Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 36:3 (2021) 1669-1685

Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi
Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University

Elektronik / Online ISSN : 1304 - 4915
Basılı / Printed ISSN : 1300 - 1884

Evaluation of morphometric analysis of flash flood potential of Eastern Mediterranean Basin using principle component analysis

Müsteyde Baduna Koçyiğit[1], Hüseyin Akay[1], Egemen Babaiban[2]
[1]Civil Engineering Department, Gazi University, Ankara, 06570, Turkey
[2]Civil Engineering Department, M.Sc. Student, Gazi University, Ankara, 06570, Turkey

Highlights:

- Evaluation of flash flood potential of Eastern Mediterranean Basin
- Prioritization of the sub-basins using morphometric analysis
- Application of principle component analysis to morphometric analysis

Keywords:

- Eastern Mediterranean Basin
- Flash flood potential
- Basin prioritization
- Morphometric analysis
- Principle component analysis

Article Info:

Research Article
Received: 21.11.2020
Accepted: 24.02.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.829390

Correspondence:

Author: Müsteyde Baduna Koçyiğit
e-mail: baduna@gazi.edu.tr
phone: +90 312 582 3223

Graphical/Tabular Abstract

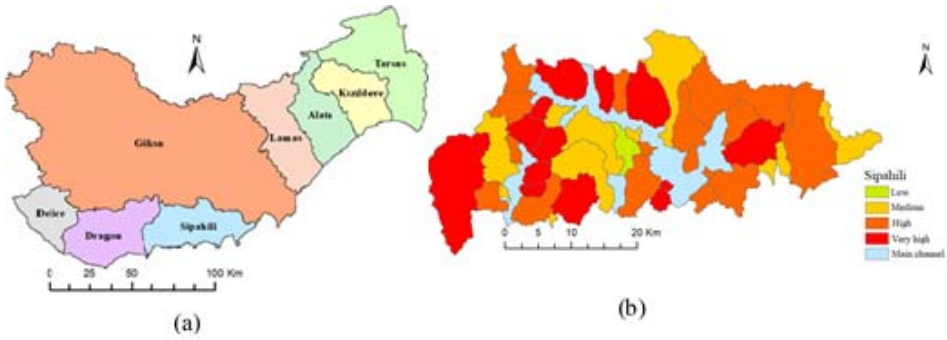


Figure A. (a) Main sub-basins of Eastern Mediterranean Basin (b) Sub-basins and flash flood potential categories of Sipahili sub-basin

Purpose: In this study, the flash flood potential of the Eastern Mediterranean Basin was investigated by using morphometric analysis. The basin was divided into 8 main and 775 sub-basins in total. For the analysis, twelve morphometric parameters were computed for each sub-basin. Principle component analysis was then applied to reduce the number of variables while minimizing information loss and enabling easy analysis. The weighted sum approach was established to determine the weights for the morphometric parameters and find their priority ranking.

Theory and Methods:
The digital elevation model of the Eastern Mediterranean Basin was produced and the drainage network and stream orders specified by the Strahler method were determined by using ArcGIS 10.1. Then, the basin was divided into sub-basins and the geometrical parameters of those sub basins were computed. Thus, twelve morphometric parameters of each sub basin were calculated and the sub-basins were assigned with preliminary priority ranks. Afterwards, SPSS v 22 was used to perform the principle component analysis to reduce dimensionality of data sets while weighted sum approach was applied for computation of compound factor. Final prioritization and categories of sub-basins were then assigned.

Results:
It was noted that successful results were achieved in main sub-basins with large drainage areas whereas in main sub-basins with small drainage areas, floods were generally experienced in sub-basins with low flash flood potential, and no floods occurred in sub-basins that are in high risk category according to the records.

Conclusion:
The reason for these results is thought to be due to the determination of the components evaluated using all 775 sub-basins of the Eastern Mediterranean Basin in the principal component analysis and thus the effective parameters in the small sub-basins with structural differences might have lost their effect when evaluated throughout the whole basin. To improve the results obtained from the study, it is believed that besides morphometric parameters, factors which directly affect the rainfall-runoff relationship such as vegetation cover, land use, basin geology and water use in the basin should be taken into consideration.

Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 36:3 (2021) 1669-1685

Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi
Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University
Elektronik / Online ISSN : 1304 - 4915
Basılı / Printed ISSN : 1300 - 1884

Temel bileşen analizi kullanılarak Doğu Akdeniz Havzası ani taşkın potansiyelinin morfometrik yaklaşımla değerlendirilmesi

Müsteyde Baduna Koçyiğit[1]*, Hüseyin Akay[1], Egemen Babaiban[2]
[1]Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06570 Maltepe Ankara, Türkiye
[2]Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Öğrencisi, 06680, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Doğu Akdeniz Havzası ani taşkın potansiyelinin değerlendirilmesi
- Morfometrik analiz kullanarak alt havzaların gruplandırılması
- Temel bileşen analizinin morfometrik yaklaşıma uygulanması

Makale Bilgileri
Araştırma Makalesi
Geliş: 21.11.2020
Kabul: 24.02.2021

DOI:
10.17341/gazimmfd.829390

Anahtar Kelimeler:
Doğu Akdeniz Havzası,
ani taşkın potansiyeli,
havza önceliklendirilmesi,
morfometrik analiz,
temel bileşen analizi

ÖZET

Bu çalışmada Doğu Akdeniz Havzası'nın ani taşkın potansiyeli morfometrik analiz yardımıyla incelenmiştir. Havza sekiz ana, toplamda 775 adet alt havzaya ayrılmış ve her alt havzaya ait on iki morfometrik parametre hesaplanmıştır. Temel bileşen analizi sonucunda alt havzaların ani taşkın potansiyeline göre sınıflandırılmasında drenaj yoğunluğu, Ro katsayısı ile dallanma, tekstür, uzunluk ve dairesellik oranlarının kullanılmasına karar verilmiştir. Alt havzalar ani taşkın potansiyelleri bakımından çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olmak üzere beş kategoriye ayrılmıştır. Elde edilen kategoriler ile havzadaki kayıtlı taşkın olayları karşılaştırılmış, yaklaşımın güvenilirliği ve uygulanabilirliği test edilmiştir. Büyük drenaj alanına sahip ana alt havzalarda başarılı sonuçlar elde edilmiş, küçük drenaj alanına sahip alt havzalarda taşkınların genellikle düşük ani taşkın potansiyeline sahip alt havzalarda yaşandığı, yüksek risk kategorisinde bulunan alt havzalarda ise kayıtlara göre hiç taşkın meydana gelmediği tespit edilmiştir. Bu sonuçların temel bileşen analizinde Doğu Akdeniz Havzası'na ait 775 adet alt havzanın tümünün değerlendirilerek bileşenlerin belirlenmesi olduğu, analiz sonucunda küçük ve yapısal farklılıklara sahip alt havzalarda etkili parametrelerin tüm havza genelinde değerlendirildiğinde etkisini yitirmiş olabileceği düşünülmektedir. Elde edilen sonuçların geliştirilebilmesi için morfometrik parametrelerin yanı sıra yağış akış ilişkisini doğrudan etkileyen bitki örtüsü, arazi kullanımı, havza jeolojisi ile havzadaki su kullanımı gibi faktörlerin de dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Evaluation of morphometric analysis of flash flood potential of Eastern Mediterranean Basin using principle component analysis

H I G H L I G H T S

- Evaluation of flash flood potental of Eastern Mediterranean Basin
- Prioritization of the sub-basins using morphometric analysis
- Application of principle component analysis to morphometric analysis

Article Info
Research Article
Received: 21.11.2020
Accepted: 24.02.2021

DOI:
10.17341/gazimmfd.829390

Keywords:
Eastern Mediterranean Basin,
flash flood risk estimation,
basin prioritization,
morphometric analysis,
principle component analysis

ABSTRACT

In this study, the flash flood potential of the Eastern Mediterranean Basin was examined by using morphometric analysis. Basin was divided into 8 main, with 775 sub-basins in total, and twelve morphometric parameters were computed for each sub-basin. Drainage density, Ro coefficient and bifurcation, texture, elongation and circulatory ratios were determined to be used in classifying sub-basins according to their flash flood potential by using principal component analysis. The sub-basins are divided into five categories in terms of their flash flood potential as very high, high, medium, low and very low. The flash flood potential categories of the sub-basins determined from the analysis were then compared with the recorded flood events for each eight main sub-basin and the reliability and applicability of the approach was thus tested. It was noted that successful results were achieved in main sub-basins with large drainage areas whereas in main sub-basins with small drainage areas, floods were generally experienced in sub-basins with low flash flood potential, and no floods occurred in sub-basins that are in high risk category according to the records. The reason for these results is thought to be due to the determination of the components evaluated using all 775 sub-basins of the Eastern Mediterranean Basin in the principal component analysis and thus the effective parameters in the small sub-basins with structural differences might have lost their effect when evaluated throughout the whole basin. To improve the results obtained from the study, it is believed that besides morphometric parameters, factors which directly affect the rainfall-runoff relationship such as vegetation cover, land use, basin geology and water use in the basin should be taken into consideration.

*Sorumlu Yazar / Yazarlar / Corresponding Author / Authors: *baduna@gazi.edu.tr, hakay@gazi.edu.tr, egemen.babaiban1@gazi.edu.tr / Tel: +90 312 582 3223

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Taşkın, bir akarsuyun çeşitli nedenlerle yatağından taşması sonucunda çevresindeki tarımsal arazilere, insan yerleşmelerine, alt yapı ve üst yapı tesislerine ayrıca canlılara zarar vermek yoluyla o bölgedeki sosyal ve ekonomik faaliyeti kesintiye uğratan doğal bir afettir [1]. Özellikle son yıllarda iklim değişikliğinin de etkisiyle kuraklık, taşkın, şiddetli yağış, kasırga ve daha birçok hava olayı dünyada artış göstermektedir [2, 3]. Dünyanın birçok bölgesinde karların toplu olarak ani bir şekilde erimesi ve aşırı mevsimsel yağışlar sonucunda yaşanan akarsu taşkınları taşkın olayına önemli bir örnektir. Taşkın riski bulunan alanlarda geçmiş yıllardan beri süregelmiş olan kontrolsüz yapılaşma faaliyetleri, akarsu yataklarının yer değiştirilmesi veya doldurulması taşkın felaketlerinin en büyük nedenleri arasında sayılabilir [1].

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de taşkınlar her yıl ekonomik kayıpların yanı sıra can kayıplarına da neden olmaktadır. Taşkınlar nedeniyle oluşan zararları azaltmak, hatta olası durumlarda tamamıyla ortadan kaldırmak için, bütüncül ve disiplinli bir bakışla taşkın risklerinin yönetilmesi gerekmektedir [4]. Türkiye'de Akdeniz, Karadeniz ve Anadolu'nun batısı gerek topografik yapıları gerekse aldıkları yağış miktarı nedeniyle taşkın riskiyle en fazla karşı karşıya olan bölgelerdir. Bu bölgelerde sanayileşme, kentleşme ve çeşitli insan faaliyetleri hidrolojik dengeyi bozarak maddi ve can kayıplarının yaşandığı taşkınları oluşturmaktadır.

