerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir- H.T.; Tasarım- S.D., H.T.; Denetleme- H.T.; Kaynaklar- S.D., H.T.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi- S.D., H.T.; Analiz ve/veya Yorum- H.T., S.D.; Literatür Taraması- S.D.; Yazıyı Yazan- S.D.; Eleştirel İnceleme- H.T.

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- H.T.; Design- S.D., H.T.; Supervision- H.T.; Resources- S.D., H.T.; Data Collection and/or Processing- S.D., H.T.; Analysis and/or Interpretation- H.T., S.D.; Literature Search- S.D.; Writing Manuscript- S.D.; Critical Review- H.T.

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

- Abdel-Hamid, M., El Tahan, H., & Elhanaty, H.M. (2016). Statistical Analysis of Morphometric and Hydrologic Parameters in Arid Regions, Case Study of Wadi Hadramaut. *Arab Journal of Geosciences*, 9, 88. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2195-7>
- Abdelkader, M.M., Al-Amoud, A., El-Alfy, M., El-Feky, A., & Saber, M. (2021). Assessment of flash flood hazard based on morphometric aspects and rainfall-runoff modeling in Wadi Nisah, central Saudi Arabia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, (23), 100562.
- Abdelkarim, A., Al-Alola S.S., Alogayell, H.M., Mohamed, S.A., Alkadi, I.I., & Youssef, I.Y. (2020). Mapping of GIS-Flood Hazard Using the Geomorphometric-Hazard Model: Case Study of the Al-Shamal Train Pathway in the City of Qurayyat, Kingdom of Saudi Arabia. *Geosciences*, 10, 333. <https://doi.org/10.3390/geosciences10090333>
- Abrar, M.F., Iman, Y.E., Mustak, M.B., & Pal, S.K. (2024). Assessment of vulnerability to flood risk in the Padma River Basin using hydro-morphometric modeling and flood susceptibility mapping. *Environ Monit Assess*, 196, 661 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12780-2>

- AFAD. (2024). T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı 2023 Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri.
- Amil, T. A. (2018). Determining of different inundated land use in Salyan Plain during 2010 the Kura River flood through GIS and remote sensing tools. *International Journal of Engineering and Geosciences (IJEG)*, 3(3), 080–086. <https://doi.org/10.26833/ijeg.412348>
- Any, B., & Bhuiyan, C. (2024). Hydro-morphometry of a trans-Himalayan River basin: Spatial variance, inference and significance. *Environmental Challenges*, 15, 100890. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100890>
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2015). Giresun'da Sel ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi Havzalarının Morfometrik Analizleri, İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, *Coğrafya Dergisi*, (30), 91-119.
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2018). Bulancak'ta (Giresun) Sel ve Taşkın Olaylarına Neden Olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Derelerinin Morfometrik Analizleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi The Journal of International Social Sciences*, 28(2), 15-41.
- Bajracharya P., & Jain, S. (2021). Characterization of drainage basin hypsometry: A generalized approach. *Geomorphology*, 381, 107645. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107645>
- Bozdoğan, M., & Canpolat, E. (2023). Drenaj Havzalarındaki Morfotektonik Özelliklerin Jeomorfik Analizlerle İncelenmesi: Delibekirli (Kırıkhan / Hatay) Havzası Örneği. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* (11), 22-51. <https://doi.org/10.46453/jader.1207265>
- Charlton, R. (2007). *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. London: Routledge.
- Chen, W., Li, Y., Xue, W., Shahabi, H., Li, S., Hong, H., Wang, X., Bian, H., Zhang, S., Pradhan, B., & Ahmad, B. Bin. (2020). Modeling flood susceptibility using data-driven approaches of naïve Bayes tree, alternating decision tree, and random forest methods. *Science of the Total Environment*, 701, 134979. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134979>
- Costache, R., & Bui, D. T. (2019). Spatial prediction of flood potential using new ensembles of bivariate statistics and artificial intelligence: A case study at the Putna river catchment of Romania. *Science of The Total Environment*, 691, 1098-1118.
