

Akım gözlem istasyonu bulunmayan havzalarda taşkın debisi tahmini: Doğu Karadeniz örneği¹

Extreme flow estimation in ungauged basins: case of Eastern Black Sea²

Emre Elbaşı^{a*}  Hasan Özdemir^b 

^a Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Türkiye Coğrafyası Anabilim Dalı, Nevşehir, Türkiye.

^b Bursa Uludağ Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye.

ORCID: E.E. 0000-0001-5111-0435; H.Ö. 0000-0001-8885-9298

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 14.08.2023

Kabul/Accepted: 17.09.2023

Anahtar Kelimeler:

Taşkın
Doğu Karadeniz
Bölgesel taşkın
analizleri

Keywords:

Flood
Eastern Black Sea
Regional Flood
frequency analysis

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(E. Elbaşı) emrelbasi@gmail.com

DOI: 10.17211/tcd.1342411



Atıf/Citation:

Elbaşı, E., & Özdemir, H. (2023). Akım gözlem istasyonu bulunmayan havzalarda taşkın debisi tahmini: Doğu Karadeniz örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, (84), 85-96. <https://doi.org/10.17211/tcd.1342411>

ÖZ / ABSTRACT

Taşkınlar, dünya genelinde can ve mal kayıpları açısından incelendiğinde depremlerin ardından en yüksek kayba neden olan doğal afetlerdir. Taşkınları önlemek ve taşkınlardan korunmak için yapılan çalışmalarda kullanılan en temel veri akarsu debileridir. Akarsu debilerinden istatistiksel yöntemler aracılığıyla taşkın debileri hesaplanabilmektedir. Dünyanın farklı yerlerinde olduğu gibi ülkemizde de akım verisi açısından fakir sahalarda yer alan havzalarda ait akımların tahmini farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Bu çalışmada bahsedilen yöntemlerden birisi olan L-momentler yöntemi ile Doğu Karadeniz Havzasında yer alan alt havzaların taşkın debilerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda havzadaki akım gözlem istasyonlarına bölgesel analizler uygulanmış, en uygun bölgesel dağılım belirlenmiş ve bu dağılıma uygun yöntemlerle farklı tekrar periyotlarına sahip taşkın debileri hesaplanmıştır. Çalışmanın çıktıları hem hidrolojik hem de hidrodinamik modelleme çalışmaları için altlık oluşturmaktadır.

Floods are the natural disasters that cause the highest loss of life and property worldwide after earthquakes. Stream flow data is the most basic data used in studies to prevent and protect against floods. Extreme flow values could be calculated from stream flow data using statistical methods. There are some data-scarce regions in the world in terms of stream flow data. Extreme flow values can be estimated by using different methods. This study aims to calculate the extreme flow values of the sub-basins in the Eastern Black Sea Basin using the L-moments method. For this purpose, regional analyses were applied to the stream gauge stations in the basin, the most appropriate regional distribution was determined, and flood flows with different recurrence intervals were calculated with methods suitable for this distribution. The outputs of the study will be used as input for future hydrological and hydrodynamic modelling studies.

¹ Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde yayınlanan "Bölgesel Taşkın Analizleri ile Taşkın Tehlike Haritalarının Hazırlanması" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

² This study was produced from the doctoral thesis titled "Producing flood hazard maps using regional flood frequency analysis" published at Istanbul University Institute of Social Sciences.

Extended Abstract

Introduction

Flood can be explained as an overflow of water that submerges a land that is usually dry. Flood is most due to a river overflow, dam break snowmelt or extreme rainfall. Türkiye is frequently exposed to floods due to its climate and landform characteristics. In the last 20 years, nearly 500 people have lost their lives in floods in Türkiye (Akyürek, 2013). Flood frequency analyses used in determining scenario floods are divided into station and regional categories. Station frequency analysis is a simple and easy-to-apply method using the observation data of a stream gauge station and is frequently used in the literature. In the absence of a gauge station in the basin, rainfall-runoff analyses and models can be used. Regional flood analysis is one of the methods used to estimate the flows in river basins that do not have a gauge station. While point flood analysis makes calculations based on a single point (one station), regional flood analysis is based on the generation of data for a region where more than one station is located.

The aim of this study is to estimate the flood flows in the river basins located in the Eastern Black Sea Basin, where floods are common. The obtained flood flow estimates are aimed to help develop flood control structures, flood hazard and risk analyses, and dams for basins that are data-scarce.

Data and Method

In the study, the sub-basins within the study area were identified using Geographic Information System and EUDEM data with a resolution of 25 meters. The flow data in these basins were obtained from the gauge stations operated by the State Hydraulic Works. Although there are 148 stations in the study area, most of them have very short recording periods. Dalrymple (1960) stated that the stations to be used in regional flood analysis should have at least 10 years of continuous data. Considering the data lengths of the stations, there are 52 stations in the study area that can be used for regional flood analysis. In this study, the L-moments method, one of the most frequently used regional frequency analyses in the literature, was preferred. Developed by Hosking (1990), the L-moments method is widely used to solve various problems in parameter estimation, regionalization studies and distribution determination.

In the study, Generalized Extreme Values (GEV), Generalized Extreme Normal (GEN), Pearson Type III, Generalized Logistic, Gaucho and Generalized Pareto distributions were tested for fit. After determining the most appropriate distribution for the site, extreme flows in basins without stream gauge station stations were calculated. Flood flow estimation is essential in terms of watershed management and sustainable development. Flood flow estimates, which calculate the magnitude of floods and their frequency of recurrence, are also important in determining the measures to prevent possible loss of life and property. The regression model developed by Gauss (1975) and used in this study is frequently used in flood studies. The study established a regional relationship between the basin area and extreme flood values. In this direction, the areas and mean annual flood values of the basins were calculated.

Results and Discussion

In order to apply the discordancy, heterogeneity and goodness of fit tests to the stations, the L-moments of the stations should be determined. When the discordancy values of the stations were checked, it was determined that Hasanşeyh and Bahadırli stations showed high discordancy (>3) and this station was removed from the analysis. After 500 Monte Carlo simulation repetitions, the Heterogeneity value of the region was determined as 1.64 and it was revealed that the region is statistically homogeneous. The goodness of fit test was applied after determining that the region was homogeneous. GEV, GN, GL, P3, Gaucho and GP distributions and their acceptability were tested. As a result of 500 Monte Carlo simulations, GEV ($|Z|=1.58$) distribution was found to be the most suitable distribution for the data and region. Using the GEV distribution's regional equation, the flood values of all basins were calculated for 5, 10, 50, 100, 200 and 1000-year recurrence intervals.

As a result, it was revealed that the basin that produces the highest flood flow rate in every recurrence period in the Eastern Black Sea Basin is the Harşit (Doğankent) Stream basin. The highest flood flow in Harşit basin was calculated as 626 m³/s in the Q1000 period. The fact that Harşit River basin is the largest basin in the study area causes it to produce the highest flood flow since it has the potential to receive more rainfall compared to other basins. This basin is the most flood-prone in the study area. After Harşit basin, the basins producing the highest flood flow in the study area are Melet (Ordu/Merkez), Bolaman (Ordu/Fatsa), Aksu (Giresun/Merkez), Fırtına (Rize/Ardeşen), İkizdere (Rize-Trabzon) basins.

1. Giriş

Taşkın, normal koşullar altında suyla kaplı olmayan alanların farklı nedenler sonucu geçici olarak sularla kaplanması olayıdır. Taşkınlar, aşırı yağışlar veya kar erimeleri sonucu havzadaki artan su girdisinin akarsu kanalları tarafından taşınmaması ve suyun akarsu yatağı dışına taşması şeklinde meydana gelebileceği gibi, göl ve deniz seviyelerinin yükselmesi sonucu veya baraj-set yıkılmaları sonucunda da meydana gelebilmektedir. Ülkemiz, sahip olduğu iklim ve yer şekilleri özellikleri nedeniyle taşkınlara sıklıkla maruz kalmaktadır. Son 20 yılda Türkiye'de meydana gelen taşkınlarda 500'e yakın insan hayatını kaybetmiştir (Akyürek, 2013).