Taşkını kontrol etmek için uygun yaklaşımlar, arazi kullanım değişikliklerinin etkileri ve taşkın yatağı düzenlenmesi gibi havza yönetim zorluklarının tümü, taşkın olaylarının ne kadar sıklıkta ve büyüklükte olduğu, ayrıca zaman içinde bu parametrelerin nasıl değiştiğinin anlaşılmasını gerektirmektedir [5]. Doğal taşkınlar önlenemez olmakla birlikte, dinamik bir şekilde yapısal önlemlerin alınmasıyla taşkınların yıkıcı etkileri bir nebze de olsa azaltılabilir. Taşkın potansiyeli fazla olan bölgelerde yapılması gerekli koruyucu tedbirlerin türü ve derecesi hidrolik, topografik ve jeomorfolojik faktörlerin yanı sıra söz konusu havzanın büyüklüğü ve kentsel yerleşimlerin sosyal ve ekonomik yapısına bağlıdır. Türkiye'deki havzalar arasında büyük ölçüde hidrolik ve coğrafi farklılıkların olması, bu havzalarda oluşacak taşkın potansiyelini de büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenlerle tüm taşkın koruma projeleri bölgelerin özelliklerine bağlı olarak her bir bölgeye özel yapılmalıdır [6].

Morfometri, yeryüzü yüzey şeklinin ve boyutunun ölçülmesini sağlayan matematiksel bir analiz yöntemidir [7, 8]. Bu yöntem kullanılarak yapılan çalışmalar temel olarak akımların çeşitli özelliklerinin ölçülmesini ve değerlendirilmesini içermektedir [9-11]. Bu nedenle, dünya üzerindeki farklı bölgelerde [11-13], birçok havzanın drenaj durumu [14, 15] morfometrik özellikleri yardımıyla incelenmiştir [16, 17]. Farklı çalışmalarda yüzey oluşumu ve drenaj ağı yapısının araştırılması için geliştirilmiş çeşitli sayısal fizyografik yöntem kullanılmıştır [18, 19]. Drenaj ağı parametrelerinin analizi; suyollarının farklı yaklaşımlarla derecelendirilmesi, havza alanı ve çevresi ile drenaj kanallarının uzunluğu, yoğunluğu, sıklığı, drenaj ağının çatallanma oranı, drenaj tekstürü ve uzama oranı gibi havza özelliklerinin sayısallaştırılmasını kapsamaktadır [20]. Literatürde konu ile ilgili yapılmış çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin Youssef vd. [21], Mısır'ın güneyindeki Wadi Feiran havzasının ani taşkın potansiyelini tahmin etmek için morfometrik analizden yararlanmıştır. Dawod vd. [22], çalışmalarını Suudi Arabistan'ın topoğrafyası ve jeolojik yapısı nedeniyle periyodik olarak ani taşkınlara maruz kalan Mekke kentinde yapmışlardır. Dawod vd. [22] elde ettikleri sonuçların Mekke şehrinin planlanmasının yanı sıra geliştirdikleri yaklaşımın Suudi Arabistan'daki benzer jeomorfolojik ve hidrolojik özelliklere sahip şehirlere uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Ghoneim ve Foody [23], araştırma için ani taşkınlara maruz kalan Mısır'daki Wadi El-Alam Havzası'nı seçmişlerdir. Havza içindeki ani taşkın tehlikesini tahmin etmek için hidrolojik modelleme yapmışlardır. Çalışmada yağış, toprak özellikleri ve bölgenin özelliklerinin ani taşkın oluşturmadaki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda Ghoneim ve Foody [23] kullanılan yaklaşımın dağlık çöl bölgelerinde meydana gelen ani taşkın tehlikesinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesinde faydalı sonuçlar verdiğini ve kurak bölgelerde bazı değişikliklerle uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Farhan ve Anaba [24], şiddetli yağmur ile ilişkili olan ani taşkınların, Ürdün'ün kurak topraklarında yaygın olduğunu, ani taşkınların insan yaşamına ve alt yapıya zarar verdiğini belirtmişler ve Ürdün'ün güneyindeki Wadi Yutum Havzası'ndaki ani taşkınları değerlendirmişlerdir. Taşkın riskinin mekânsal olarak olasılığını hesaplamak için jeolojik alan verileriyle birlikte uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerini kullanarak değerlendirme yapmışlardır. Papatheodorou vd. [25], ani taşkın tehlikesini bölgesel ölçekte değerlendirmek ve taşkınların tam yerini belirlemek amacıyla morfometrik parametreler, akarsu özellikleri, jeolojik, hidrojeolojik, topografik, coğrafi ve meteorolojik verilerin kullanımını birleştiren metodolojik bir yaklaşım kullanmışlardır.

Türkiye'de de konu ile ilgili yapılmış ve hâlihazırda yapılmakta olan birçok çalışma bulunmaktadır. Özdemir ve Bird [26], Havran Nehri Havzası'ndaki (Balıkesir) alt havzaların taşkına maruz kalma etkisinin ana kanal üzerindeki etkisini belirlemek için farklı kaynaklardan elde edilen iki drenaj ağının morfometrik parametrelerini değerlendirmişlerdir. Avcı ve Sunkar [27], Giresun'da sel ve taşkınlara neden olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi Havzalarının morfometrik özelliklerini analiz etmişlerdir. Turgu vd. [28] araştırmalarında 23.02.2015 tarihinde İzmir'in Çeşme ilçesinde meydana gelen ani taşkın ve sel olayını, radar ve uydu verileri, sayısal hava tahmin modelleri ve yerel bilgilerin yanı sıra Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemleri'ni kullanarak incelemişlerdir. Çalışmalarında

yağış yüksekliği, kar erimeleri, toprağın doygunluğu gibi parametreleri kullanmışlardır. Erdede ve Öztürk [13] çalışmaları kapsamında Kızılırmak Havzası'nda morfometrik parametreleri hesaplamışlardır. Havzanın hidrolojik özelliklerini ve morfometrik özelliklere dayanan taşkın potansiyellerini değerlendirmişlerdir. Baduna Koçyiğit ve Akay [29], çalışmalarında Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Akçay Havzası'nı ArcGIS kullanarak 11 alt havzaya ayırmış, bu alt havzaların geometrik büyüklüklerini ve Strahler yaklaşımına göre drenaj ağı mertebesini belirlemişlerdir. Böylelikle her bir alt havzanın morfometrik parametrelerini hesaplamışlardır. Utlu ve Özdemir [30], Marmara Bölgesi'nde bulunan Biga Çayı Havzası'nda uzun sürelerde etkili olan yağışlar sonucunda meydana gelen taşkın olaylarını ve nedenlerini, morfometrik bakımdan incelemişlerdir. Taş [31], Afyonkarahisar Çay Deresi Havzası'nın taşkın potansiyelini CBS kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmasında ağırlıklı çakıştırma analizi kullanan Taş, havzadaki taşkın riski taşıyan alanları modellemiştir. Tanrıverdi [32], Şanlıurfa il merkezinin taşkın duyarlılığı haritasını hazırlamak için Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemini kullanmıştır. Bu çalışmasında Şanlıurfa il merkezine yakın olan büyük akarsulardan; Cavsak, Sırrın ve Karakoyun akarsuları ve diğer akarsular temelinde, taşkın olabilecek potansiyel alanlar CBS yardımıyla belirlenmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı alt havzalara ayrılmış bir havzada, havzanın morfolojik özelliklerini kullanarak alt havzaları ani taşkın potansiyellerine göre gruplandırmaktır. Çalışma kapsamında Doğu Akdeniz Havzası seçilmiştir [33]. Havza 8 ana alt havza ayrılmış ve bu ana alt havzaların da daha küçük alanlara ayrılmasıyla toplamda 775 adet alt havza elde edilmiştir. Çalışmada ani taşkın potansiyelini ifade eden 12 adet morfolojik parametre kullanılarak alt havzalar kendi aralarında önceliklendirilmiştir. Havzanın ani taşkın potansiyeli üzerinde her parametrenin etkisinin farklı olacağı düşüncesinden hareketle önceliklendirme işlemi için ağırlıklı toplama yaklaşımı ile temel bileşen analizi kullanılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI (STUDY AREA)

Çalışma kapsamındaki Doğu Akdeniz Havzası Türkiye'nin güneyinde 36°-37° kuzey paralelleri ve 32° - 35° doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Doğu Akdeniz Havzası 21 676 km^2 drenaj alanına sahiptir. Havza, Türkiye nüfusunun %2,4'ünü barındırmakta ve ülkenin yüz ölçümünün yaklaşık %3'ünü oluşturmaktadır. Havzanın kuzeyinde Konya Kapalı Havzası, doğusunda Seyhan Havzası ve batısında Antalya Havzası bulunmaktadır. Türkiye haritası üzerinde Doğu Akdeniz Havzası'nın konumu ve ana alt havzaları Şekil 1'de gösterilmiştir.

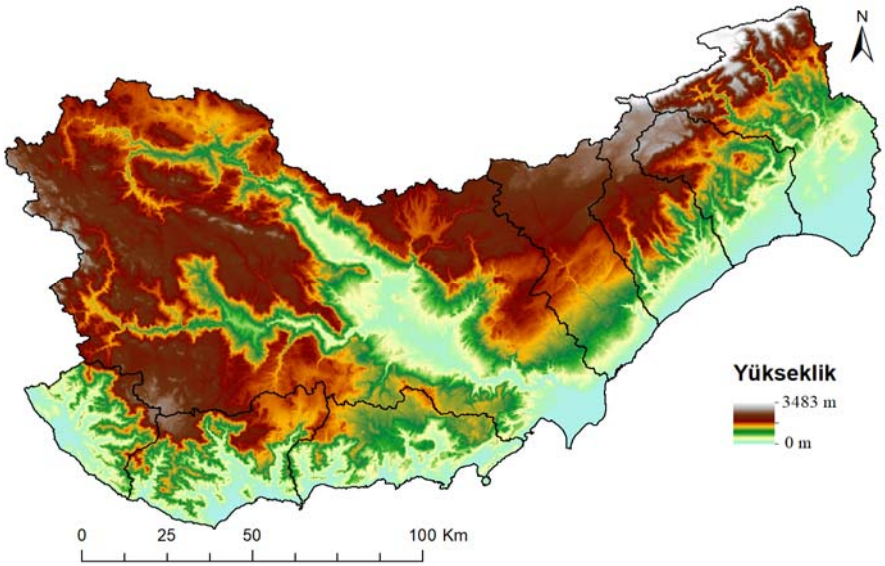
Havzadaki en büyük akarsu olan Göksu Nehri ve Berdan Çayı hariç akarsular kısa ve yatakları eğimlidir. Yatakları boyunca alüvyon taban bulundurmazlar ve dar vadilerden geçerler. Yükselti ortalama olarak 0-2000 metre arasında değişmekte olmakla beraber doruklarda 3000 metreyi geçmektedir. Anamur ve Silifke dışında havzanın büyük çoğunluğu dağlıktır [33, 34]. Doğu Akdeniz Havzası'nın birçok bölgesinde Akdeniz iklimi görülmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Kuzeye gidildikçe dağlık kesimlerde karasal iklim görülmekte; yüksek kesimlerde yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve karlı olmaktadır [35]. Akdeniz Bölgesi'ndeki havzaların genel özelliklerinden birisi karstik yapılara sahip olmalarıdır. Doğu Akdeniz Havzası genel olarak yaşlı kireç taşı birikimlerinden oluşmakta, topraklar kil ve balçıklı kil türündedir [36]. Örneğin Akdeniz Bölgesi'nde jeolojik bakımdan etkili olan Toros Dağları temel olarak kireç taşından oluşmuştur. Kireç taşı çatlaklı yapısından dolayı yağışları sızdırmaktadır. Bölgede zaman zaman görülen şistler ise yağışları daha az sızdırmaktadır. Doğu Akdeniz