- Cürebal, İ., & Erginal, A. E. (2007). Mıhlı Çayı Havzası'nın Jeomorfolojik Özelliklerinin Jeomorfik İndislerle Analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(6), 126-135. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/esosder/issue/6133/82245>
- Ergül, T., & Aydın, O. (2025). Küçük Melen İğneler Havzası'ndaki taşkınların hidrolojik modelleme yöntemiyle (HEC-HMS) belirlenmesi. *Geomatik*, 10(1), 1-14. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1492923>
- Elbaşı, E., & Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi. *Journal of Geography*, (36), 63-84.
- Erkal, T., & Taş, B. (2013). *Jeomorfoloji ve İnsan Uygulamalı Jeomorfoloji*, Yeditepe Yayınevi.
- Erol Görür, A. & Karadeniz, C. (2018). Morfometrik parçaların havza hidrolojisi açısından değerlendirilmesi. *Türk Ormanlık Dergisi*, 19(4), 447-454. <https://doi.org/10.18182/tjf.476776>
- Ersay, Ş. (2015). 2014 Yılındaki Doğa Afetlerine Küresel Bir Bakış. *Teknik Rapor*. Yıldız Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No: 122.
- Ersay, Ş. (2016). 2015 Yılında Doğa Kaynaklı Afetleri "Dünya ve Türkiye. Yıldız Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No: 125.
- Ertoğral, O. (2024). *Morfometrik Analiz Yönteminin Taşkın Riski Ön Değerlendirme Çalışmalarında Kullanılabilirliği: Yomra Örneği*. TÜCAUM 2024 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu (TÜCAUM 2024 International Geography Symposium) 8-10 Ekim 2024 /8-10 October 2024, Ankara. 291-303. <https://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2024/12/TM-21-Okan-Ertogral-291-303.pdf>
- Ertoğral, O., & Çiçek, İ. (2024). Morfometrik Analiz Yönteminin Taşkın Riski Ön Değerlendirme Çalışmalarında Kullanılabilirliği: Yomra Örneği. *The Journal of Academic Social Sciences*, 156, 266-288.
- Esen, F. (2022). Ayancık çayı havzası'nda (Sinop) meydana gelen taşkın olaylarının havza morfometrisi açısından değerlendirilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 47, 233-257.
- Farhan, Y., Anbar A., Al-Shaikh, N., & Mousa, R. (2017). Prioritization of Semi-Arid Agricultural Watershed Using Morphometric and Principal Component Analysis, Remote Sensing, and GIS Techniques, the Zerqa River Watershed, Northern Jordan. *Agricultural Sciences*, 08, 113–148. <https://doi.org/10.4236/as.2017.81009>
- Fural, Ş., & Poyraz, M. (2015). *Değirmendere Havzası'nın (Edremit) Jeomorfolojik ve Hidrografik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım* "Coğrafya'da Yeni Yaklaşımlar. Prof. H. C. Dr. İbrahim Atalay'ın 45. Meslek Yılına Armağan, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, S, 495-508, İzmir.
- Ghasemlounia, R., & Utlı, 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>
- Hatay-İRAP (2021). T.C. Hatay Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, *İl Afet Risk Azaltma Planı*. <https://hatay.afad.gov.tr/kurumlar/hatay.afad/HATAY-1%CC%87RAP-2022.pdf>
- Herece, E. (2008). *Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası*. MTA Özel Yayın Serisi-13.
- Hızal, A. (1984). *Havza fotoğrafları yorumlamasının havza amenajmanı (Ova Deresi Havzası, Kocaeli) çalışmalarında uygulanma olanaklarının araştırılması*. İ.Ü. Yayın No: 3144, O.F. Yayın no: 341, İstanbul
- Islam, A., & Deb Barman, S. (2020). Drainage basin morphometry and evaluating its role on flood-inducing capacity of tributary basins of Mayurakshi River, India. *SN Applied Sciences*, 2, 1087. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2839-4>
- Kamuş, A. O., & Atalay Dutucu, A. (2023). Hidromorfometrik Analizlerle Esmahanım Deresi Havzasının Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (11), 1-21. <https://doi.org/10.46453/jader.1182773>
- Kaur, M., Singh, S., Verma, V.K., & Pateriya, B. (2014). Quantitative Geomorphological Analysis & Land Use/ Land Cover Change Detection of Two Sub-Watersheds in NE region of Punjab, India. *ISPRS Technical Commission VIII Symposium, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 8, 371–375. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-8-371-2014>
- Kumar, S., & Chaudhary, B.S. (2016). GIS applications in morphometric analysis of Koshalya-Jhajhara watershed in northwestern India. *Journal of the Geological Society of India*, 88, 585–592. <https://doi.org/10.1007/s12594-016-0524-4>
- Mahala, A. (2020). The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. *Applied Water Science*, 10, 33. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1118-2>

- Mahmood, S., & Rahman, A. U. (2019). Flash flood susceptibility modeling using geo-morphometric and hydrological approaches in Panjkora Basin, Eastern Hindu Kush, Pakistan. *Environmental Earth Sciences*, 78, 1-16
- Melton, M. (1957). *An analysis of the relation among elements of climate, surface properties and geomorphology*. Office of Naval Research Technical Report No. 11, 99. New York.