Taşkınların yayılış alanlarının tahmin edilebilmesi ve taşkın tehlike analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için hidrodinamik modeller kullanılmakta ve bu modellerde senaryo taşkınlar temel girdi olarak değerlendirilmektedir (Özdemir ve Akbaş, 2023; Özdemir ve Akbaş, 2023). Senaryo taşkınların belirlenmesinde kullanılan taşkın frekans analizleri noktasal ve bölgesel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Noktasal frekans analizi, bir akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait gözlem verisi kullanılarak yapılan, basit ve uygulaması kolay bir yöntemdir ve literatürde sıklıkla kullanılmaktadır (Beven vd. 2018). Fakat bu yöntemde taşkın pik debisinin tahmininde tek bir istasyondan yararlanıldığı için elde edilen tahminin güvenilirliği de bu istasyondaki gözlemlerin doğruluğuna doğrudan bağlıdır.

Gözlem süresinin kısa olması, gözlenen değerlerin hatalı olması, istasyonda meydana gelen arızalar ve/veya kalibrasyon hatası gibi nedenler elde edilen pik değerlerin güvenilirliğini azaltmaktadır. Ayrıca, gözlenmiş veri aralığını aşan frekanslardaki taşkın tahminlerinde de hatalara neden olmaktadır. Tüm bunların dışında, yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı çalışılmak istenen havzadaki istasyona ait veri yeterli olmayabilir veya havzada AGİ bulunmayabilir. Havzada bir AGİ'nin bulunmaması durumunda yağış-akış analizleri ve modelleri kullanılabilir (Özdemir & Elbaşı, 2015; Akbas vd. 2022; Özdemir & Akbas, 2023). Üzerinde akım gözlem istasyonu bulunmayan akarsu havzalarındaki akımların tahmin edilmesi için kullanılan yöntemlerden birisi bölgesel taşkın analizleridir. Noktasal taşkın analizi tek bir noktaya (bir istasyona) dayalı hesaplamalar yaparken; bölgesel taşkın analizi birden fazla istasyonun yer aldığı bölgeye ait verinin üretilmesine dayanmaktadır.

Bölgesel taşkın frekans analizi; homojen bölgelerin tanımlanması, bölgesel dağılım modellerinin belirlenmesi ve bu dağılıma göre bölgesel ilişkilerin geliştirilmesi şeklinde üç aşamadan oluşmaktadır. Bölgesel taşkın frekans analizinin güvenilirliği için homojen bölgenin tanımlanmasının iyi yapılması gerekmektedir. Bölgesel taşkın frekans analizlerinde homojenlik üst düzeyde olmasa dahi yapılan tahminlerin noktasal taşkın frekans analizine göre daha güvenilir sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur (Lettenmaier & Potter, 1985; Lettenmaier vd., 1987). Homojen alt bölgelerin belirlenmesi için farklı metotlar ve yaklaşımlar mevcuttur (Baidya vd., 2020; Burn & Goel, 2000; Farsadnia vd., 2014; Leclerc & Ouarda, 2007; Pandey & Nguyen, 1999; Ramachandra Rao & Srinivas, 2006; Rao & Srinivas, 2003; Smith vd., 2015). Bu yöntemler arasında L-momentler yöntemi sıkça kullanılmakta ve doğruluğu birçok çalışmada kanıtlanmıştır (Abdi vd., 2017; Aydoğan vd., 2016; Çitakoğlu, 2021; Haktanir vd., 2016; Hosking, 1990; Kumar vd., 2003; Kumar vd., 2001; Saf, 2009; Tasker vd., 1998). L-Momentler yöntemi ülkemizde de homojen bölgelerin belirlenmesi konusunda sıklıkla kullanılmaktadır. Seçkin (2009) L-Momentlere dayalı gösterge-sel metodu ile Meriç Havzası'ndaki istasyonların homojenliğini belirlemiş ve bu alana farklı dağılım metotları uygulamıştır. Anlı (2009) Trabzon ili genelinde L-Momentler yöntemini kullanarak bölgesel analizleri gerçekleştirmiş, Genel Lojistik, Genel Ekstrem Değer, Genel Normal ve Pearson tip 3 dağılımları kullanılarak karşılaştırmalar yapmıştır. Saf (2011) Batı Akdeniz Havzalarını L-Momentler yöntemini kullanarak homojenlik testine tabi tutmuş, Dodangeh (2011) L-Momentler ile düşük akımların bulunduğu alanlarda bölgesel analizler gerçekleştirmiş, Topçu (2016) L-Momentler ile Seyhan havzasını, Anılan (2014) Doğu Karadeniz Havzası'nı analiz etmiş, Çitakoğlu ve Güney (2017) Türkiye'ye ait açık yüzey buharlaşma değerlerini bölgeselleştirmiştir. Fırat vd. (2012) ise homojen bölgelerin belirlenmesinde K-Ortalamalar yöntemini tercih etmiştir.

Bu çalışmanın amacı, taşkınların sıkça yaşandığı ve alınan taşkın önlemlerinin yetersiz kaldığı Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan ve üzerinde akım gözlem istasyonu bulunmayan akarsu havzalarındaki taşkın debilerinin bölgesel taşkın frekans analiziyle tahminlerinin yapılmasıdır. Elde edilen taşkın debisi tahminleri veri açısından fakir durumda bulunan havzalar için taşkın kontrol yapılarının geliştirilmesi, taşkın tehlike ve risk analizlerinin gerçekleştirilmesinde, baraj

vb. yapıların planlanmasında yardımcı olması hedeflenmiştir.

2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Türkiye'nin kuzeydoğusunda Ordu, Trabzon, Rize, Artvin, Gümüşhane ve Bayburt illerini içine alan ve yaklaşık 20 bin km²'lik bir alanı kapsayan Doğu Karadeniz Havzası'dır (Şekil 1). Kıyıya oldukça yakın ve paralel uzanan yüksek dağların yer aldığı çalışma alanının en yüksek noktası 3941 metre yükseklikle Kaçkar Dağı'dır. Doğu Karadeniz Havzasının su bölümü çizgisini Kaçkar Dağları, Rize Dağları, Soğanlı Dağları, Gümüşhane Dağları ve Canik Dağları oluşturmaktadır. Geniş ovalar bulunmayan sahada akarsuların tamamı dar ve derin vadilerde akmaktadır. Nispeten daha yüksek düzlükler (yaylalar) Gümüşhane ili genelinde (283 adet) yer almaktadır. Giresun ve Ordu illerinde yaylalar 1750-2200 metre yükselti aralığında yer almaktadır. Trabzon'da Büyükdere ve Haldizen Deresi arasında yaklaşık 2500 metre yüksekliğinde geniş bir plato düzlüğü bulunmaktadır. Vakfıkebir-Akçaabat ve Beşikdüzü ilçelerinin güneyinde neojen aşınım yüzeyleri ve plato düzlükleri izlenebilmektedir. Havzanın kapladığı alanların yarısından çoğu %45 ve daha yüksek eğime sahiptir. Yerleşim için uygun olarak ifade edilebilecek alanlar ise toplam alanın yaklaşık %5'ini oluşturmaktadır. Bu açıdan havzada yerleşime uygun alanların sınırlı olduğu ifade edilebilir (Dikmen, 2020).