Şekil 1. Doğu Akdeniz Havzası'nın konumu ve ana alt havzaları (Location of Eastern Mediterranean Basin and its main sub-basins)

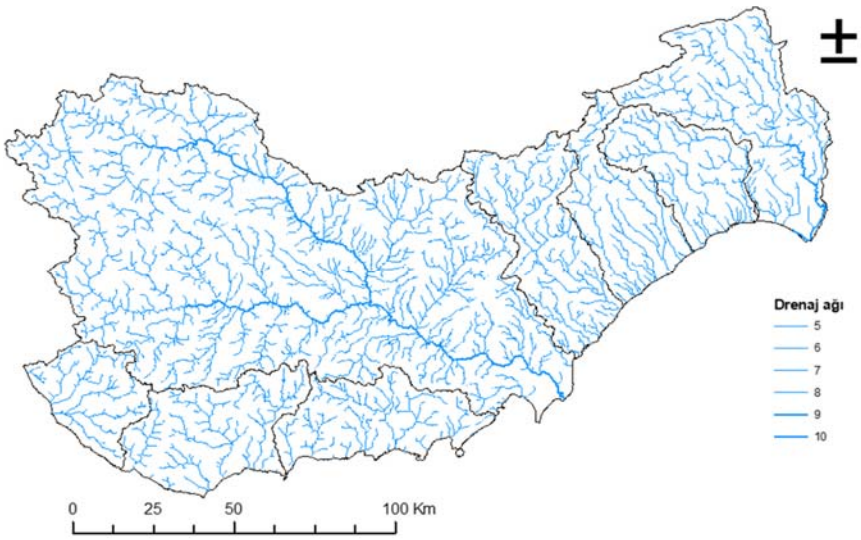
Havzası'ndaki Silifke, Tarsus, Gülnar ve Mut ilçelerinde; Anamur, Erdemli ve Aydıncık ovalarında tarım alanlarının diğer bölgelerden fazla olduğu görülmektedir. Havzada buluna tarımsal alanlar kullanımlarına göre incelendiğinde ise tarla arazileri (%63); bahçe arazileri (%13); bağ, sebze ve zeytinlik alanlar (%22) olduğu görülmektedir. Geri kalan kısımlar ise süs bitkileri, sakızlık ve yabani zeytin ağacı bölgelerinden oluşmaktadır [37]. Çamlıyayla, Yenişehir, Aydıncık, Taşkent ve Başyayla ilçelerinde ise tarım alanları çok az bulunmaktadır. Doğu Akdeniz Havzası'nda yapılmış çalışmaların bazıları [38-40] bulunabilir.

3. YÖNTEM (METHOD)

Doğu Akdeniz Havzası'na ait 1/25 000 ölçekli 10 m aralıklarla geçirilmiş eş yükselti eğrileri kullanılarak ArcGIS 10.1 programı yardımıyla TIN ve Raster formatında Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ismi verilen iki farklı sayısal arazi modeli oluşturulmuştur (Şekil 2). SYM kullanılarak akım yönleri ve akım toplanma miktarları belirlenmiş, akım toplanma miktarları eşik değeri 100 alınarak drenaj ağı belirlenmiştir [29, 41, 42]. Daha sonra Strahler [19] yaklaşımı kullanılarak akarsuların mertebeleri belirlenmiştir. Doğu Akdeniz Havzası'na ait mertebeleri 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 olan akımlar Şekil 3'te gösterilmiştir. Her bir ana alt havzanın çıkış noktaları drenaj ağında akarsu mertebesi 5 ve 5'ten büyük olan noktalar belirlenerek isimlendirilmiş olup her biri için drenaj ağı ve alt havza sınırları oluşturulmuştur. Delice Havzası için 30, Dragon Havzası için 59, Alata Havzası için 37, Göksu Havzası için 423, Kızıldere Havzası için 42, Lamas Havzası için 64, Sipahili Havzası için 42 ve Tarsus Havzası için 78 olmak üzere toplamda 775 adet alt



Şekil 2. Doğu Akdeniz Havzası sayısal yükseklik modeli (Digital elevation model of Eastern Mediterranean Basin)



Şekil 3. Doğu Akdeniz Havzası drenaj ağı (Stream network of Eastern Mediterranean Basin)

havza elde edilmiştir (Tablo 1). Bu alt havzalara ait önemli karakteristik büyüklüklerin bazıları Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 2'de A ana alt havza alanını, P havzanın çevresini, ΣN5 ve ΣN6 havzada mertebeleri sırasıyla 5 ve 6 olan akarsuların toplam sayılarını, L havzadaki toplam drenaj çizgilerinin uzunluğunu ve ana alt havzalarda oluşturulan, mertebeleri 5 – 10 arasında değişen ve denize deşarj olan havza sayılarını göstermektedir. Şekil 4'te ise Doğu Akdeniz Havzası ana alt havzalarından biri olan Sipahili ana alt havzasındaki alt havzalar, drenaj ağı ve çıkış noktaları görülmektedir. Çalışmada izlenen metodoloji de Şekil 5'te verilmiştir.

4. MORFOMETRİK VE TEMEL BİLEŞEN ANALİZLERİ
(MORFOMETRIC AND PRINCIPAL COMPONENT ANALYSES)

4.1. Morfometrik Analiz (Morphometric Analysis)

Çalışma kapsamında, literatürde yer alan ve bir havzanın ani taşkın potansiyelini etkileyen morfometrik parametrelerden on iki adedi seçilmiştir [26, 29]. Ani taşkın potansiyeli bakımından incelenen alt havzalar havzanın lineer ve alansal özelliklerini doğrudan, rölyef özelliklerini ise dolaylı olarak yansıtan akarsu sıklığı, yüzey akış uzunluğu, uzunluk oranı ve dairesellik oranı gibi morfometrik parametreler kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan morfometrik parametreler Tablo 3'te verilmiştir. Böylece Doğu Akdeniz Havzası'nın 775 adet alt havzasına ait toplamda 9300 adet morfometrik parametre değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4'te Doğu Akdeniz Havzası ana alt havzalarına ait morfometrik değerlerin minimum, maksimum, ortalama ve medyan değerleri ile basıklık (Kurtosis) ve çarpıklık (skewness) değerleri verilmiştir.

4.2. Temel Bileşen Analizi (Prıncipal Component Analysis)

Bu çalışmada birbiriyle çelişen birden fazla değişken kullanılarak alt havzaların ani taşkın potansiyelleri incelenmektedir. Temel bileşen analizi, çok sayıdaki değişkenin birkaç bileşenle ifade edilip edilemeyeceğini anlamak için kullanılır. Bu çalışmada özdeğeri belirli bir değerin üzerinde olan parametreler seçilmiştir. Parametrenin hangi bileşeni daha çok açıkladığını belirlemenin zor olduğu durumlarda açıklanan varyansı bozmadan değişkenlerin hangi bileşene en çok katkı sağladığını belirlemek için rotasyon işlemi uygulanır. Rotasyon işleminde yeni veri seti oluşturmak için Varimax – Kaiser normalizasyon yöntemi kullanılmıştır.

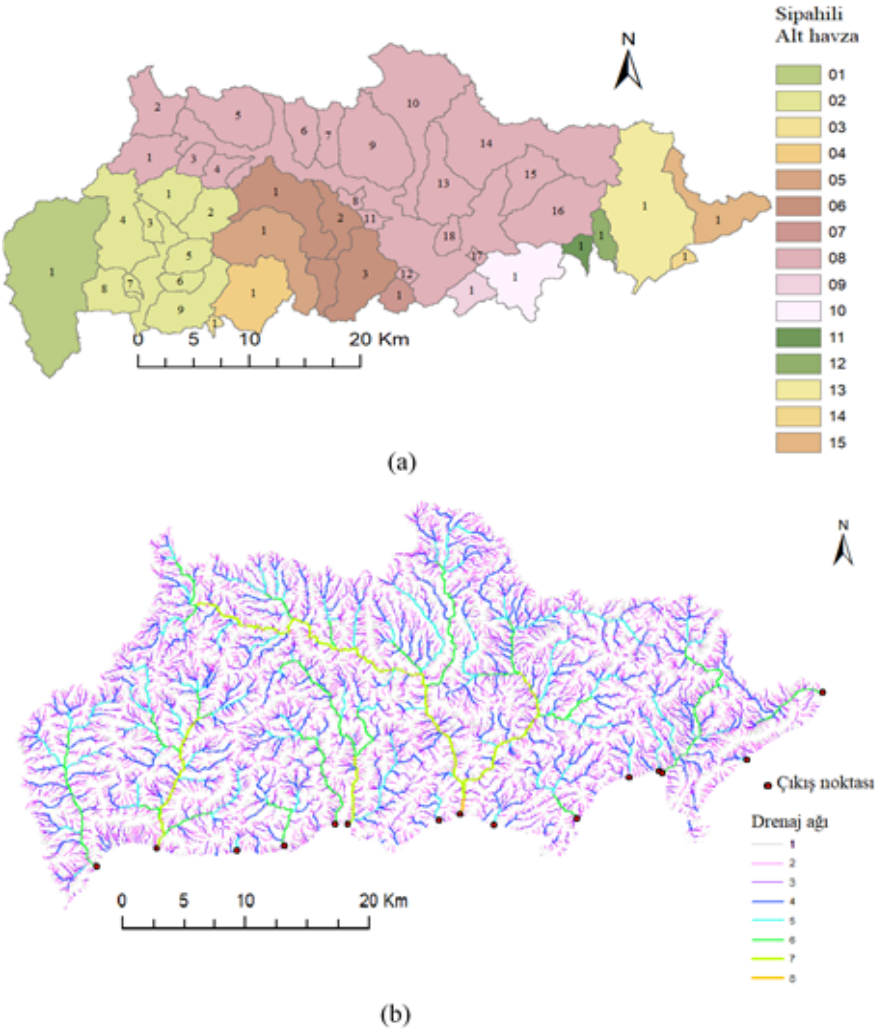
Alt havzalar ani taşkın potansiyellerine göre önceliklendirilirken morfometrik parametrelerin her birinin havzanın taşkın potansiyeli üzerinde aynı etkiye sahip olduğu yani eşit ağırlıklı olarak değerlendirilmesi yaklaşımı gerçek durumu yansıtmamaktadır. Bu yaklaşımla yapılmış olan değerlendirme fiziksel olarak gerçek durumdan sapmakta ve önceliklendirme sonuçlarında hataların olmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında temel bileşen analizi yöntemi kullanılarak morfometrik parametrelerin hangilerinin alt havzaların ani taşkın potansiyelleri üzerinde daha etkili olduğu, parametreler arasındaki korelasyon yardımıyla incelenmiş, güçlü korelasyona sahip parametreler belirlenmiş ve bu parametrelerin ağırlıklı toplama analizi yardımıyla ani taşkın potansiyeli belirlenmesinde kullanılacak ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Bu yöntem çeşitli alanlarda aynı zamanda alt havzaların ani taşkın potansiyellerine göre önceliklendirme çalışmalarında da başarı ile kullanıldığından tercih edilmiştir. Yöntemin uygulanmasında öncelikle veri setini oluşturan 775 adet alt havzaya ait on iki adet morfometrik parametre değerinin her biri için alt havzalar ani taşkın potansiyellerine göre sıralanmıştır. Morfometrik parametre

