

**Araştırma Makalesi / Research Article**

**Doğu Karadeniz Havzası Yıllık Anlık Maksimum Akımların Eğilim Analizi**

<sup>1</sup>Emirhan Mustafa ANIK, <sup>\*2</sup>Fatma AKÇAY, <sup>3</sup>Murat KANKAL, <sup>4</sup>Murat ŞAN

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, [emirhanik16@gmail.com](mailto:emirhanik16@gmail.com), ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9342-2242>

<sup>2</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, [fatmaakcay93@gmail.com](mailto:fatmaakcay93@gmail.com), ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8129-3009>

<sup>3</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, [mkanikal@uludag.edu.tr](mailto:mkanikal@uludag.edu.tr), ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0897-4742>

<sup>4</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye, [muratsan@gumushane.edu.tr](mailto:muratsan@gumushane.edu.tr), ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7006-8340>

Geliş / Recieved: 25.02.2021;

Kabul / Accepted: 10.05.2021

**Öz**

Taşkın ve kuraklık gibi hidrolojik uç olaylar, insan hayatı ve ekosistem üzerinde büyük etkilere neden olmaktadır. İklim değişikliğinin önemli etkilerinden biri de bu hidrolojik uç olayların şiddeti ve sıklığında artışlar meydana getirmesidir. Su kaynaklarının yönetiminde, tasarımında ve planlanmasında; hidrolojik uç olayların değişimlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan ve veri uzunluğu 30 yılın üzerinde olan 17 adet Akım Gözlem İstasyonu'na (AGİ) ait yıllık anlık maksimum akım (YAMA) verilerine Mann-Kendall, Yenilikçi Eğilim Analizi-Değişim Kutuları (YEA-DK) ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemleri kullanılarak eğilim analizi uygulanmıştır. YEA-DK yöntemi ile verilerin farklı sınıfları için analiz yapılmış ve değişim yüzdeleri belirlenmiştir. Bu şekilde taşkın oluşturma potansiyeline sahip YAMA'ların değişimi incelenmiştir. Mann-Kendall eğilim testi sonucuna göre üç istasyonun YAMA verilerinde azalan eğilim görülürken, bir istasyonda artan eğilim görülmüştür. Şen'in Geçiş Eğilim yöntemi sonucuna göre hiçbir istasyonda eğilim belirlenmemiştir. YEA-DK yönteminde ise

<sup>\*2</sup>Sorumlu yazar / Corresponding author

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Anık, E.M., Akçay, F., Kankal, M. & Şan, M. (2021). Doğu karadeniz havzası yıllık anlık maksimum akımların eğilim analizi. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 3(1), 1-22.

düşük, orta ve yüksek değerler için hem artan hem de azalan yönde eğilimler ortaya çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Doğu karadeniz havzası, Mann-Kendall, Şen'in geçiş eğilim yöntemi, Yenilikçi eğilim analizi, Yıllık anlık maksimum akımlar

## **Trend Analysis of Annual Maximum Flows in the Eastern Black Sea Basin**

### **Abstract**

Hydrological extreme events such as floods and droughts have great effects on human life and ecosystem. One of the important impacts of climate change is the increase in the severity and frequency of these hydrological extreme events. In the management, design and planning of water resources; determining the changes of hydrological extreme events is of great importance. In this study, trend analysis was applied using Mann-Kendall, Innovative Trend Analysis-Change Boxes (ITA-CB) and Şen's Crossing Trend methods to the annual maximum flow (AMF) data of 17 Stream Gauge Stations in the Eastern Black Sea Basin with a data length of over 30 years. Analysis was made for different classes of data using the ITA-CB method and the percentage of change was determined. In this way, the change of YAMAs that have the potential to create floods was examined. According to the Mann-Kendall trend test result, a decreasing trend was observed in the AMF data of three stations, while an increasing trend was observed in one station. According to the result of Şen's Crossing Trend method, there was no trend in any station. In the ITA-CB method, both increasing and decreasing trends have emerged for low, medium and high values.