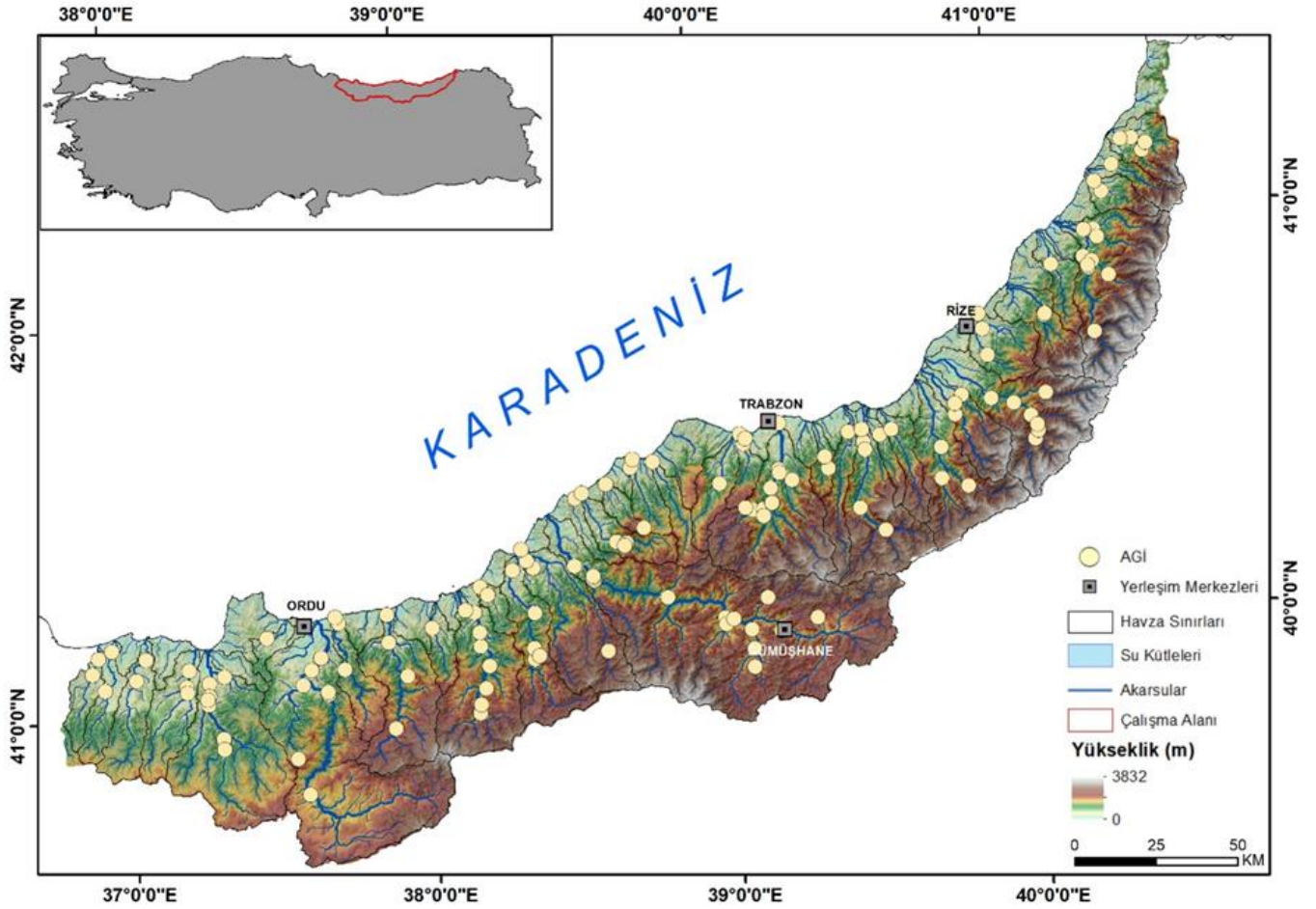
Yoğun bitki örtüsünün ve kısıtlı tarım alanlarının yer aldığı bölge, genellikle kısa boylu akarsulara ve yüksek debisiyle sel karakterli havzalara sahiptir. Son yıllarda orman örtüsünün tahrip edilip tarıma açılması, ağaçların hidrolojik döngü içerisindeki suyu tutma rolünün kaybolmasına neden olmuştur. Bu durum, yağışların toprağa daha hızlı ulaşması ve toprağın suya doygun hale geçme süresinin kısalmasına neden olmuştur. Suyu doygun hale gelen topraktaki artık yağış hızla akışa geçmektedir. Ayrıca, bu doygunluk ve ağaç örtüsünden yoksunluk kütle hareketlerini de tetiklemektedir (Fidan, 2020).

Tüm havzanın aritmetik yöntemle hesaplanmış ortalama yağışı 1.187,1 mm, Thiessen poligonları yöntemi ile hesaplanmış ortalama yağışı 1.008,17 mm ve İzohiyet yöntemiyle hesaplanmış ortalama yağışı ise 1.030,4 mm'dir (Doğu Karadeniz Havzası Master Plan (Nihai) Raporu, 2016). Bu nedenle Türkiye'nin yıllık yağış ortalaması en yüksek olan bölgesidir. Sahanın genel jeolojik-jeomorfolojik karakterine bağlı olarak yağışların da fazlalığıyla diğer bölgelere nazaran daha kısa boylu akarsular ve havzaları birbirine paralel olarak Karadeniz'e akış gösterirler. Bu akarsular bol yağmur ve kar suları ile beslendiklerinden ve aynı zamanda fazla buharlaşma olmayan ılıman iklimde bulduklarından yatakları hiçbir zaman kurumamaktadır. Bununla beraber yataklarının çok eğimli olması nedeni ile fazla miktarda sedimanı sürükleyerek bunları tabanlarında ve denize döküldükleri kesimlerde biriktirirler. Havzanın en önemli akarsuyu ise 160 km uzunluğu, ortalama 232 m³/s debisi, 3.280 km² yüzey drenaj alanı ve 178 hm³'lük toplam yıllık ortalama akıma sahip olan Harşit Çayı'dır (Dikmen, 2020).

İklim değişikliği etkisinin oldukça güçlü hissedildiği ülkelerden birisi olan Türkiye'de iklim modellerinde görülen genel trendin yağışların azalması ve kuraklığın artışı olmasına karşın, Doğu Karadeniz Havzası bu duruma bir istisnadır. Üretilen iklim değişikliği senaryolarının neredeyse tamamında Doğu Karadeniz Havzası'ndaki yağışların artacağı tahmin edilmektedir.

İklim değişikliğinin önemli etkilerinden birisi yağışın miktarı ile birlikte karakterinin de değişmesidir (Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Planı, 2020). Son yıllarda Dünya genelinde olduğu gibi Doğu Karadeniz Havzasında da görülen yağışlar ani ve yüksek şiddettedir. Bu durum gözlenen taşkınların da artmasına neden olmuştur. Havzada 1956-2018 yılları arasında toplam 299 adet taşkın meydana gelmiş, taşkınların 52'sinde can kaybı yaşanmış ve taşkınlar sonucunda 258 kişi hayatını kaybetmiştir. Havzada yaşanan taşkınlar arasında en büyük etki alanına sahip olan 20 Haziran 1990 yılında meydana

gelmiştir. Bu olay sırasında 10 farklı dere (Değirmendere, Akçakale, İskefiye, Fol, Harşit, Baltacı, Yağlıdere, Gelevera, Keşap, Merkez) taşan sular Trabzon, Gümüşhane ve Giresun illerinde yaklaşık 74 bin dekar alanı etkilemiş, 57 insanın hayatını kaybetmesine ve 547 milyon TL maddi zarar yaşanmasına neden olmuştur (Eroğlu, 2008). 1000 yıllık tekerrür periyoduna sahip akımın ölçüldüğü bu olayda, havzada son 65 yılda meydana gelen taşkınların toplam zararının yaklaşık %70'i gerçekleşmiştir (Eroğlu, 2008; Yüksek vd., 2008).



Şekil 1. Çalışma alanı sınırları ve akarsu havzaları.

Figure 1. Study area and watersheds.

3. Veri ve Yöntem

Çalışmada ilk olarak araştırma alanı içerisinde kalan akarsu havzalarının tespiti yapılmıştır. Bu işlem için 25 metre çözünürlüklü EDEM sayısal yükseklik verisi altlık olarak kullanılmıştır. Yapılan analizlerin ardından çalışma sahası içerisinde 111 adet akarsu havzası olduğu belirlenmiştir (Elbaşı, 2022). Bu havzalarda yer alan akım verileri Devlet Su İşleri tarafından işletilen Akım Gözlem İstasyonlarından (AGİ) elde edilmiştir. Çalışma sahasının tamamında 148 AGİ bulunsada bu istasyonların çoğunun kayıt süreleri oldukça kısadır. Dalrymple (1960), bölgesel taşkın analizlerinde kullanılacak istasyonların en az 10 yıllık aralıksız veriye sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Buna bağlı olarak istasyonlara ait veri uzunlukları göz önünde bulundurulduğunda çalışma sahasında bölgesel taşkın analizleri için kullanılabilir 52 istasyon mevcuttur (Şekil 1). Daha önce aynı bölgeyi ele alan çalışmalarda yapılan bölgesel analizlerde 38 istasyon kullanılmıştır (Anılan, 2014).

İstasyonlar arasında en uzun veriye sahip istasyon 54 yıllık veriye sahip iken, istasyonların ortalama gözlem uzunlukları 22 yıldır.