Tablo 1. Doğu Akdeniz Havzası'na ait ana alt havzalar ve bu ana alt havzalardaki alt havza sayıları
(Main sub-basins of Eastern Mediterranean Basin and their sub-basins)

	Doğu Akdeniz Havzası'na ait alt havzalar							
	Alata	Delice	Dragon	Göksu	Kızıldere	Lamas	Sipahili	Tarsus
Alt havza sayıları	37	30	59	423	42	64	42	78

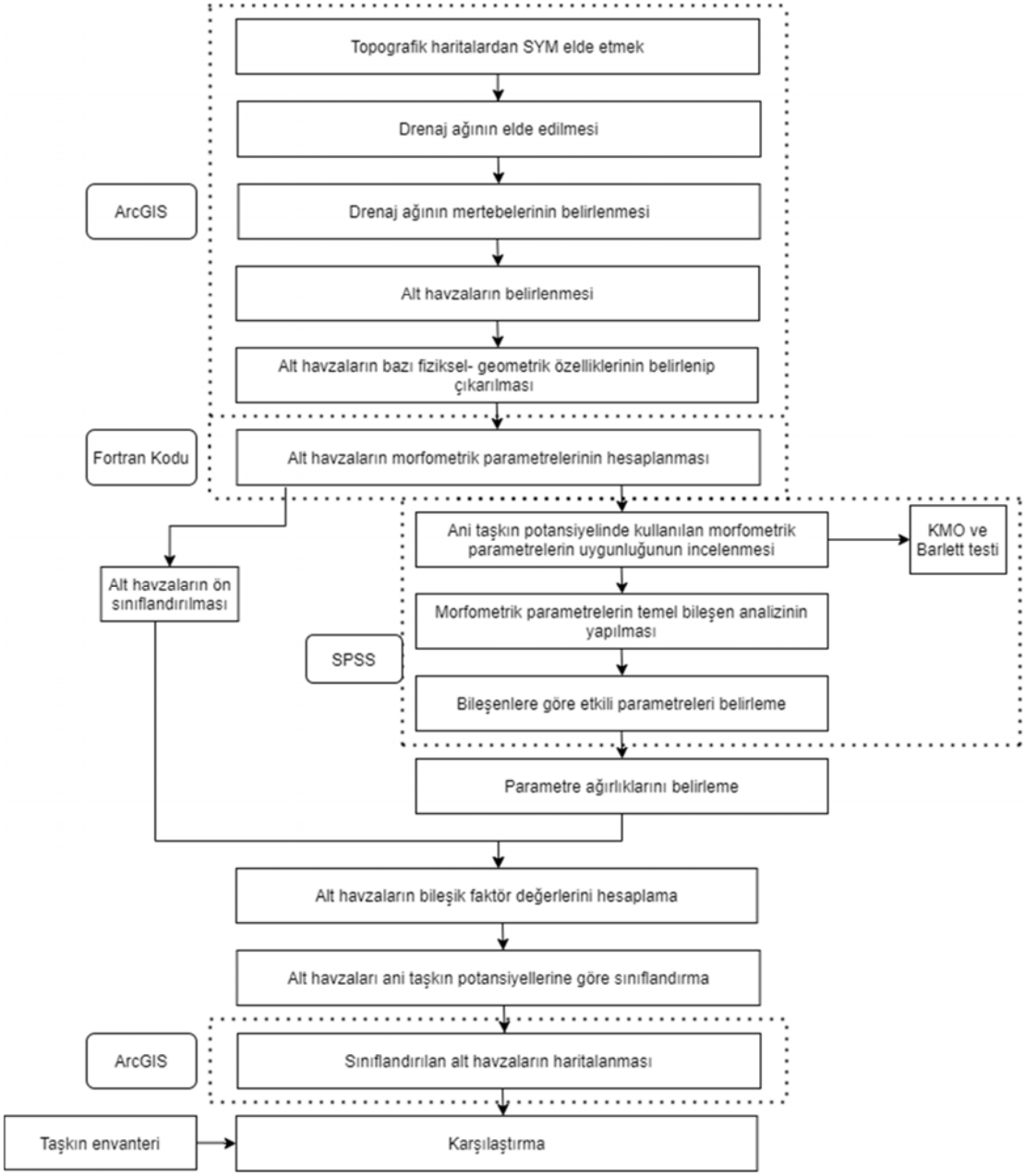
Tablo 2. Doğu Akdeniz Havzası'na ait ana alt havzaların bazı karakteristik büyüklükleri
(Characteristic parameters of main sub-basins of Eastern Mediterranean Basin)

Alt havza adı	Ana alt havza karakteristik değişkenleri											
	A (km^2)	P (km)	Akarsu mertebesi						ΣN_5	ΣN_6	ΣN	L (km)
			5	6	7	8	9	10				
Alata	1325,202	338,620	10	3	1	1	0	0	26	11	37	502,961
Delice	898,540	225,640	0	1	2	1	0	0	18	12	30	276,256
Dragon	1540,464	315,660	4	3	2	2	0	0	34	25	59	527,216
Göksu	11376,103	1084,540	2	1	2	0	0	1	258	165	423	4339,725
Kızıldere	1236,346	278,260	6	3	2	1	0	0	27	15	42	447,821
Lamas	1693,303	417,040	2	3	2	1	0	0	35	29	64	667,436
Sipahili	1340,124	348,040	6	6	2	1	0	0	20	22	42	436,931
Tarsus	2265,427	410,680	0	0	2	0	1	0	42	36	78	796,157
Toplam	21675,509											



Şekil 4. Sipahili ana alt havzasına ait (a) alt havzalar (b) drenaj ağı ve çıkış noktaları
(Sipahili main sub-basin (a) sub-basins (b) stream network and outlets)

değerlerine göre eşit ağırlıklı alınarak yapılmış olan bu sıralama ilk sıralama olduğundan çalışmada ön sıralama (ÖS) olarak adlandırılmıştır. Ön sıralama işlemi için morfometrik parametreler havzanın ani taşkın potansiyelini etkilemelerine göre iki ana gruba ayrılmıştır [21, 29, 47]. Temel bileşen analizinden önce alt havzalara ait verilerin faktör analiz modeli ile modellenip modellenemeyeceğine ilişkin bir değerlendirme yapılabilmesi için literatürde yaygın olarak kullanılan Kaiser-Meyer-Oikin (KMO) ve Bartlett'in küresellik testlerinden yararlanılmıştır. Bartlett'in küresellik testi bir ki-kare ($\chi 2$) istatistiği olup korelasyon matrisinin anlamlılığını ifade eden bir testtir [48]. KMO ise bir test istatistiği olmayıp verilerin tutarlılığı için geliştirilmiş bir ölçüttür [49]. Çalışma kapsamında verilerin istatistiksel analizi SPSS V 22 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tablo 5'te KMO ve Bartlett'in küresellik test sonuçları verilmiştir. Faktör analizi sonuçlarına göre KMO değeri 0,90'dan büyük olması durumunda çok iyi, 0,7–0,8 aralığında iyi ve 0,5–0,7 aralığında orta olarak sınıflandırılmaktadır. 0,5 değerinden küçük olması durumunda ise daha fazla veri toplanması önerilmektedir. 775 alt havzanın on iki morfometrik parametre kullanılarak alt havzaların ani taşkın potansiyellerine göre sınıflandırılmasında kullanılan faktörlerin orta derecenin üst sınırında uygun olduğu, böylece faktör analizi yapılabileceği görülmektedir. Daha sonra temel bileşen analizi SPSS v22 (Statistical Package for the Social Sciences) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Temel bileşen analizinde kullanılacak ham veri matrisinde her satır bir alt havzayı, her morfometrik parametre değeri de bir sütunu ifade etmiştir. Böylece 775 satır ve 12 sütundan oluşan bir veri matrisi elde edilmiştir. Temel bileşen analizi sonucunda Tablo 6'da verilen korelasyon matrisi belirlenmiştir. Tablo 6 incelendiğinde E_r ile F_f, S_f ve C_r ile C_c arasında güçlü korelasyon ($r>0,90$), L_o ile D_d, WL_r ile E_r, S_f ile C_c ve S_f ile F_f ve C_c arasında iyi korelasyon ($0,90 \geq r > 0,75$), C_c ile F_f ve E_r, C_r ile F_f, S_f, ve E_r, arasında orta korelasyon ($0,75 \geq r > 0,60$) olduğu görülmüştür. Korelasyon matrisi belirlendikten sonra matrisin tüm elemanları kullanılarak değişkenlerin faktörlerle ilişkisini gösteren ve faktör ağırlıkları veya faktör yükleri denilen katsayılar elde edilmiştir. Genellikle her ilave faktörün yani parametrenin toplam varyansın



Şekil 5. Çalışmada izlenen yöntem (Methodology of the study)

açıklanmasına katkısı en az %5 ya da benzer şekilde öz değeri 1'den büyük olan faktörler anlamlı olarak kabul edilmektedir [50]. Tablo 7'de faktör yüklerinin kareler toplamı sütununda varyans yüzdesi ve eklemeli varyans sütunları yer almakta olup faktör sayısı kadar değer bulunmaktadır. Tablo 7'den de görüleceği üzere öz değerleri birden büyük olan ilk üç bileşen toplam varyansın sırasıyla yaklaşık %43, %19 ve %12'lik kısmını, toplamda %76,125'ini açıkladığı, diğer parametreler için bu değerin gittikçe azaldığı görülmektedir. Yamaç eğim grafiği çizildiğinde öz değeri 1'in üzerinde olan 3 faktörden sonra da eğrinin eğiminin azalmadığı görülmüştür. Bu nedenle yamaç eğim grafiğinde çizginin azalarak düz bir şekilde devam etmeye başladığı ve öz değerleri 0,5'in üzerinde olan altı bileşen seçilmiştir [51]. Böylece bu çalışmada öz değeri 0,5'ten büyük olan bileşenler dikkate alınarak altı bileşenin toplam varyansın %92,984'ünü ifade ettiği görülmüştür. Rotasyonsuz faktör matrisi ile hangi bileşenin hangi faktörle açıklanacağı veya hangi faktörle ilişkili olduğu belirlenmektedir. Ancak fiziksel olarak anlamlı bir bileşen elde etmek problem olduğu görüldüğünden rotasyonsuz matris döndürülerek Tablo 8'de verilmiş olan döndürülmüş faktör yükleme matrisi elde edilmiştir. Döndürülmüş faktör yükleme matrisleri altı bileşene göre incelendiğinde en önemli parametrelerin bu bileşenler için sırasıyla E_r, D_d, C_r, R_b, T ve ρ parametreleri olduğu görülmüştür. Bu nedenle Doğu Akdeniz Havzası'nın ani taşkın potansiyellerine göre sınıflandırılmasında R_b, D_d, T, ρ, E_r ve C_r parametreleri