**Keywords:** *Eastern Black Sea Basin, Mann-Kendall, Şen's Crossing Trend Method, Innovative Trend Analysis-Change Boxes, Annual instantaneous maximum flows*

## 1. Giriş

Şiddetli yağmurların sonucu olarak akarsu yataklarında meydana gelen yüksek su debilerinin, düşük kotlu bölgeleri su altında bırakması olayına taşkın denilmektedir (Büyükkaraciğın & Kahya, 2009). İklim değişikliğine bağlı şiddetli yağışların artması taşkın olaylarını tetiklemektedir. Taşkınlar hem dünyada hem ülkemizde ciddi zararlara yol açmaktadır. Taşkınlar sonucunda birçok can kaybı yaşanmakta ve taşkın zararlarının giderilmesi için önemli miktarlarda paralar harcanmaktadır. Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olan Doğu Karadeniz Havzası topoğrafik yapısı nedeniyle sıklıkla taşkınlara maruz kalmaktadır. Bölgede yerleşim alanlarının genelde taşkın yatakları yakınında bulunmasından dolayı taşkınlar maddi ve manevi birçok kaybın meydana gelmesine neden olmaktadır. Havza özellikleri ve iklim koşulları nedeniyle Doğu Karadeniz Havzası'nda meydana gelen taşkınların maddi ve manevi boyutu diğer havzalara kıyasla fazladır (Yüksek, Kankal & Üçüncü, 2013; Anılan, Yüksek & Kankal, 2016).

Doğu Karadeniz Havzasının akımlarının incelendiği çalışmalara bakıldığında, havza genellikle Türkiye'deki bütün havzaların incelendiği çalışmaların içinde bir bölüm olarak yer almıştır. Bu çalışmalarda çoğunlukla Mann-Kendall yöntemi uygulanmış ve havza akımlarında eğilim gözlenmemiştir (Bayazıt vd., 2002; Cıgızoğlu vd., 2004; Topaloğlu, 2006; Cebe, 2007; Elmalı,

2019; Yılmaz, 2019). Ancak son yıllarda sadece havza üzerinde yapılan çalışmaların arttığı gözlenmiştir (Altınışik, 2015; Akçay, 2018; Kankal & Akçay, 2019). Altınışik (2015) Doğu Karadeniz Havzası aylık ve yıllık ortalama akım ve taşkın verileri için Mann-Kendall yöntemi ile eğilim analizi gerçekleştirmiştir. Doğu Karadeniz Havzası'ndaki istasyonlar için gözlem dönemi 1962-2013 yılları arasındadır. Yapılan çalışmada E22A002, E22A013, E22A015, E22A018, E22A028, E22A032, E22A033, E22A038, E22A045 ve E22A047 numaralı istasyonlar benzerdir. Yılmaz (2019) çalışmasında 1961-2014 yılları arasında Türkiye Akarsu Havzaları YAMA verileri için Mann-Kendall ve Sperman'ın Rho yöntemleri ile eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayla E22A002, E22A013, E22A015, E22A018, E22A032, E22A033, E22A038, E22A045 ve E22A047 numaralı istasyonlar benzerdir. Son yıllarda yapılan eğilim analizi çalışmalarına bakıldığında Mann-Kendall yöntemine göre eğilim bulunamayan verilere Şen'in Yenilikçi Eğilim ve Yenilikçi Eğilim Analizi-Değişim Kutuları (YEA-DK) yöntemleri uygulandığında, çeşitli eğilimler gözlemlendiği bilinmektedir (Ay & Kişi, 2017; Dabanlı, Şen, Yeleğen, Şişman, Selek & Güçlü, 2016; Akçay, 2018; Kankal & Akçay, 2019).

Bu çalışmanın amacı, su potansiyeli ve yaşanan taşkınlar açısından Türkiye'nin en önemli havzalarından bir olan Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan 17 istasyona ait 1963-2019 yılları arasında değişen ve uzun süreli (>30 yıl) YAMA değerlerinin eğilim analizini gerçekleştirmektir. Bu amaç doğrultusunda Mann-Kendall, YEA-DK

ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemleri olmak üzere toplam üç farklı yöntem kullanılmıştır. YEA-DK yöntemi ile farklı aralıklardaki (düşük, orta ve yüksek) veri gruplarında yüzdelik değişimlerini elde ederek, özellikle taşkın oluşturma potansiyeli olan büyük debi değerlerinin değişimleri yorumlanmıştır. Ayrıca yöntem sonuçları birbiri ile karşılaştırılmıştır.