Belirlenen 111 akarsu havzası içerisinde sadece 23 havzada akım gözlem istasyonu mevcuttur. Bu durumun bir sonucu olarak, tüm havzalardaki akım verisinin elde edilmesi için birtakım yöntemlere başvurulması gerekmektedir. Bir havza/bölge içerisinde akım gözlem istasyonu olmayan veya yeterli veri bulunmayan istasyonlara ait taşkın tahmin yöntemleri arasında önemli bir yeri bulunan bölgesel taşkın analizlerinin temel adımı homojen bölgelerin belirlenmesidir. Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan bölgesel frekans analizlerinden olan L-Momentler yöntemi tercih edilmiştir. Hosking (1990) tarafından geliştirilen L-Momentler yöntemi parametre tahminleri, bölgeselleştirme çalışmaları ve dağılım belirleme üzerine çeşitli sorunları çözmeye yaygın olarak kullanılmaktadır.

L-Momentler yöntemi olasılık ağırlıklı momentler yönteminin bir doğrusal fonksiyonudur. L-momentler yöntemine göre homojenlik testi için 3 temel istatistik mevcuttur. Bu testler uyumsuzluk, heterojenlik ve uyuşum testleridir. Uyumsuzluk testi, verileri gözden geçirilerek istasyonların birbirleri ile olan uyumlarını saptamak amacıyla kullanılır. İstasyonların L-moment oranlarının L-cv (L-Değişim Katsayısı) ve L-Çarpıklık değerleri bir grafikte karşılıklı olarak noktalandığında uyumsuzluk gösteren istasyonlar merkez noktaya oldukça uzakta kalmaktadır. Bu istasyonlar homojenlik testine dahi alınmadan veri setlerinden çıkarılmalıdır. Literatürde uyumsuzluk ölçüsü için kritik eşik değerler belirlenmiştir (Hosking & Wallis, 1997). Bu değerler bölgedeki istasyon sayısına bağlı olarak değişmektedir (Tablo 1). Uyumsuzluk değeri kritik değeri aşan istasyonlar uyumsuz kabul edilmektedir.

Tablo 1. Uyumsuzluk ölçüsü için kritik değerler (Hosking ve Wallis, 1997).

Table 1. Threshold values for discordancy measure (Hosking ve Wallis, 1997).

Bölgedeki İstasyon Sayısı	Kritik Değer
5	1.333
6	1.648
7	1.917
8	2.14
9	2.329
10	2.491
11	2.632
12	2.757
13	2.869
14	2.971
>=15	3

Uyumsuzluk (discordancy) ölçütü Eşitlik 1 ile hesaplanabilir:

$$D_i = \frac{1}{3} N(u_i - \bar{u})^T A^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad \text{Eşitlik 1}$$

Denklemden u_i , L-Varyasyon, L-Çarpıklık, L-Basıklık katsayılarının matris hali; T matrisin transpozunu; \bar{u} , ağırlıksız grup ortalaması; A, karelerinin toplamının matrisi ve çarpım ve D_i , i istasyonu için uyumsuzluk ölçüsüdür. D_i , bölgedeki istasyon sayısına bağlı olarak tanımlanır. Eğer hesaplanan D_i değeri kritik D_i değerinden büyük ise o istasyon uyumsuz olarak kabul edilir (Hosking & Wallis, 1997). Heterojenlik testinde ise bölgelerin heterojenlik ölçüsü ortaya konmaktadır. Bu test homojen olduğu tahmin edilen bölgeler içerisinde yer alan istasyonların L-momentlerinin varyasyonlarını karşılaştırır. Homojen bölgede yer alan istasyonların L-moment oranlarının aynı toplumdaki olması beklenir. Homojenlik testi Eşitlik 2 ile ifade edilmektedir.

$$H_i = \frac{(V_i - \mu_v)}{\sigma_v} \quad \text{Eşitlik 2}$$

Denklemden; $i = 1, 2, 3$ ile üç farklı H_i tanımlanmakta, bunlardan Hosking tecrübelerine göre ve L-Varyasyon katsayısına bağlı olduğu için H_1 daha belirleyicidir. V_i , i'inci L-katsayısının ağırlıklı standart sapması, μ_v ve σ_v 500 adet simülasyon sonucu elde edilen V_i değerlerinin ortalama ve standart sapmasıdır. Homojenlik istatistiğinin değeri 1'den küçükse ($H_k < 1$) bölge kesin homojen, $H_k > 2$ ise bölge kesinlikle heterojen olarak kabul edilmektedir. Heterojenlik ölçüsü için kullanılan H_1, H_2, H_3 dereceleri L-Cv, L-Çarpıklık ve L-Kurtosis'e karşılık gelmektedir. Uygulamada $H_1(H_i)$ en doğru sonucu veren değişkendir. Uyuşum testi, olasılık dağılımlarından hangisinin bölgesel L-momentlere en yakın olduğunu saptamak amacıyla kullanılmaktadır. Daha kısaca tanımıyla veriye en iyi uyan dağılımı belirleme işlemidir. Burada dikkate alınan momentler ağırlıklı-ortalama L-Çarpıklık ve L-Kurtosis momentleridir. Sonuçta bir Z değeri bulunmaya çalışılır ve bu değer Monte Carlo simülasyonları sonucunda elde edilmektedir. |Z| değerinin 1.64'ten küçük olduğu durumlarda dağılımın veriye kabul edilebilir derecede uyduğu söylenebilir. 1.64 değeri %90 güven aralığının sınırlarını ifade etmektedir. Z değeri (ZDIST) belirlenirken aşağıda verilen Eşitlik 3 ve 4 kullanılmaktadır (Dodangeh, 2011; Hosking & Wallis, 1997).

$$\sigma_4 = \left[(N_{sim} - 1)^{-1} \left\{ \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R)^2 - N_{sim} B_4^2 \right\} \right]^{1/2} \quad \text{Eşitlik 3}$$

$$Z^{Dist} = \frac{(\tau_4^{Dist} - t_4^R + B_4)}{\sigma_4} \quad \text{Eşitlik 4}$$

Denklemden t_4^R ve t_4^m kayıtlı serilerden ve m'inci simülasyonda hesaplanan bölgesel L-Basıklık katsayıları; β_4 , bölgesel ortalama L-Basıklık katsayısı tahminindeki yanlılık için düzeltme terimi; σ_4 , kayıtlı serilerden hesaplanan bölgesel ortalama L-Basıklık katsayısının standart sapması; t_4^{DIST} , aday olasılık dağılımının teorik L-Basıklık katsayısıdır. N_{sim} , Kappa dağılımı ile yapılan simülasyon adedidir. Çalışmada Genelleştirilmiş Ekstrem Değerler (GEV), Genelleştirilmiş Ekstrem Normal (GEN), Pearson Tip III, Genelleştirilmiş Lojistik, Gaucho ve Genelleştirilmiş Pareto dağılımlarına uyuşum testi uygulanmıştır. Sahaya en uygun dağılımın belirlenmesinin ardından akım gözlem istasyonu bulunmayan havzalarda da taşkın debilerinin üretilmesi aşamasına geçilmiştir. Taşkın debilerinin tahmini, havza yönetimi ve sürdürülebilir gelişme açısından önemli bir yere sahiptir. Taşkınların büyüklükleri ve bunların tekrarlamaya sıklıklarının hesaplamak amacıyla yapılan debi tahminleri, olası can ve mal kayıplarının önüne geçmek amacıyla alınacak önlemleri belirleme açısından da önem arz etmektedir. Bu çalışmada da kullanılan ve Gauss (1975) tarafından geliştirilen regresyon modeli taşkın çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır (Chau et al., 2005; Nguyen et al., 2016; Tehrany et al., 2013). Çalışmada havza alanı ve taşkın debileri arasında bölgesel bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda AGİ bulunan havzaların alanları ile ortalama taşkın debileri hesaplanmıştır (Tablo 1).

4. Bulgular ve Tartışma

İstasyonlara ait uyumsuzluk, heterojenlik ve uyuşum testlerinin uygulanabilmesi için istasyonların L-momentlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

İstasyonlara ait uyumsuzluk değerleri kontrol edildiğinde Hasanşeyh istasyonunun yüksek uyumsuzluk (>3) gösterdiği belirlenmiş bu istasyon analizlerden çıkarılmıştır. Her istasyon ekleme-çıkarma işleminin ardından uyumsuzluk değeri değiştiği için uyumsuzluk testleri tekrarlanmıştır. Yinelenen

testlerin sonucunda Bahadırli istasyonu da uyumsuzluk göstermiş olup bölgesel analizden çıkarılmıştır. Sonuç olarak 51 istasyona ait değerlere (Tablo 2) uygulanan 500 Monte Carlo simülasyonu tekrarının ardından bölgenin Heterojenlik değeri 1.64 olarak tespit edilmiş (Tablo 3) ve bölgenin istatistiksel olarak homojen olduğu ortaya konmuştur.