Tablo 3. Morfometrik parametrelerin formülleri ve tanımları (Formulas and definitions of morphometric parameters)

Morfometrik Parametreler	Sembol	Birim	Formül	Tanım	Referans
Akarsu Sıklığı	F_s	1/km²	$\Sigma N_u/A$	Birim drenaj alandaki toplam akarsu sayısı	[43]
Biçim Faktörü	F_f	-	A/L^2	Havzanın drenaj alanının havza uzunluğunun karesine oranıdır	[18]
Dairesellik Oranı	C_r	-	$12,566A/P^2$	Havzanın alanının havzanın çevresi ile aynı çevreye sahip dairenin alanına oranıdır	[44]
Dallanma Oranı	R_b	-	N_u/N_{u+1}	Herhangi bir mertebedeki akarsu sayısının, o mertebenin sonrasındaki akarsu sayısına oranıdır	[19]
Drenaj Yoğunluğu	D_d	1/km	$\Sigma L_u/A$	Birim drenaj alandaki toplam akarsu uzunluğudur	[43]
Genişlik Uzunluk Oranı	WL_r	-	W/L	Havzanın genişliğinin uzunluğuna oranıdır	[45]
Sıklık Katsayısı	C_c	-	$0,282P/A^{0,5}$	Havzanın çevresinin, havzanın drenaj alanı ile aynı alana sahip dairenin çevresine oranıdır	[44]
Şekil Faktörü	S_f	-	L^2/A	Havza uzunluğu karesinin havza drenaj alanına oranıdır	[18]
Tekstür Oranı	T	1/km	N_1/P	Birim çevre uzunluktaki birinci mertebe akarsu uzunluğudur	[46]
Uzunluk Oranı	E_r	-	$1,128A^{0,5}/L$	Havza ile aynı drenaj alanına sahip dairenin çapının, havzanın uzunluğuna oranıdır	[46]
Yüzey Akış Uzunluğu Oranı	L_o	km	$A/2L_u$	Drenaj yoğunluğunun tersinin yarısıdır	[18]
ρ Katsayısı	ρ	km	L_{ur}/R_b	Akarsu uzunluk oranının, dallanma oranına oranıdır	[18]

Tablo 4. Doğu Akdeniz Havzası morfometrik parametre değerlerine ait istatistiksel veriler
(Statistical data of morphometric parameters of Eastern Mediterranean Basin)

Parametre Değerleri	R_b	D_d	F_s	T	L_o	ρ	F_f	S_f	E_r	C_c	C_r	WL_r
Minimum	3,224	5,244	27,747	4,664	0,013	0,136	0,054	2,339	0,262	1,492	0,078	0,071
Maksimum	9,566	37,210	52,385	46,383	0,095	0,918	0,427	18,556	0,738	3,583	0,449	1,055
Ortalama	4,558	7,495	35,516	15,155	0,068	0,477	0,184	6,259	0,476	2,059	0,253	0,262
Medyan	4,551	7,220	35,067	13,373	0,069	0,472	0,176	5,697	0,473	2,010	0,247	0,244
Basıklık	20,380	148,321	1,491	1,199	4,305	6,406	0,340	2,509	-0,225	1,066	-0,501	5,505
Çarpıklık	1,942	10,126	0,871	1,127	-1,124	0,754	0,655	1,394	0,179	0,951	0,213	1,552

Tablo 5. Doğu Akdeniz Havzası morfometrik parametreleri arasında KMO ve Bartlett test sonuçları
(KMO and Bartlett test results of morphometric parameters of Eastern Mediterranean Basin)

KMO Örneklem Uygunluk Ölçüsü		0,692
Bartlett'in Küresellik Testi	χ2 (Bartlett testinden elde edilen değer)	12729,614
	Serbestlik derecesi	66
	Anlamlılık	0

kullanılmıştır. Rotasyon sonrasında altı faktörün sırasıyla varyansın %42,758, %20,338, %13,029, %10,293, %8,514 ve %8,319'unu açıkladığı görülmüştür. Temel bileşen analizi ile belirlenmiş olan R_b, D_d, T, ρ, E_r ile C_r altı morfometrik parametrenin korelasyonları göz önüne alınarak ağırlıklı toplama yaklaşımı uygulanmıştır. Tablo 9'da görüldüğü üzere 6 parametre arasında çapraz korelasyon yapılarak belirlenen faktörlerin ağırlık değerleri (AD) hesaplanmış ve daha sonra bileşik faktör (BF) yaklaşımı kullanılarak Eş. 1 yardımıyla önceliklendirme gerçekleştirilmiştir [51].

$$BF = (0,087 * ÖS_{R_b}) + (0,056 * ÖS_{L_o}) + (0,249 * ÖS_T) + (0,008ÖS_\rho) + (0,305 * ÖS_E_r) + (0,295 * ÖS_C_r) \quad (1)$$

Tablo 6. Doğu Akdeniz Havzası morfometrik parametreleri arasındaki korelasyon matrisi
(Correlation matrix among morphometric parameters of Eastern Mediterranean Basin)

Parametre Değerleri	R_b	D_d	F_s	T	L_o	ρ	F_f	S_f	E_r	C_c	C_r	WL_r
R_b	1,000	0,157	-0,286	0,248	0,119	-0,259	-0,221	0,210	-0,225	0,196	-0,203	-0,185
D_d	0,157	1,000	0,394	0,036	-0,807**	-0,387	-0,044	0,022	-0,040	-0,052	0,051	-0,040
F_s	-0,286	0,394	1,000	-0,141	-0,575	-0,224	0,163	-0,163	0,167	-0,300	0,307	0,095
T	0,248	0,036	-0,141	1,000	0,041	-0,134	0,017	-0,018	0,015	0,124	-0,131	0,110
L_o	0,119	-0,807**	-0,575	0,041	1,000	0,347	0,062	-0,036	0,058	0,022	-0,008	0,065
ρ	-0,259	-0,387	-0,224	-0,134	0,347	1,000	-0,243	0,328	-0,266	0,275	-0,237	-0,225
F_f	-0,221	-0,044	0,163	0,017	0,062	-0,243	1,000	-0,885**	0,993*	-0,701***	0,723***	0,880**
S_f	0,210	0,022	-0,163	-0,018	-0,036	0,328	-0,885**	1,000	-0,932*	0,797**	-0,735***	-0,774**
E_r	-0,225	-0,040	0,167	0,015	0,058	-0,266	0,993*	-0,932*	1,000	-0,741***	0,745***	0,872**
C_c	0,196	-0,052	-0,300	0,124	0,022	0,275	-0,701***	0,797**	-0,741***	1,000	-0,956*	-0,570
C_r	-0,203	0,051	0,307	-0,131	-0,008	-0,237	0,723***	-0,735***	0,745***	-0,956*	1,000	0,578
WL_r	-0,185	-0,040	0,095	0,110	0,065	-0,225	0,880**	-0,774**	0,872**	-0,570	0,578	1,000

*Güçlü korelasyon (r>0,90), **İyi korelasyon (0,90 ≥ r > 0,75) ve ***Orta korelasyon (0,75 ≥ r > 0,60)

Tablo 7. Doğu Akdeniz Havzası'na ait morfometrik parametrelerin toplam varyansı
(Total variance of morphometric parameters of the Eastern Mediterranean Basin)

Bileşen No	Başlangıç Özdeğerleri			Faktör Yüklerinin Kareler Toplamının Çıkartma Değeri			Rotasyon Sonrası Faktör Yüklerinin Kareler Toplamı		
	Toplam	Varyans %	Birikimli %	Toplam	Varyans %	Birikimli %	Toplam	Varyans %	Birikimli %
1	5,199	43,328	43,328	5,199	43,328	43,328	4,273	35,612	35,612
2	2,394	19,952	63,281	2,394	19,952	63,281	2,098	17,482	53,093
3	1,541	12,844	76,125	1,541	12,844	76,125	1,532	12,765	65,858
4	0,890	7,419	83,544	0,890	7,419	83,544	1,235	10,293	76,151
5	0,612	5,100	88,644	0,612	5,100	88,644	1,022	8,514	84,665
6	0,521	4,340	92,984	0,521	4,340	92,984	,998	8,319	92,984
7	0,410	3,413	96,397						
8	0,181	1,507	97,904						
9	0,125	1,044	98,948						
10	0,104	0,865	99,813						
11	0,022	0,182	99,995						
12	0,001	0,005	100,000						

Tablo 8. Döndürülmüş faktör yükleme matrisi (Rotated factor loading matrix)

Morfometrik Parametreler	Bileşenler (B)					
	1	2	3	4	5	6
R_b	-0,210	0,034	0,018	0,873**	0,166	-0,227
D_d	-0,007	0,952*	0,031	0,171	0,011	-0,086
F_s	-0,014	0,511	0,418	-0,573	0,003	-0,237
T	0,050	-0,007	-0,087	0,133	0,981*	-0,046
L_o	0,057	-0,922*	0,017	0,214	0,020	0,157
ρ	-0,222	-0,272	-0,072	-0,158	-0,056	0,902*
F_f	0,951*	-0,025	0,197	-0,083	0,002	-0,059
S_f	-0,875**	0,034	-0,317	0,068	0,002	0,156
E_r	0,952*	-0,028	0,234	-0,082	-0,001	-0,080
C_c	-0,605***	-0,028	-0,756**	0,043	0,100	0,077
C_r	0,603***	0,031	0,759**	-0,046	-0,102	-0,029
WL_r	0,932*	-0,013	0,020	-0,064	0,091	-0,041

*Güçlü korelasyon (r>0,90) , **İyi korelasyon (0.90 ≥ r > 0,75) ve ***Orta korelasyon (0,75 ≥ r > 0,60)

Daha sonra alt havzalara ait BF değerleri en küçükten en büyüğe doğru sıralanmıştır. 775 adet alt havzada en küçük BF değeri 82,148 ve en büyük BF değeri 703,141 olarak belirlenmiştir. Buna göre en küçük BF değerine sahip alt havzaya 1, sonraki en küçük BF değerine sahip alt havzaya 2 şeklinde sıra numarası verilerek tüm alt havzalar sıralanmıştır. Böylece BF değeri en büyük alt havza 775 sıra numarasına sahip olmuştur. Çalışma kapsamında alt havzaların sayılarının büyük olması nedeniyle akılcı ve uygulanabilir, anlamlı bir sonuca ulaşabilmek amacıyla alt havzalar ani taşkın potansiyelleri bakımından çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olmak üzere beş kategoriye ayrılmıştır. Beş kategorinin alt ve üst sınırları alt havzaların BF değerleri eşit dört aralığa bölünerek her kategori aralığı $\Delta = 155{,}2483$ alınarak belirlenmiş olup havzaların ani taşkın potansiyelleri için elde edilen kategoriler, alt ve üst sınırları Tablo 10'da verilmiştir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR
(RESULTS AND DISCUSSIONS)

Çalışma sonucunda genel olarak Dragon, Göksu, Lamas, Sipahili ve Tarsus ana alt havzalarında yaşanan taşkınların konumları, elde edilen haritalardaki taşkın potansiyeli yüksek olan yerler ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Alata, Delice ve Kızıldere ana alt havzalarında ise taşkınların çoğunlukla orta ve düşük ani taşkın potansiyeline sahip alt havzalarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda kullanılanlara göre oldukça hassas olan 1/25000 ölçekli haritalar bu çalışmada kullanılmıştır. Ancak haritaların şekillendiği arazi yapısı gün geçtikçe şehirleşmenin ve sanayileşmenin artmasıyla bitki örtüsü ve arazi kullanımı değişmekte, akarsular üzerine inşa edilen su yapılarının artmasıyla drenaj ağında da değişimler yaşanmaktadır. Ayrıca Doğu Akdeniz Havzası'nın denizle birleştiği noktalarda kıyı yapıların sayısındaki artışla Silifke (Göksu) Deltası'nın da gün geçtikçe büyüdüğü görülmektedir. Dolayısıyla taşkın riski ve etkilenecek nüfus günden güne artmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen Doğu Akdeniz Havzası çok büyük olduğundan burada ana alt havzalardan biri olan Sipahili ana alt havzasına ait sonuçlar detaylı olarak verilebilmiştir.