- Mensah-Brako, B., Ampaw, F., Kotei, R., & Kyaku, P. (2025). Flash flood susceptibility assessment using geospatial technology-based morphometric analysis in Waya watershed, Volta River basin, Ghana. *Watershed Ecology and the Environment*, 7 (2025), 58-73.
- Miller, V. C. (1953). *Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee*. Technical report (Columbia University. Department of Geology); no. 3.
- Nişancı, G. Ş., Cihangir, M. E., & Küçükönder, M. (2024). Türkiye’de Ana Akarsu Havzaları Ölçeğinde Morfometrik İndislerle Sel/Taşkın Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 29(51), 13-40. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.1461010>
- Ogarekpe, N. M., Obio, E. A., Tenebe, I. T., Emenike, P. C., & Nnaji, C. C. (2020). Flood vulnerability assessment of the upper Cross River basin using morphometric analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 1378-1403.
- Ouma, U. Y., & Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric ahp and GIS: Methodological overview and case study assessment. *Water*, 6, 1515–1545.
- Özdemir, H. (2007). *Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi* (Tez No.215084). [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.
- Özdemir, H. (2008). Havran Çayı ’nın (Balıkesir) Taşkın Sıklık Analizinde Gumbel ve Log Pearson Tip III Dağılımlarının Karşılaştırılması Comparison of Gumbel and Log Pearson type III distributions in flood frequency analysis of Havran River. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 6, 41–52. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000081
- Ozdemir, 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>
- Özdemir, H. (2011). Havza Morfometrisi ve Taşkınlar, Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel, İstanbul, *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, No:5: 507-526.
- Özdemir, H., & Bayrakdar, C. (2014). 16 Kasım 2007 Tuzla Deresi taşkınının nedenleri üzerine bir araştırma (Silivri-İstanbul). *Türk Coğrafya Dergisi*, (49), 123-139. <https://doi.org/10.17211/tcd.02208>
- Özdemir, H., & Akbas, A. (2025). Evaluating the capability of UAV-Derived DEMs for flood hazard analysis. *Physical Geography*, 46(3), 175–195. <https://doi.org/10.1080/02723646.2025.2467912>
- Özşahin, E. (2010). Komşu Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi: Sarıköy ve Kocakıran Dereleri Üzerine Temel Bir Çalışma (Gönen Havzası, Güney Marmara), *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(1), 139-154.
- Rai, P.K., Singh, P., Mishra, V.N., Singh, A., Sajjan, B., & Shahi, A.P. (2019). Geospatial Approach for Quantitative Drainage Morphometric Analysis of Varuna River Basin, India. *Journal of Landscape Ecology*, 12, 1–25. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2019-0007>
- Rajasekhar, M., Raju, G.S., & Raju, R.S. (2020). Morphometric analysis of the Jilledubanderu River Basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India, using geospatial technologies. *Groundwater Sustainable Development*, 11, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100434>
- Sakthivel, R., Jawahar Raj, N., Sivasankar, V., Akhila, P. & Omine, K. (2019). Geo-spatial technique-based approach on drainage morphometric analysis at Kalrayan Hills, Tamil Nadu, India. *Applied Water Science*, 9, 24. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0899-7>
- Shekar, P.R., & Mathew, A. (2024) Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques. *Watershed Ecology and the Environment*, 6, 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>
- Sreedevi, P.D., Owais, S., Khan, H.H., & Ahmed, S. (2009). Morphometric analysis of a watershed of South India using SRTM data and GIS. *Journal of the Geological Society of India*, 73,543–552. <https://doi.org/10.1007/s12594-009-0038-4>
- Strahler, A.N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, Transactions, *American Geophysical Union*, 38, 913-920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- Strahler, A.N. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill. New York, 439-476.