Tablo 1. Doğu Karadeniz Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarına ait bilgiler.

Table 1. Statistical values on stream gauge stations in the Eastern Black Sea Basin.

İstasyon No	Alan (km ²)	Ortalama Taşkın Debisi (m ³ /sn)	İstasyon No	Alan (km ²)	Ortalama Taşkın Debisi (m ³ /sn)
E22A033	220.79	43	D22A074	255.67	53
E22A032	766.13	169	D22A013	128.83	28
E22A038	1024.17	114	D22A055	1431.59	226
E22A002	638.94	92	D22A034	258.27	52
E22A018	829.81	160	D22A073	435.75	73
E22A047	863.42	297	D22A097	169.03	17
E22A013	711.24	130	D22A006	150.3	99
E22A006	271.22	91	D22A085	230.9	80
D22A040	465.45	389	E22A051	732.56	98
D22A064	494.85	88	D22A071	290.15	45
E22A015	422.94	84	D22A063	240.65	108
D22A072	96.17	155	D22A078	281.84	63
D22A007	149.51	27	D22A093	207.74	80
E22A001	2690.33	261	D22A092	302.29	108
D22A084	155.41	16	D22A056	275.81	76
D22A009	1774.78	133	E22A055	203.28	24
D22A087	54.98	80	E22A049	3159.33	307
E22A028	184.04	76	D22A044	427.02	54
D22A082	82.73	112	D22A089	71.91	52
D22A090	465.9	97	E22A059	1037.85	284
D22A059	48.23	26	E22A052	275.78	83
E22A053	770.62	232	D22A049	114.46	26
D22A052	412.29	92	D22A058	150.24	87
D22A080	295.08	84	D22A053	179.08	78
D22A062	506.62	108	D22A061	263.43	36
D22A067	330.5	98			

Tablo 2. Monte Carlo simülasyonları sonucunda elde edilen H1 değeri ve L-Cv istatistikleri.

Table 2. H1 value and L-Cv statistics obtained from Monte Carlo simulations.

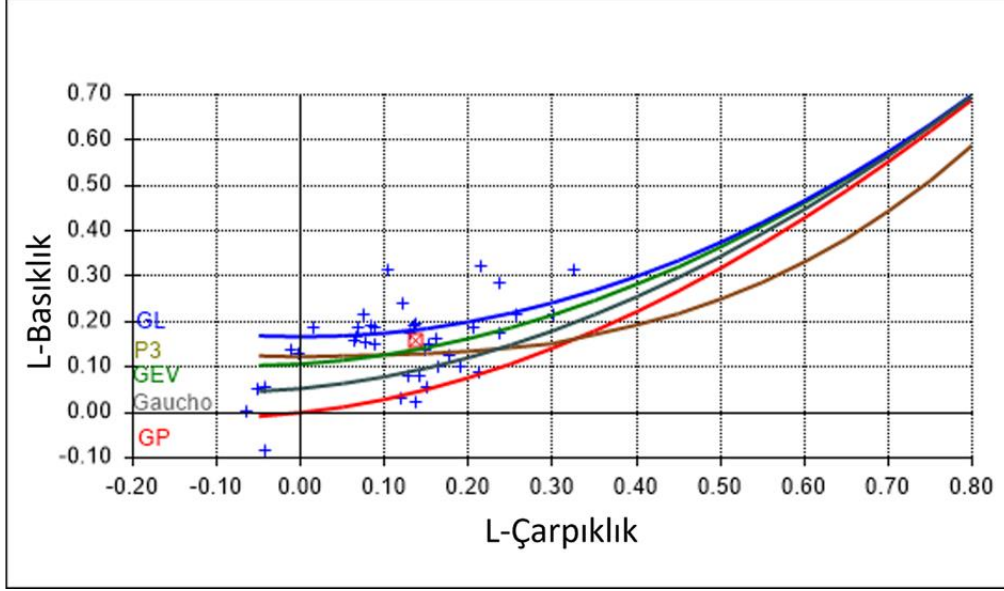
Heterojenlik Testi (500 Simülasyon)	
Gözlem L-Cv Değerlerinin Std. Sapması	0.027
Grup L-Cv Std. sapma değerlerinin simülasyon ortalaması	0.0228
Grup L-Cv Std. sapma değerlerinin simülasyon Std Sapması	0.0025
Standartlaştırılmış H1 Değeri	1.64

Bölgenin homojen olduğunun ortaya konmasından sonra veriye en uygun dağılımın belirlenmiştir. GEV, GN, GL, P3, Gaucho ve GP dağılımları veriye uygulanmış ve kabul edilebilirlik dereceleri test edilmiştir (Şekil 2).

500 Monte Carlo simülasyonu sonucunda veriye en uygun dağılımların GEV ($|Z|=1.58$) ve GN ($|Z|=1.64$) dağılımları olduğu saptanmıştır. Daha önceki çalışmalarda sahaya en uygun dağılımın Log Normal dağılım olduğu sonucuna

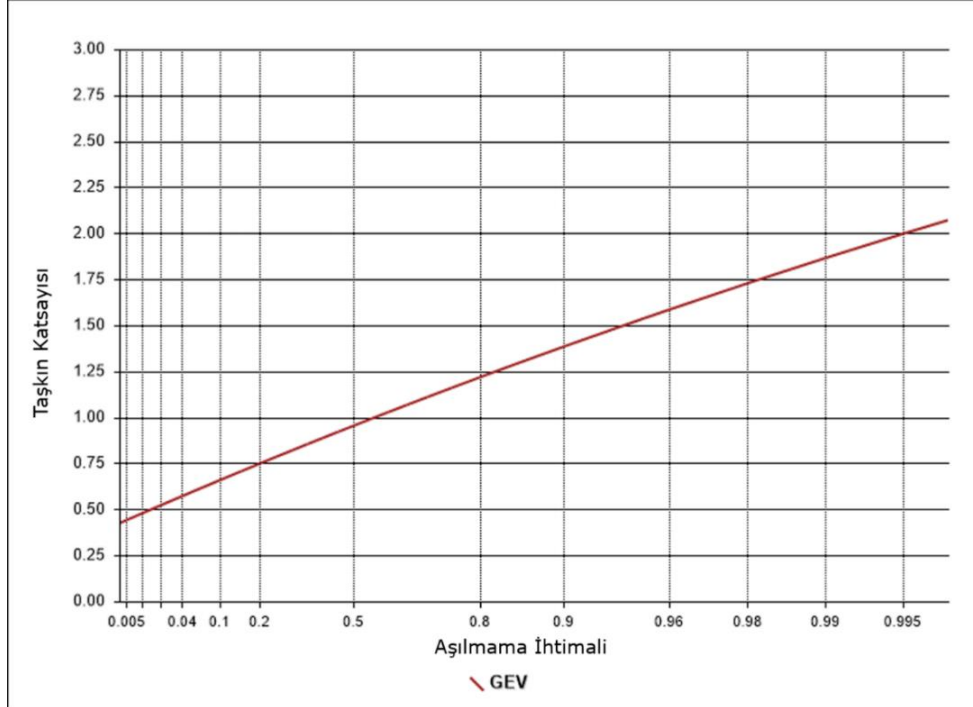
varılırken (Anılan, 2014) bu çalışmada daha fazla istasyon kullanılması nedeniyle en iyi dağılım GEV dağılımı olarak ortaya konmuştur. GL ($|Z|=2.22$), P3 ($|Z|=2.42$), Gaucho

($|Z|=5.48$), GP ($|Z|=9.54$) dağılımları $|Z|=1.64$ değerinden büyük olduğu için bu dağılımların veriye uymadığı sonucuna varılmıştır (Şekil 2). Genelleştirilmiş Ekstrem Dağılıma göre elde edilen büyüme eğrisi de Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 1. Farklı L-Moment dağılım fonksiyonlarının bir arada gösterimi.