Sipahili Havzası'nda 1 adet düşük, 11 adet orta, 17 adet yüksek ve 13 adet çok yüksek riskli alt havza olduğu (Şekil 6) belirlenmiştir. Havzada Tablo 11'de belirtildiği üzere 25.11.2001 tarihinde çok yüksek taşkın potansiyeli olduğu belirlenen S_4_1 alt havzasında Kapız ve Kök Dereleri taşmıştır. 05.01.2015 tarihinde yüksek taşkın potansiyeli olarak belirlenen S_10_1 alt havzasında bulunan Bahçe Deresi üzerindeki köprü zarar görmüştür. Taşkın anındaki yaklaşık debi 25-30 m³/s olarak belirlenmiş olup yol trafiğe kapatılmıştır. 16.01.2019 tarihinde ise çok yüksek taşkın potansiyelli olarak belirlenen S_4_1 alt havzasında bulunan Soğuksu Deresi'nden Mersin- Antalya Karayoluna su taşmıştır. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [35] Sipahili ve Soğuksu Derelerinde yatak temizliği yapılmasını önermiştir. Sipahili Havzası'nda yaşanan taşkınların çoğu yüksek ve çok yüksek taşkın potansiyeli olarak belirlenen alt havzalarda yaşanmıştır (Şekil 7).

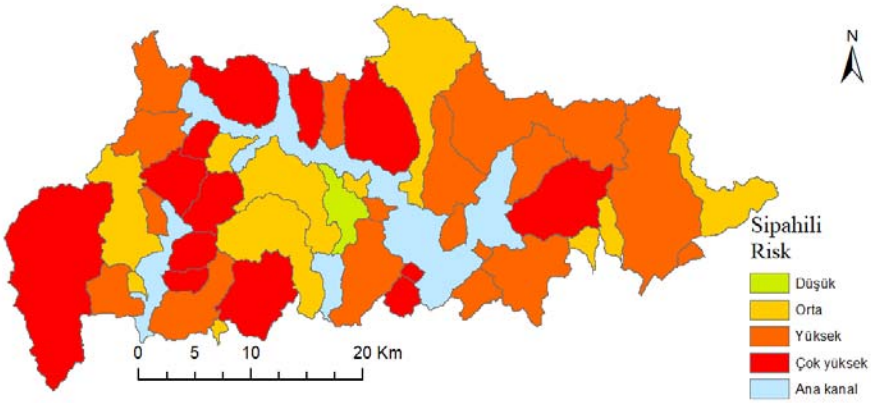
Ani taşkın potansiyeli yüksek ve çok yüksek olduğu alt havzaların çokça bulunduğu Göksu ve Tarsus Havzalarında, alt havzaların su potansiyellerinin değerlendirilmesi ve ani taşkınların etkisini minimuma indirmek için akım verileri düzenli bir biçimde takip edilmelidir. Meteoroloji Gözlem İstasyonları (MGİ) ile Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) yaygınlaştırılarak taşkın potansiyeli yüksek bölgelere erken uyarı sistemi kurulmalı, başta göçün ve düzensiz kentleşmenin olduğu kıyı kesimlerinde planlı ve öngörülü bir

Tablo 9. R_b, D_d, T, ρ, E_r ile C_r parametrelerinin tüm alt havzalara ait çapraz korelasyon matrisi
(Cross-correlation matrix of R_b, D_d, T, ρ, E_r ile C_r parameters of all sub-basins)

Morfometrik parametreler	B1	B2	B3	B4	B5	B6
B1	1,000	-0,311	0,307	-0,136	-0,272	-0,245
B2	-0,311	1,000	-0,106	-0,299	-0,049	-0,013
B3	0,307	-0,106	1,000	-0,102	0,016	-0,132
B4	-0,136	-0,299	-0,102	1,000	-0,238	-0,195
B5	-0,272	-0,049	0,016	-0,238	1,000	0,747
B6	-0,245	-0,013	-0,132	-0,195	0,747	1,000
Korelasyon toplamı	0,343	0,222	0,983	0,030	1,204	1,161
Genel toplam	3,944					
Ağırlık	0,086968	0,056288	0,249239	0,007606	0,305274	0,294625

Tablo10. Ani taşkın potansiyeli kategorileri (Flash flood potential categories)

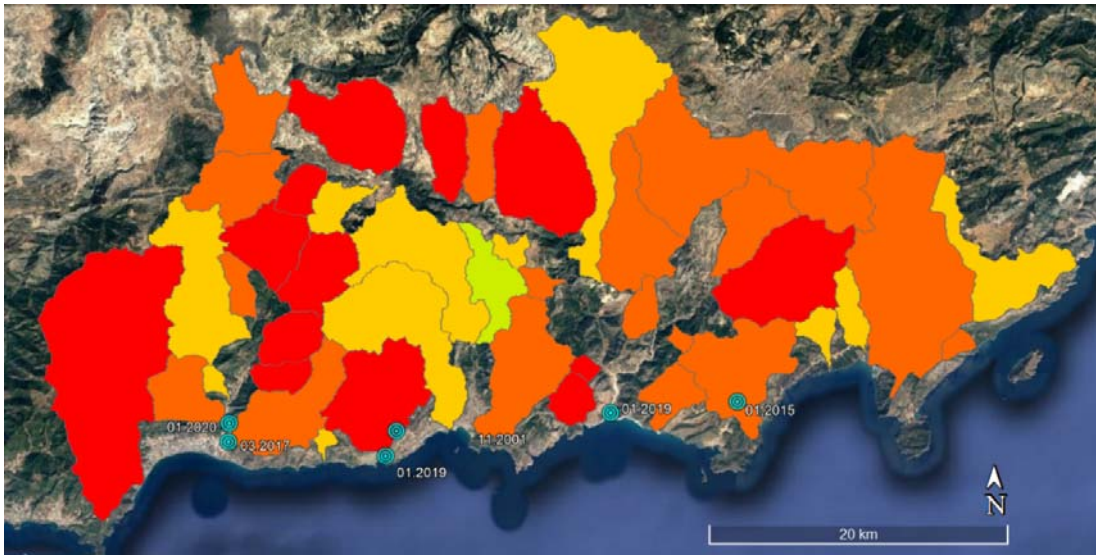
Sıra no	Kategori	Alt sınır	Üst sınır
1	Çok yüksek	82,148	237,3963
2	Yüksek	237,3963	392,6445
3	Orta	392,6445	547,8928
4	Düşük	547,8928	703,141
5	Çok düşük	703,141	-



Şekil 6. Sipahili ana alt havzası ani taşkın potansiyeli haritası (Flash flood potential map of Sipahili main sub-basin)

Tablo 11. Sipahili ana alt havzası taşkın envanteri [52] (Flood inventory of main sub-basin Sipahili)

İl-İlçe	Alt Havza	Taşkın Yeri	Akarsu Adı	Tarihi
Mersin-Bozyazı	Sipahili	Gözce Mahallesi	Gözce Deresi	7/1/2020
Mersin-Gülnar	Sipahili	Gülnar Sipahili Mahallesi	Sipahili Babadıl Deresi	16/1/2019
Mersin-Aydıncık	Sipahili	Soğuksu-Yenikaş Köyü	Soğuksu	16/1/2019
Mersin-Bozyazı	Sipahili	Bozyazı-Gözce Mahallesi	Gözce Deresi	12/3/2017
Mersin-Gülnar	Sipahili	-	Bahçe Deresi	5/1/2015
Mersin-Aydıncık	Sipahili	-	Kapız ve Kök Dereleri	25/11/2001



Şekil 7. Sipahili ana alt havzasında gerçekleşen taşkınların konumları (Location of flood events of Sipahili main sub-basin)

yapılaşma sürecine girişilmelidir. Özellikle Tarsus Ovasının ve Silifke (Göksu) Delta Ovasının bulunduğu ve arazilerin amaç dışı kullanımının arttığı ovalarda kentleşme planlanarak dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Akarsu yataklarında taşkına sebebiyet verebilecek akım rejimini değiştiren bent veya diğer su yapılarının düzenli bir şekilde kontrolü gerekmektedir. Riskli alt havzalarda ulaşım sistemleri, köprü ve menfezler akarsu kesitlerinin yakın gelecekteki ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde projelendirilmelidir. Bu alanlarda hâlihazırda işletmede olan veya yapımı devam eden su yapılarının ve altyapı tesislerinin artmakta olan nüfusa göre değerlendirilmesi, onarılması ve bakımlarının yapılması gerekmektedir. Ayrıca özellikle çok riskli olarak değerlendirilen alt havzalarda akarsu