- Stoffel, M., Wyzga, B., & Marston, R.A. (2016). Floods in Mountain Environments: A Synthesis. *Geomorphology*, 272,1–9. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.07.008>
- Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2017). Taşkın Yönetimi.
- Turoğlu, H. (1997). İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım, İstanbul, *Türk Coğrafya Dergisi*, 32, 355-364.
- Turoğlu, H. (2005). *Bartın’da Meydana Gelen Sel ve Taşkınlar Ait Zarar Azaltma ve Önleme Önerileri*. İ.T.Ü. Türkiye Kuvatları Sempozyumu V,104-110.
- Turoğlu, H., & Özdemir, H. (2005). *Bartın'da Sel ve Taşkınlar; Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri*, ISBN 975–9060–04–3, Çantay Kitapevi.
- Turoğlu, H. (2010-a). Yapılaşmaların doğal akım yönü ve akım miktarı üzerindeki etkileri, Ankara Üniversitesi, *TÜCAUM VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 29-36.
- Turoğlu, H. (2010-b). *Şehirselleşmenin İstanbul Suları Üzerindeki Etkisi. İstanbul’un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu*, 46-56.
- Turoğlu, H. (2011a). *İstanbul’da Meydana Gelen Sel ve Taşkınlar, Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel*. (Ed.: Deniz Ekinci), Babil Basım,411-430.
- Turoğlu, H. (2011b). Şehirselleşmenin İstanbul Suları Üzerindeki Etkisi. İstanbul’un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu 2010. *İstanbul’un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İTO Yayınları, Yayın no:2011–13, 46-56, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2019). *Şehir Seli ve Taşkını Araştırmalarında Sayısal Yüzey Modellemesi (SYM) ve İnsansız Hava Aracı (İHA) Verisi Kullanımı*. Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları, s.1-28. Pegem Akademi Yayınevi.
- Turoğlu, H., & Aykut, T. (2019). Ergene Nehri Havzası İçin Hidromorfometrik Analizlerle Taşkın Duyarlılık Değerlendirmesi, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2, 1-15. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jader/issue/44568/538941>
- TÜİK. (2022). <https://data.tuik.gov.tr> > Bülten (Çevrimiçi)
- Url-1: <https://www.emdat.be/publications/>
Erişim Tarihi: 19.05.2025
- Url-2: <https://www.iskenderunhaber.com/2015/01/24/arsuzda-selin-biraktigi-hasar-agir/>
Erişim Tarihi: 10.01.2024
- Url-3: <https://www.youtube.com/watch?v=kSLw9WuHvww>
Erişim Tarihi: 01.07.2023
- Url-4: <https://sozgazetesi.com.tr/2024/01/05/arsuz-sele-teslim/>
Erişim Tarihi: 04.06.2024

- Utlü, M., & Özdemir, H. (2018). Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği, *Coğrafya Dergisi*, 36, 49-62. <https://doi.org/10.26650/JGEOG408101>
- Utlü, M., & Ghasemlounia, R. (2021). Flood Prioritization Watersheds of the Aras River, Based on Geomorphometric Properties: Case Study Iğdır Province. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (6), 21-40. <https://doi.org/10.46453/jader.781152>
- Utlü, M. (2023). Frekans Oranı ve Shannon Entropisi Yöntemi Kullanarak Ezine Çayı Havzası Taşkın Duyarlılık Analizi (Kastamonu-Bozkurt). *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (11), 160-178. <https://doi.org/10.46453/jader.1358845>
- Valkanou, K., Karymbalis, E., Papanastassiou, D., Soldati, M., Chalkias, C., & Papanastassiou, K.G. (2020). Morphometric Analysis for the Assessment of Relative Tectonic Activity in Evia Island, Greece. *Geosciences*, 10, 264. <https://doi.org/10.3390/geosciences10070264>
- Waiyasuri, K., & Chotpantarat, S. (2020). Watershed prioritization of kaeng lawa sub-watershed, khon kaen province using the morphometric and land-use analysis: A case study of heavy flooding caused by tropical storm podul. *Water (Switzerland)*, 12. <https://doi.org/10.3390/W12061570>