Figure 1. L-Moment ratio diagram.



Şekil 2. Genelleştirilmiş Ekstrem Değerler dağılımına göre bölgesel büyüme eğrisi.

Figure 2. Regional growth curve according to the Generalized Extreme Values distribution.

Homojenlik derecesi ortaya konulan Doğu Karadeniz Havzası'nda en uygun dağılım olarak belirlenen GEV dağılımına ait bölgesel formül Eşitlik 5'te verilmiştir.

$$\frac{Q_T}{\bar{Q}} = \xi + \sigma \left[1 - \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right\}^k \right] / k \quad \text{Eşitlik 5}$$

Eşitlikte ξ , σ ve k sırasıyla GEV dağılımına ait yer, ölçek ve şekil parametreleri; Q_T , T tekerrür periyoduna ait taşkın debisi; \bar{Q} , yıllık taşkın debilerinin ortalamasını ifade etmektedir. GEV dağılımına ait bölgesel parametreler $\xi = 0.8637$, $\sigma = 0.2479$, $k = 0.0283$ olarak hesaplanmıştır. Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan akım gözlem istasyonları ile

bu istasyonların alanları arasında yapılan regresyonda bağımlı değişken olarak ortalama yıllık taşkın debisi, bağımsız değişken olarak ise havza alanı olarak kullanılmıştır:

$$\bar{Q} = 11.722(A)^{0.3833} \quad \text{Eşitlik 6}$$

Eşitlikte Q, ortalama yıllık taşkın debisini (m³/s); A, havza alanını ifade etmektedir. Bu regresyonun r² değeri 0.41'dir. Bölgesel GEV parametre değerleri ve L-momentler eşitliğinden elde edilen değerler Eşitlik 5'teki yerlerine yazılarak bölgesel taşkın formülü ortaya konulmuştur. Bu formül:

$$Q_T = \left[9.623 - 8.759 \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right\}^{0.0283} \right] x \bar{Q} \quad \text{Eşitlik 7}$$

$$Q_T = \left[112.484 - 102.672 \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right\}^{0.0283} \right] A^{0.3833} \quad \text{Eşitlik 8}$$

şeklinde genişletilmiş olup eşitlikteki T, belirlenen tekerrür periyodunu; QT, tekerrür periyoduna ait debiyi; A, ise havza alanını ifade etmektedir. Bölgesel L-momentler analizi ve buna bağlı bölgesel değerler ile üretilen GEV dağılım fonksiyonuna ait parametreler kullanılarak, regresyon analizi ile elde edilen havza alanı-taşkın debisi ilişkisini ele alan bölgesel taşkın analizi formülü Eşitlik 8'de nihai halini almıştır. Eşitlik kullanılarak tüm havzaların taşkın debisi 5, 10, 50, 100, 200 ve 1000 yıllık tekerrür periyotlarına göre hesaplanmıştır (Şekil 4).

Yapılan analizler sonucunda Doğu Karadeniz Havzasında, her tekrar periyodunda en yüksek taşkın debisini üreten havzanın Harşit (Doğankent) Çayı havzası olduğu ortaya konulmuştur. Harşit Çayı havzasının çalışma sahasındaki en büyük havza olması, diğer havzalara nazaran daha fazla yağış alabilme potansiyelini meydana getirdiği için en fazla taşkın debisini üretmesine neden olmaktadır. Bu havza, çalışma sahasında görülen en yüksek hasarlı taşkınların meydana geldiği

havadır. Harşit havzasından sonra sahada en fazla taşkın debisi üreten havzalar Melet (Ordu/Merkez), Bolaman (Ordu/Fatsa), Aksu (Giresun/Merkez), Fırtına (Rize/Ardeşen), İkizdere (Rize-Trabzon) havzalarıdır. Harşit havzasında en yüksek taşkın debisi Q1000 periyodunda 626 m³/s olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında Q1000 tekrar periyodunda Melet Irmağı 517 m³/s, Bolaman Irmağı 430 m³/s taşkın debisi üretmektedir. Sahada en düşük taşkın debilerini üreten havza ise Q1000 periyodunda 108 m³/s debi üreten Boğacak (Giresun/Merkez) havzasıdır.

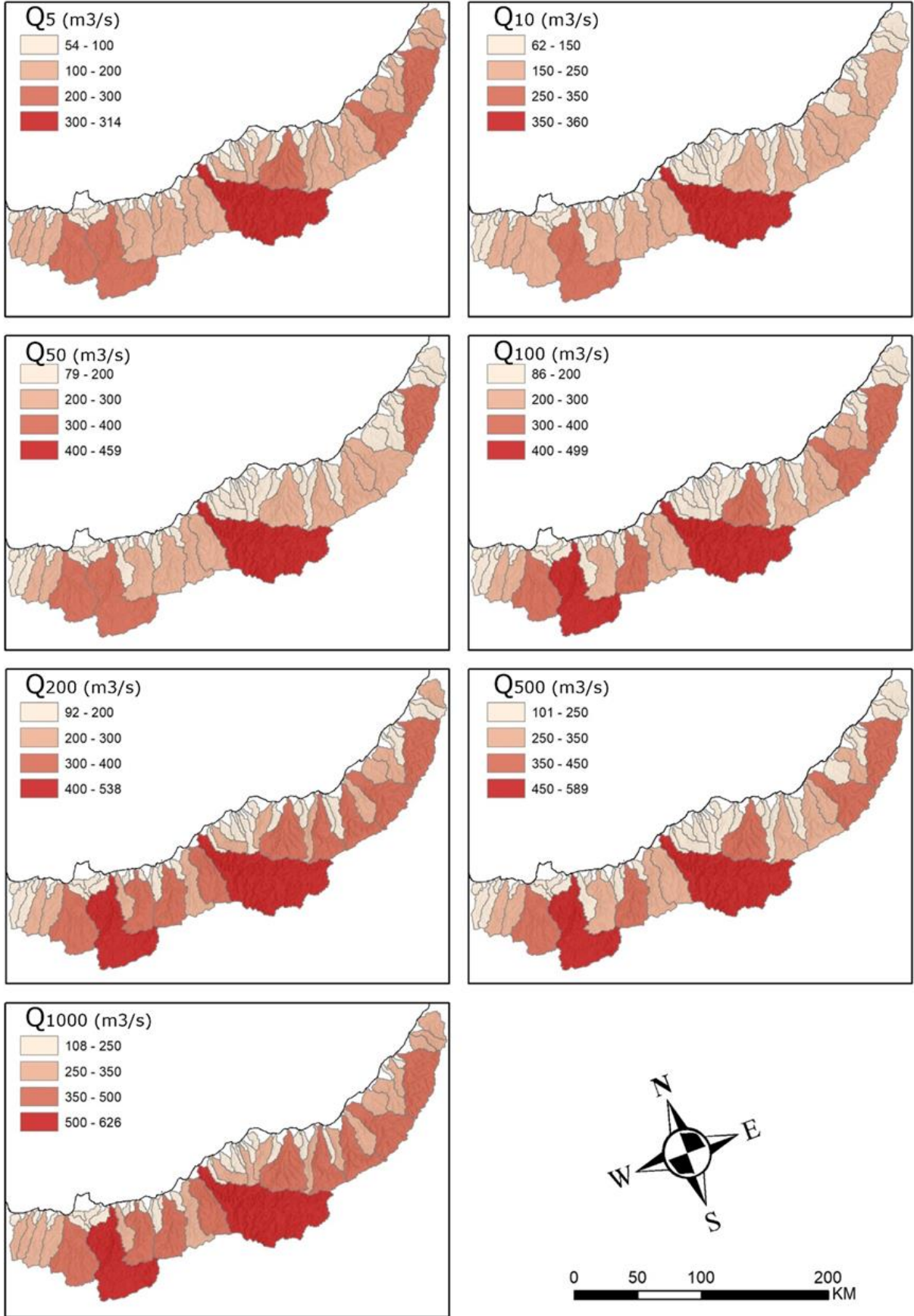
Çalışmada elde edilen taşkın debileri, meydana gelmiş taşkınlarla ait debiler ile karşılaştırılmıştır. DSİ tarafından yapılan ölçümlere göre 02.08.2005 tarihinde Trabzon ve Rize illerinde meydana gelen taşkın olayında Hemşin Deresi'nde 260 m³/sn debi ölçülmüş ve bu debinin 500 yıllık taşkın periyoduna yaklaştığı bildirilmiştir (Yüksek vd., 2008). Bu çalışmada uygulanan bölgesel analizlerin sonucunda ilgili havzanın 500 yıllık akım debisi 286 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Yine DSİ raporlarına göre Abuçağlayan Deresi'nde meydana gelen ve 10 yıllık taşkın periyoduna sahip olayda 151 m³/sn akım ölçülmüşken, bu çalışmada aynı havzada 10 yıllık taşkın debisi 110 m³/sn olarak hesaplanmıştır.