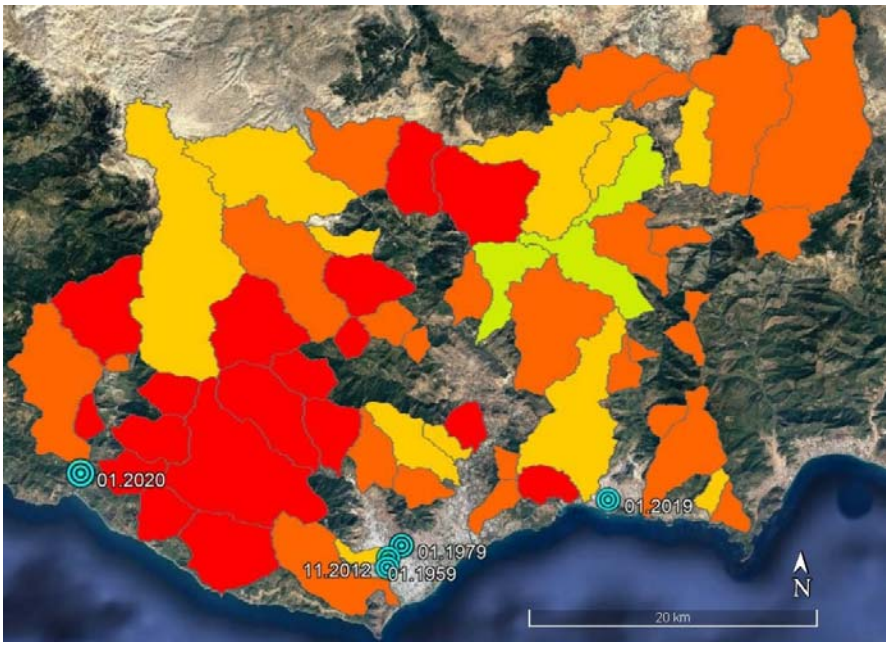
yataklarında yapılaşmanın sınırlandırılması, hâlihazırda o alanlarda bulunan tüm yapıların ilgili kamu kuruluşları tarafından denetlenmesi; gelecekteki imar planlarının belirlenen risk haritaları göz önünde tutularak hazırlanması önerilmektedir. Bu alt havzalarda yerleşme sadece rekreasyon alanlarıyla sınırlı tutulmalıdır. Alt havzalarda arazinin ve drenaj ağının istikrarını bozan çalışmalara son verilmeli ve bu uygulamaların sağlanması için gerekli kurumlar arasında (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Karayolları Genel Müdürlüğü, belediyeler, il özel idareleri vs.) koordineli bir çalışma sağlanmalıdır. Taşkın durumunda ve sonrasında zararı en aza indirgeyecek koruma yapılarının (duvarlar, tahkimatlar, havuzlar, kanallar vs.) her bir akarsuyun özelliğine, risk durumuna ve çevresindeki nüfusa göre inşa edilmesi; ayrıca yeni verilere göre geliştirilmeleri sağlanmalıdır [6, 29, 53]. Daha önce farklı çalışma alanlarında yapılan alt havzaların hem ani taşkın potansiyellerine hem de bunun neden olduğu erozyona göre önceliklendirme çalışmalarında küçük drenaj alanına sahip alt havzalarda potansiyelin daha büyük olduğu görülmüştür. Bu nedenle akarsu mertebesi küçük olan alt havzalar alınmış, ana kanalın drenaj alanı büyütülmüş ve mertebesi büyük olan alt havzaların bileşenlerinin de etkisi göz önünde bulundurulmuştur. Böylelikle, Doğu Akdeniz Havzası'nın alt havza sayıları çok fazla olduğundan bir önceliklendirme çalışmasından ziyade gruplandırma çalışması yapılmıştır. Şekil 8'de Doğu Akdeniz Havzası genelinde yapılan ani taşkın potansiyellerine göre Dragon alt havzasının taşkın meydana gelen yerler görülmektedir.

Ayrıca, alt havzaların oluşması için gereken akımların mertebe sınırları değiştirilerek alt havza sayısının artırılması veya azaltılması durumlarında yapılan sınıflandırmanın belirsizliğe etkisi incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında küçük drenaj alanına sahip alt havzalardan Dragon alt havzası inceleme için seçilmiştir. Bu amaç için mevcut durum ile mertebesi 7 ve 8 olan alt havzalarda ana kanalın mertebesi 7, 8 için ise ana kanala bağlanan ve mertebeleri 5, 6 ve 7 olan alt havzalar dikkate alınmıştır. İlk durumda oluşan 59 adet alt havza sayısı drenaj ağı mertebesinin artırılmasıyla 34 olmuştur. Her iki durum için de temel bileşen analizi yapılmış ve birikimli başlangıç öz değerleri yüzdesi 90'ı geçecek şekilde öz değerleri seçilmiştir. Alt havzaların sınıflandırılması, yukarıda bahsedilen işlem adımları takip edilerek yapılmıştır (Şekil 9).

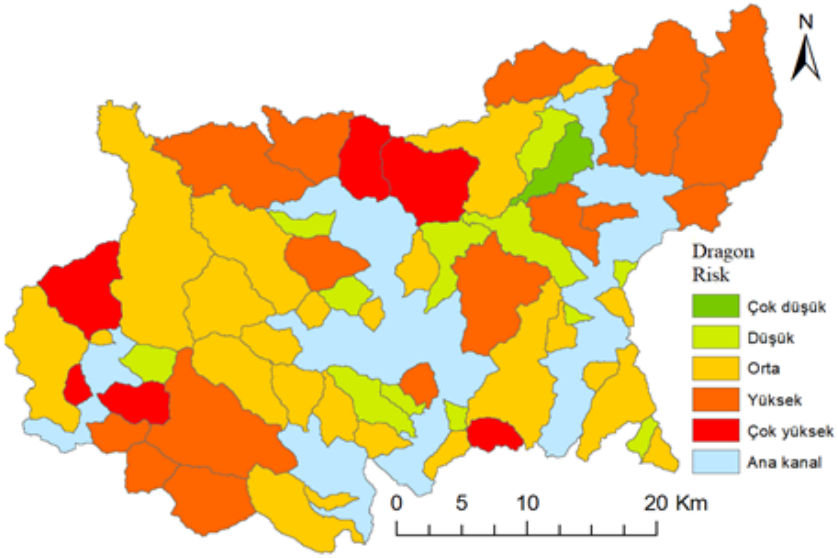
Şekil 9'dan görüldüğü üzere alt havzaların ani taşkın potansiyellerinin akarsu mertebelerine kısmen duyarlı oldukları anlaşılmaktadır. Önemli miktarda alt havzanın ani taşkın potansiyel grubu değişmemiştir. Diğer taraftan bir kısmının da gruplarında değişimler olmuştur. Örneğin Şekil 9b'de yer alan mertebesi 7 olan alt havzanın ani taşkın potansiyeli düşük olarak sınıflandırılırken bu alt havzanın daha düşük mertebelerde sınıflandırılması durumundan bileşenlerin orta grupta yer aldığı görülmektedir. Benzer olarak daha düşük mertebedeki alt havzalar yüksek olarak gruplandırılabilirken bunların bir araya gelmesiyle oluşturulan daha büyük mertebeli alt havzanın ani taşkın potansiyeli çok yüksek olarak sınıflandırılabilmektedir. Havzada meydana gelen taşkınlar incelendiğinde, taşkınların genelde ana kanal üzerinde meydana geldiği görülmektedir. Bu durumda taşkın meydana geldiği bölgelerin toplandığı alt havzalar her iki durumda da orta, yüksek ve çok yüksek ani taşkın potansiyeline sahip alt havzalarda meydana geldiği görülmüştür.

6. SİMGELER (SYMBOLS)

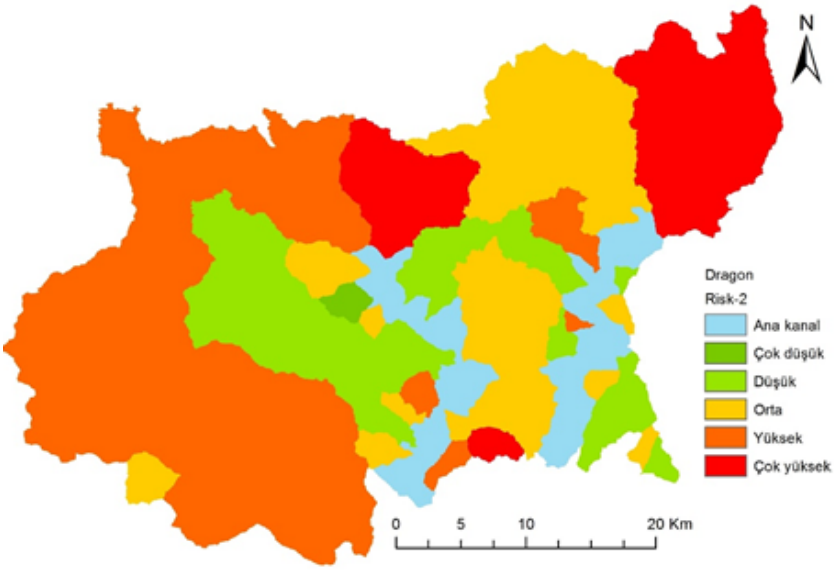
A : Havza alanı
AD : Ağırlık değeri



Şekil 8. Dragon ana alt havzasında gerçekleşen taşkınların konumları (Location of flood events of Dragon main sub-basin)



(a)



(b)

Şekil 9. Dragon ana alt havzasına ait ani taşkın potansiyeli haritası (a) 59 alt havza (b) 34 alt havza
(Flash flood potential map of Dragon main sub-basin with (a) 59 sub-basins (b) 34 sub-basins)

AGİ : Akım gözlem istasyonu
ArcGIS : Aeronautical Reconnaissance Coverage Geographic Information System
B : Bileşen
BF : Bileşik faktör
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemi
C_c : Sıklık katsayısı
C_r : Dairesellik oranı
D_d : Drenaj yoğunluğu
DSİ : Devlet Su İşleri
E_r : Uzunluk oranı
F_s : Akarsu sıklığı
F_f : Biçim faktörü
KMO : Kaiser-Meyer-Oikin
L : Havza uzunluğu
L_o : Yüzey akış uzunluğu
L_u : Toplam akarsu uzunluğu
L_{ur} : Akarsu uzunluk oranı
MCDM : Çok kriterli karar analizi
MGİ : Meteoroloji gözlem istasyonu
N_u : Toplam akarsu sayısı
N_1 : Birinci mertebe akarsu uzunluğu
ÖS : Ön sıralama
R : Korelasyon
R_b : Dallanma oranı
P : Havza çevresi

S_f : Şekil faktörü
SYM : Sayısal yükseklik modeli
SPSS : Statistical Package for the Social Sciences
T : Tekstür oranı
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
ρ : Ro katsayısı
W : Havza genişliği
WL_r : Genişlik uzunluk oranı
Δ : Kategori aralığı
$\chi 2$: Bartlett test değeri

7. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Farklı alanlarda da kullanılan [54] temel bileşen analizinin morfometrik analiz yardımıyla Doğu Akdeniz Havzası'nın ani taşkın potansiyeli değerlendirildiğinde çalışma sonucunda elde edilen taşkın kategorileriyle DSİ taşkın envanterine göre meydana gelmiş olan taşkın olayları karşılaştırıldığında Göksu ve Tarsus gibi büyük drenaj alanına sahip ana alt havzalarda iyi sonuçlar elde edildiği, Alata gibi küçük drenaj alanına sahip ana alt havzalarda ise taşkınların genellikle düşük ani taşkın potansiyeline sahip alt havzalarda yaşandığı görülmüştür. Benzer şekilde yüksek taşkın potansiyeline sahip kategoride bulunan alt havzalarda ise kayıtlara göre hiç taşkın meydana gelmediği tespit edilmiştir. Bu sonuçların elde edilmesinin nedeni temel bileşen analizinde Doğu Akdeniz Havzası'na ait 775 adet alt havzanın tümünün değerlendirilerek bileşenlerin belirlenmesi olduğu düşünülmektedir. Analiz sonucunda belirlenmiş olan etkili parametreler ve ağırlıkları tüm havzaya ait parametre değerleri kullanılarak belirlendiğinden küçük ve yapısal farklılıklara sahip havzalar için önemli olabilen parametreler tüm havza genelinde etkisini yitirmiş olabilmektedir. Bu nedenle küçük havzalarda bu parametrelerin etkili olması nedeniyle düşük taşkın riskine sahip olduğu belirlenen alt havzalarda taşkın meydana geldiği düşünülmektedir. Bu durumu Göksu ve Tarsus gibi Doğu Akdeniz Havzası'ndaki en büyük drenaj alanına ve alt havzaya sahip ana alt havzaların doğruladığı görülmektedir. Şöyle ki bu ana alt havzalarda meydana gelmiş olan taşkınların çoğunlukla çok yüksek ve yüksek risk kategorisindeki alt havzalarda meydana geldiği görülmüştür.

Drenaj ağı mertebesinin ani taşkın potansiyeli üzerindeki duyarlılığı da incelendiğinde çalışma sonucunda elde edilen sonuçların iyileştirilebilmesi için çalışmada kullanılmış olan morfometrik parametrelerin yanı sıra yağış akış ilişkisini doğrudan etkileyen bitki örtüsü, arazi kullanımı, havza jeolojisi ile havzadaki su kullanımı gibi faktörlerin de dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmanın bir hidrolojik modelle birlikte yağış-akış ve iklim verileriyle birlikte ya da geçerliliği kabul görmüş bazı sentetik hidrograflarla incelenerek elde edilen sonuçların doğruluğu test edilmelidir. Sonuçların daha detaylı irdelenebilmesi için havzadaki taşkın olaylarının ve meydana gelen hasar durum kayıtlarının da daha detaylı ve uzun yılları kapsaması gerekmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Uşkay S., Aksu S., Ülkemizde taşkınlar, nedenleri, zararları ve alınması gereken önlemler, Türkiye Mühendislik Haberleri, 47 (4–6), 133, 2002.
2. van Aalst M.K., The impacts of climate change on the risk of natural disasters, Disasters, 30 (1), 5–18, 2006.
3. Frei C., Davies H.C., Gurtz J., Schär C., Climate dynamics and extreme precipitation and flood events in Central Europe, Integrated Assessment, 1 (4), 281–300, 2000.
4. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın Yönetimi, Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017.
5. Knuepfer P. L., Montz B. E., Flooding and Watershed Management, Journal of Contemporary Water Research and Education, 138 (1), 45-51, 2008.
6. Yanmaz A. M., Akarsu Geçişlerinde Taşkın Kaynaklı Problemlerin Değerlendirilmesi, Bildiriler Kitabı, Sel-Heyelan-Çığ Sempozyumu, 44-53, 2007.
7. Agarwal C.S., Study of drainage pattern through aerial data in Navgarh area of Varanasi district, U.P., Journal Indian Society of Remote Sensing, 26, 169-175, 1998.
8. Reddy G.P.O., Maji A.K., Gajbhiye K.S., GIS for morphometric analysis of drainage basins, GIS India, 4, 9-14, 2002.
9. Abdul Rahaman S., Abdul Ajeez S., Aruchamy S, Jegankumar D., Prioritization of sub watershed based on morphometric characteristics using fuzzy analytical hierarchy process and geographical information system-a study of Kallar Watershed, Tamil Nadu, Aquatic Procedia, 4, 1322–1330, 2015.
10. Asode A.N., Sreenivasa A., Lakkundi T.K., Quantitative morphometric analysis in the hard rock Hirehalla sub-basin, Bellary and Davanagere Districts, Karnataka, India using RS and GIS, Arabian Journal of Geosciences, 9 (5), 381, 1–14, 2016.
11. Adhami M., Sadeghi S. H., Sub-watershed prioritization based on sediment yield using game theory, Journal of Hydrology, 541, 977-987, 2016.
12. Arulbalaji P., Padmalal D., Sub-watershed prioritization based on drainage morphometric analysis: a case study of Cauvery River Basin in South India, Journal of the Geological Society of India, 95 (1), 25-35, 2020.
13. Erdede B., Öztürk D., Kızılırmak Havzasının taşkın potansiyelinin çizgisel, alansal ve rölyef morfometrik indisler kullanılarak değerlendirilmesi, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu-2016, 392-399, 2016.
14. Farhan Y., Anbar A., Al-Shaikh N., Mousa R., 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, 8 (1), 113-148, 2016.
15. Malik A., Kumar A., Kushwaha D. P., Kisi O., Salih S. Q., Al-Ansari N., Yaseen Z. M., The implementation of a hybrid model for hilly sub-watershed prioritization using morphometric variables: case study in India, Water, 11 (6), 1138, 2019.

16. Meshram S. G., Sharma S. K., Prioritization of watershed through morphometric parameters: a PCA-based approach, Applied Water Science, 7 (3), 1505-1519, 2017.
17. Rai P.K., Mohan K., Mishra S., Ahmad A., Mishra V.N., A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India, Appl. Water Sci., 7, 217–232, 2017.
18. Horton R., Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology, Geology Society of America Bulletin, 56, 275–370, 1945.
19. Strahler A.N., Quantitative analysis of watershed geomorphology, Trans. Am. Geophys. Union, 38, 913–920, 1957.
20. Kumar R., Lohani A.K., Nema R.K., Singh R.D., Evaluation of Geomorphological characteristics of catchment using GIS, GIS India, 9 (3), 13-17, 2000.
21. Youssef A.M., Pradhan B., Hassan A.M., Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery, Environ. Earth Sci., 62 (3), 611–623, 2011.
22. Dawod G. M., Mirza M. N., Al-Ghamdi K. A., GIS-based spatial mapping of flash flood hazard in Makkah City, Saudi Arabia, Journal of Geographic Information System, 3 (3), 217-223, 2011.
23. Ghoneim E., Foody G. M., Assessing flash flood hazard in an arid mountainous region, Arabian Journal of Geosciences, 6 (4), 1191-1202, 2013.
24. Farhan Y., Anaba O., Flash flood risk estimation of Wadi Yutum (Southern Jordan) watershed using GIS based morphometric analysis and remote sensing techniques, Open Journal of Modern Hydrology, 6 (02), 79, 2016.
25. Papatheodorou K. A., Tzanou E. A., Ntouros K. D., Flash flood hazard prevention using morphometric and hydraulic models. An example implementation. In International Congress on "Green Infrastructure and Sustainable Socities/Cities" GreInSus, 14, 30-36, 2014.
26. Ozdemir H., Bird D., Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods, Environ. Geol., 56 (7), 1405–1415, 2009.
27. Avcı V., Sunkar M., Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının morfometrik analizleri, Coğrafya Dergisi, 30, 91-119, 2015.
28. Turgu E., Çelik S., Özcan H., 23 Şubat 2015 tarihinde Çeşme'de meydana gelen sel felaketinin lokal bilgiler ve FFGS ürünleriyle taşkın tahmini ve analizi, II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, Antalya, 3-5, 2015.
29. Baduna Koçyiğit M., Akay H., Estimation of potential flash flood risk in a basin using morphometric parameters: A case study of Akcay Basin, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 33 (4), 1321-1332, 2018.
30. Utlu M., Özdemir H., Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği, Coğrafya Dergisi, 36, 49-62, 2018.
31. Taş E., Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri kullanılarak taşkın risk potansiyelinin değerlendirilmesi: Afyonkarahisar Çay Deresi Havzası, İklim Değişikliği ve Çevre, 3 (1), 68-74, 2018.
32. Tanrıverdi M., Gerger R., Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok ölçütlü karar analizi ile Şanlıurfa İl Merkezi'nin taşkın alanlarının belirlenmesi, Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, 2019.
33. Pehlivanoğlu-Mantas E., Onay M.G., Martins F., Oil spill modeling in East Mediterranean. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (4), 1737-1750, 2020.
34. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Havza koruma eylem planları hazırlanması projesi Doğu Akdeniz Havzası proje nihai raporu, Gebze, Kocaeli: Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013.
35. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019.
36. Kantarcı M. D., Akdeniz Bölgesi'nin deniz etkisi altındaki kesimindeki yerleşmelerin ve yanlış arazi kullanımının yarattığı bazı sorunlar, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 87-97, 1986.
37. Bilici Ö. E., Everest A., 29 Aralık 2016 Mersin selinin meteorolojik analizi ve iklim değişikliği ile bağlantısı, Doğu Coğrafya Dergisi, 22 (38), 227-250, 2017.
38. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Havzasında Kirliliği Önleme Çalışmaları Değerlendirme Raporu. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016.
39. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Havzası Su Kalitesi Değerlendirme Raporu, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2016.
40. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2018.
41. Babaiban E., Morfometrik parametreler yardımıyla olası havza taşkın potansiyelinin değerlendirilmesi: Doğu Akdeniz Havzası Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 135, 2020.
42. Baduna Koçyiğit M., Babaiban E., Morfometrik parametreler yardımıyla olası havza taşkın potansiyelinin değerlendirilmesi: Doğu Akdeniz Havzası örneği, 1.Ulusal Başkent Disiplinler Arası Bilimsel Çalışmalar Kongresi, 15-17 Mayıs 2020, Ankara.
43. Horton R.E., Drainage basin characteristics, Trans. Am. Geophys. Union 13, 350–361, 1932.
44. Patel D.P., Gajjar C.A., Srivastava P.K., Prioritization of Malesari mini-watersheds through morphometric analysis: a remote sensing and GIS perspective, Environ. Earth Sci., 69 (8), 2643–2656, 2013.
45. Al-Saif H., Assessing flood vulnerability of Wadi Hanifa Basin and surrounding area, Central Saudi

Arabia, Journal of Environmental Hydrology, 18, 1–12, 2010.

46. Schumm S.A., The evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Preth Amboy, New Jersey, Geology Society of America Bulletin, 67, 597–646, 1956.

47. Akay H., Baduna Koçyiğit M., Flash flood potential prioritization of sub-basins in an ungauged basin in Turkey using traditional multi-criteria decision-making methods, Soft Computing, 24 (18), 14251–14263, 2020.

48. Bartlett M. S., Tests of significance in factor analysis, British Journal of Psychology, 1950.

49. Ersungur Ş. M., Kızılaltan, A., P, Atatürkolat Ö., Türkiye'de bölgelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması: temel bileşenler analizi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21 (2), 55-66, 2007.

50. Kalaycı Ş. (Ed.) SPSS Uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri, Ankara, Asil Yayın Dağıtım, Elementary Education Online, 12 (1), 2006.

51. Polat Y., Faktör analizi yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve hayvancılık denemesine uygulanışı, Yayınlanmamış Doktora Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 16, 2012.

52. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü envanteri, 2020.

53. Buldur A. D., Pınar A., Başaran A., 05-07 Mart 2004t Göksu Nehri taşkını ve Silifke'ye etkisi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1 (17), 139-160, 2007.

54. Ustebay S., Gümüş E., Aydın M.A., Sertbaş A., Signal map reduction for indoor localization and performance analysis. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (4), 1131-1141, 2017.