Bölgesel taşkın analizleri, üzerinde akım gözlem istasyonu bulunmayan havzalardaki debiyi hesaplamak için sıkça kullanılsa da kendi içerisinde bazı dezavantajları barındırmaktadır. Bu dezavantajlar bazen bölgedeki homojenliğin sağlanamaması şeklinde ortaya çıkarken, bazen de analizin kendi içerisinde çok sayıda kabul bulundurmasıyla ortaya çıkmaktadır. Havzanın fiziksel özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, birbirine benzer fiziksel karakterdeki alt havzalara düşen yağışın -her ne kadar havza istatistiksel olarak homojen yapıda ve tek bir iklim tipi etkisinde kalsa da- farklı havzalarda farklı akım miktarına dönüşmesi yine bölgesel taşkın analizinin zayıf kaldığı noktalardandır. Çalışmada, bölgesel taşkın analizi ve regresyon analizi yardımıyla üretilen taşkın debileri ile Gumbel metodu (noktasal analiz) kullanılarak üretilen taşkın debileri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, bazı istasyonlarda bölgesel analiz noktasal analize kıyasla daha yüksek, bazı istasyonlarda ise daha düşük taşkın debisi üretmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Topluca ve Ortaköy istasyonlarında bölgesel ve noktasal analizler ile elde edilen taşkın debi tahminlerinin karşılaştırılması.

Table 4. Comparison of extreme flow values calculated using both regional and point based analyses at Topluca and Ortaköy stations.

				ORTAKÖY			
T	Q (m³/s)	Q_RFFA	FARK	T	Q (m³/s)	Q_RFFA	FARK
5	242.07	179.52	-62.55	5	63.1	119.24	56.13
10	291.34	205.89	-85.45	10	83.88	136.75	52.86
50	399.79	261.98	-137.81	50	129.61	174.01	44.39
100	445.64	284.92	-160.72	100	148.95	189.24	40.29
200	491.32	307.33	-183.99	200	168.21	204.12	35.91
500	551.58	336.22	-215.36	500	193.63	223.32	29.68
1000	597.13	357.57	-239.56	1000	212.83	237.49	24.65



Şekil 3. Doğu Karadeniz havzalarının bölgesel taşkın analizi ile hesaplanmış ve farklı tekrar periyotlarına ait taşkın debileri (m³/s).
Figure 3. Extreme flows of the Eastern Black Sea basins for different recurrence periods calculated using regional flood analysis.

Tablodaki T, tekrarlama aralığını; Q, noktasal analiz ile hesaplanan taşkın debisini; Q_RFFA, bölgesel analiz ile üretilen taşkın debisini ifade etmektedir.

Çalışma sahasında daha önce yapılan çalışmalarda sahaya en uygun dağılımın Log Normal Dağılım olduğu belirtilmiş olsa da (Anılan vd., 2016) elde edilen akım verileri ve yapılan analizler sonucunda sahaya en uygun dağılım GEV dağılımı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı saha üzerinde benzer yöntemlerin kullanılmış olmasına rağmen farklı sonuçların çıkması, temel olarak kullanılan istasyon sayısının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Eldeki tüm akım verilerinin analize dahil edilmesinin analiz sonucunda doğrudan etki edebileceği anlaşılmaktadır. Yine sahaya ele alan başka bir çalışmada (Çıtakoğlu vd., 2017) alan iki farklı bölge olarak değerlendirilmiş ve bu bölgelerden birine en uygun dağılımın Genelleştirilmiş Lojistik, diğerine en uygun dağılımın ise GEV dağılımı olduğu belirtilmiştir. Sahaya en uygun dağılımın farklı çıkması diğer tüm parametrelerde değişikliğe neden olduğu için elde edilen taşkın debisinin de farklı olmasına sebebiyet vermektedir.

Literatürde yer alan ve hem bu bölgeyi hem de farklı bölgeleri ele alan bölgesel taşkın tahmini çalışmalarında taşkın debisi ile farklı değişkenler arasında ilişki kurulmuştur. Bu ilişki için kullanılan en temel değişken havza/istasyon alanı olmakla birlikte, çalışmalarda ölçülmüş değerlerin de (yıllık toplam yağış, akış indeksi, yağış şiddeti, evapotranspirasyon vb.) kullanıldığı görülmüştür. Bu durumda, oluşturulan modellerdeki belirsizliğin (uncertainty) arttığı bilinmektedir (McMillian vd. 2018). Bu sebeple çalışmada regresyon için yalnızca alan değişkeni kullanılmıştır.

5. Sonuç

Bu çalışmada, üzerinde yeterli akım gözlem ağı bulunmayan sahalardaki havzalara ait taşkın debilerinin tahmini Doğu Karadeniz Havzaları özelinde gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda bölgesel analizler uygulanarak, çalışma sahasının homojenlik değerleri $H1 = 1.644$ olarak saptanmış, sahaya ait en uygun dağılım parametresinin Genelleştirilmiş Ekstrem Değerler (GEV) olduğu ortaya konmuş ve bu parametreye ait regresyon ile taşkın debilerinin tahmini yapılmıştır. Çalışma sahasını ele alan başka çalışmalar mevcut olsa da bu çalışmalarda sahadaki tüm istasyonlar analize dahil edilmemiştir. Bu dağılıma uygun bölgesel parametreler belirlenmiş, üzerinde akım gözlem istasyonu yer almayan havzalar da dahil olmak üzere tüm Doğu Karadeniz Havzalarında 5, 10, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileri hesaplanmıştır. Analiz sonucunda en büyük taşkın debisine sahip havza Harşit (Doğankent) Çayı olurken bunu sırasıyla Melet (Ordu/Merkez), Bolaman (Ordu/Fatsa), Aksu (Giresun/Merkez), Fırtına (Rize/Ardeşen), İkizdere (Rize-Trabzon) havzaları olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu senaryo akım değerleri taşkın tehlike analizleri ve devamında taşkın risk çalışmaları için önemli altlık teşkil etmekte olup, bir sonraki çalışmada bölgesel taşkın tehlike analizlerinde kullanılacaktır.

Katkı Belirtme

Çalışmanın konsepti ve tasarımı E.E ve H.Ö.; Veri toplama ve analiz kısımları E.E.; modelleme, çıktı kontrolleri ve yorumlamaları E.E. ve H.Ö.; ilk yazım E.E; son kontroller ve düzeltmeler H.Ö. tarafından yapılmıştır. *The*

conceptualization and design of the study were carried out by E.E. and H.Ö.; data collection and analysis sections were conducted by E.E.; modeling, output control, and interpretations were undertaken by E.E. and H.Ö.; the initial drafting was performed by E.E.; final checks and corrections were conducted by H.Ö.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. *Authors declared no conflict of interest.*

Kaynakça

- Abdi, A., Hassanzadeh, Y., & Ouarda, T. B. M. J. (2017). Regional frequency analysis using Growing Neural Gas network. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.04.047>
- Akbaş, A. & Özdemir, H. (2022). Tüm modeller yanlıştır, ancak bazıları faydalıdır: Akım gözlem istasyonu bulunmayan havzalarda düşük (kurak) ve yüksek (taşkın) akım davranışlarının belirlenmesi. *Cografya Dergisi*, 45, 33-46. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2022-1075304>
- Akyürek, Z. (2013). Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Hizmet İçi Eğitim Programı, AFYON, Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması
- Anılan, T. (2014). Doğu Karadeniz Havzası'nın L-Momentlere Dayalı Taşkın Frekans Analizinde Yapay Zekâ Yöntemlerinin Uygulanması, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.
- Anılan, T., Yüksek, Ö. & Kankal, M. (2016). Doğu Karadeniz Havzası'nın l-momentlere dayalı taşkın frekans analizi. *Teknik Dergi*, 27, 7403 – 7427
- Anlı, A.S., Apaydın, H. & Öztürk, F. (2009) Trabzon İlinde Gözlenen Yıllık Maksimum Yağışların Bölgesel Frekans Analizi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 15, Sayı:3, 240-248.
- Aydoğan, D., Kankal, M., & Önsoy, H. (2016). Regional flood frequency analysis for Çoruh Basin of Turkey with L-moments approach. *Journal of Flood Risk Management*, 9(1), 69-86. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12116>
- Baidya, S., Singh, A., & Panda, S. N. (2020). Flood frequency analysis. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03853-4>
- Beven, K. J., Almeida, S., Aspinall, W. P., Bates, P. D., Blazkova, S., Borgomeo, E., Freer, J., Goda, K., Hall, J. W., Phillips, J. C., Simpson, M., Smith, P. J., Stephenson, D. B., Wagener, T., Watson, M., & Wilkins, K. L. (2018). Epistemic uncertainties and natural hazard risk assessment - Part 1: A review of different natural hazard areas. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(10), 2741-2768. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2741-2018>
- Burn, D. H., & Goel, N. K. (2000). The formation of groups for regional flood frequency analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 45(1), 97-112. <https://doi.org/10.1080/02626660009492308>

- Chau, K. W., Wu, C. L., & Li, Y. S. (2005). Comparison of several flood forecasting models in Yangtze River. *Journal of Hydrologic Engineering*, 10(6), 485-491. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2005\)10:6\(485\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2005)10:6(485))
- Çıtakoğlu, H., Demir, V., & Haktanir, T. (2017). L- Momentler yöntemiyle karadeniz'e dökülen akarsulara ait yıllık anlık maksimum akım değerlerinin bölgesel frekans analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 571-580.
- Çıtakoğlu, H. (2021). Regionalization And Mapping Of Dissolved Oxygen Concentration of Sakarya Basin By L-Moments Method. *Journal of Engineering Sciences And Design*, 9(2), 495-510. <https://doi.org/10.21923/jesd.846466>
- Çıtakoğlu, H., & Güney, M. (2017). L- Momentler Yöntemiyle Türkiye'ye Ait Açık Yüzey Buharlaştırma Değerlerinin Bölgeselleştirilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 546-559
- Dalrymple, T. (1960). Flood-Frequency Analyses. Manual of Hydrology Part 3. Flood-flow techniques. *Geological Survey Water-Supply Paper*, 1543-A, 80-80. <http://pubs.usgs.gov/wsp/1543a/report.pdf>
- Dikmen, B. (2020). Doğu Karadeniz Havası Taşkın Yönetim Planı Taslak Stratejik Çevresel Değerlendirme Raporu, Ankara.
- Dodangeh, S. S., Taghi & Seçkin, N. (2011). Minimum Akımların L-Momentler Yöntemi ile Bölgesel Frekans Analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17, 43-58.
- Elbaşı, E. (2022). *Bölgesel Taşkın Analizleri Kullanılarak Taşkın Tehlike Haritalarının Hazırlanması*. [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezleri
- Farsadnia, F., Rostami Kamrood, M., Moghaddam Nia, A., Modarres, R., Bray, M. T., Han, D., & Sadatinejad, J. (2014). Identification of homogeneous regions for regionalization of watersheds by two-level self-organizing feature maps. *Journal of Hydrology*, 509, 387-397. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.11.050>
- Fırat, M., Dikbaş, F., Koç, A. C. & Güngör, M. (2012). K-Ortalamlar Yöntemi ile Yıllık Yağışların Sınıflandırılması ve Homojen Bölgelerin Belirlenmesi. *Teknik Dergi*, 23 (113), 6037-6050.
- Haktanir, T., Çıtakoğlu, H., & Seckin, N. (2016). Regional frequency analyses of successive-duration annual maximum rainfalls by L-moments method. *Hydrological Sciences Journal*, 61(4), 647-668. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.966722>
- Hosking, J. R. M. (1990). L-Moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B* (Methodological). <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1990.tb01775.x>
- Hosking, J. R. M., & Wallis, J. R. (1997). Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments. *Cambridge University Press*. <https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511529443>
- Kumar, R., Chatterjee, C., & Kumar, S. (2003). Regional flood formulas using L-moments for small watersheds of one subzone of India. *Applied Engineering in Agriculture*. <https://doi.org/10.13031/2013.12736>
- Kumar, R., Chatterjee, C., Panigrihy, N., Patwary, B. C., & Singh, R. D. (2001). Development of regional flood formulae using L-moments for gauged and ungauged catchments of North Brahmaputra river system. *Journal of the Institution of Engineers (India): Civil Engineering Division*.
- Leclerc, M., & Ouarda, T. B. M. J. (2007). Non-stationary regional flood frequency analysis at ungauged sites. *Journal of Hydrology*, 343(3-4), 254-265. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.06.021>
- Lettenmaier, D. P., & Potter, K. W. (1985). Testing Flood Frequency Estimation Methods Using a Regional Flood Generation Model. *WATER RESOURCES RESEARCH*, 21(12), 1903-1914. <https://doi.org/10.1029/WR021i012p01903>
- Lettenmaier, D. P., Wallis, J. R., & Wood, E. F. (1987). Effect of regional heterogeneity on flood frequency estimation. *WATER RESOURCES RESEARCH*, 23(2), 313-323. <https://doi.org/10.1029/WR023i002p00313>
- McMillan, HK., Westerberg, IK. & Krueger, T. (2018). Hydrological data uncertainty and its implications. *WIREs Water*. 5:e1319. <https://doi.org/10.1002/wat2.1319>
- Nguyen, N. Y., Ichikawa, Y., & Ishidaira, H. (2016). Estimation of inundation depth using flood extent information and hydrodynamic simulations. *Hydrological Research Letters*. <https://doi.org/10.3178/hrl.10.39>
- Ozdemir, H., & Elbaşı, E. (2015). Benchmarking land use change impacts on direct runoff in ungauged urban watersheds. *Physics and Chemistry of the Earth*, 79-82, 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2014.08.001>
- Ozdemir, H., & Akbas, A. (2023). Is there a consistency in basin morphometry and hydrodynamic modelling results in terms of the flood generation potential of basins? A case study from the Ulus River Basin (Türkiye). *Journal of Hydrology*, 625, 129926.

- Ozdemir, H., & Akbas, A. (2023). Sayısal yükseklik modellerindeki mekânsal çözünürlük değişkenliğinin taşkın tehlike analizine etkileri. *Cografya Dergisi*, 46, 1-20. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2023-1177718>
- Pandey, G. R., & Nguyen, V. T. V. (1999). A comparative study of regression based methods in regional flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 225(1-2), 92-101. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(99\)00135-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00135-3)
- Ramachandra Rao, A., & Srinivas, V. V. (2006). Regionalization of watersheds by hybrid-cluster analysis. *Journal of Hydrology*, 318(1-4), 37-56. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.003>
- Rao, A. R., & Srinivas, V. V. (2003). Some problems in regionalization of watersheds. *IAHS-AISH Publication(280)*, 301-308.
- Saf, B. (2009). Batı Akdeniz Havzalarının L-Momentlere Dayalı Bölgesel Taşkın Frekans Analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2), 153-165. <https://dergipark.org.tr/pajes/issue/20511/218356>
- Saf, B. (2011). Batı Akdeniz Bölgesi Taşkın Tahminlerinde Homojenlik İrdelemesi. *İMO Teknik Dergi*, 360, 2011, 5587-5611.
- Seçkin, N. (2009). L-Momentlere Dayalı Gösterge-Sel Metodu ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Smith, A., Sampson, C., & Bates, P. (2015). Regional flood frequency analysis at the global scale. *WATER RESOURCES RESEARCH*, 51(1), 539-553. <https://doi.org/10.1002/2014WR015814>
- Tasker, G., Hosking, J. R. M., & Wallis, J. R. (1998). Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments. *Journal of the American Statistical Association*. <https://doi.org/10.2307/2669866>
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2013). Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. *Journal of Hydrology*, 504, 69-79. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.034>
- Yüksek, Ö., Kankal, M., Önsoy, H., Filiz, H. (2008), Trabzon, Doğu Karadeniz Havzası Taşkınları Üzerine Genel Bir Değerlendirme: ss. 17-28.