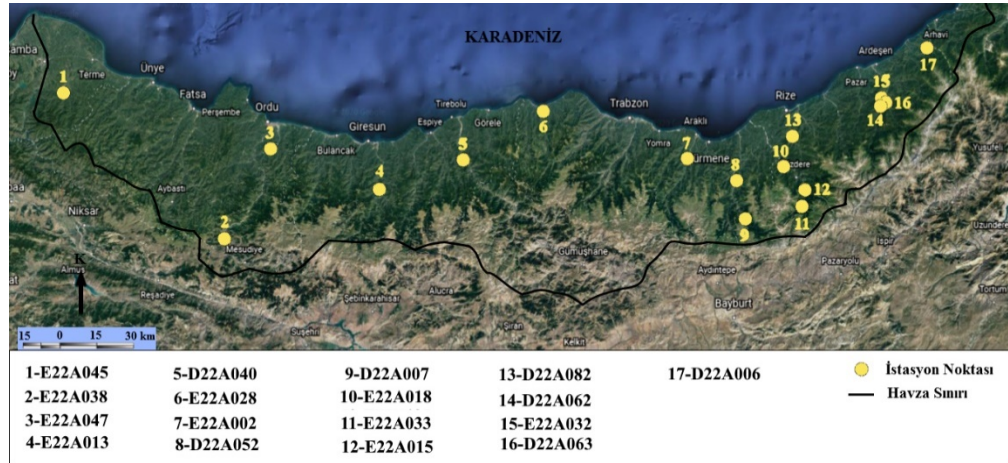
## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Doğu Karadeniz Havzası; Melet Çayı, Harşit Çayı, Ağasar, Galanima, Değirmendere, Karadere, Solaklı, Pazar ve Fırtına Deresi gibi birbirine paralel olarak uzanan akarsuların alt havzalarından oluşmaktadır (Satılmış 2015). Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olan Doğu Karadeniz Havzası topoğrafik

yapısı nedeniyle sıklıkla taşkınlara uğramaktadır. Bölgede yerleşim alanları genelde taşkın yatakları yakınında bulunduğu için taşkınlar sonucu maddi ve manevi birçok kayıp meydana gelmektedir. Havza özellikleri ve iklim koşulları nedeniyle Doğu Karadeniz Havzası'nda meydana gelen taşkınların maddi ve manevi boyutu diğer havzalara kıyasla fazladır (Yüksek vd., 2013).

Bu çalışmada; Doğu Karadeniz Havzası üzerinde yer alan, Devlet Su İşleri'nden (DSİ) temin edilen 17 adet istasyona ait veriler kullanılmıştır. İstasyonlara ait verilerin aralığı 1963-2019 yılları arasında değişmektedir ve en kısa 30 en uzun 54 yıllık veri bulunmaktadır. Veri uzunluğu ortalaması 45 yıldır. Çalışma kapsamında kullanılan istasyonlara ait özellikler Tablo 1'de, istasyon yerleri ise Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan istasyonların genel görüntüsü

**Tablo 1.** Çalışma kapsamında kullanılan AGİ'lere ait bilgiler

İstasyon No	İstasyon Adı	İstasyon Koordinatları	Yükseklik (m)	Veri Aralığı	Veri Uzunluğu (yıl)
E22A002	Karadere, Ağnas	40°50'56" K- 40°00'13" D	95	1967- 2018	52
D22A006	Abuçaçlayan Deresi, Köprübaşı	41°15'01" K- 41°14'49" D	94	1967- 2018	52
D22A007	Haldizen Suyu, Şerah	40°37'29" K- 40°17'05" D	28	1971- 2018	48
E22A015	Çamlıkdere, Dereköy	40°43'41" K- 40°35'40" D	85	1965- 2018	54
E22A013	Aksu, Dereli	40°44'17" K- 38°26'50" D	127	1963- 2000	38
E22A018	Şimşirli	40°48'55" K- 40°29'18" D	167	1964- 2009	46
E22A028	Fol Deresi, Bahadırılı	41°01'37" K- 39°16'36" D	84	1964- 2013	50
E22A032	Fırtına Deresi, Topluca	41°03'56" K- 41°00'16" D	180	1964- 2015	52
E22A033	Tozköy Deresi, Tozköy	40°40'00" K- 40°34'32" D	44	1965- 2018	54
E22A038	Melet Çayı, Arıcalar	40°32'54" K- 37°40'21" D	155	1966- 2015	50
E22A045	Terme Çayı, Gökçeli	41°04'52" K- 36°49'22" D	285	1970- 2019	50
E22A047	Melet Çayı, Gocallı Köprüsü	40°53'04" K- 37°53'35" D	391	1968- 2017	50
D22A052	Solaklı Deresi, Ulucami	40°45'55" K- 40°15'09" D	94	1980- 2011	32
D22A040	Harşit Çayı, Eymür	40°50'55" K- 38°52'16" D	394	1977- 2008	32
D22A062	Hemşin Deresi, Konaklar	40°01'57" K- 40°59'49" D	115	1981- 2010	30
D22A063	Hala Deresi, Mikron Köprüsü	41°02'41" K- 41°01'29" D	118	1981- 2018	38
D22A082	Salarha Deresi, Kömürcüler	40°55'40" K- 40°32'22" D	112	1984- 2019	36

## 2.2. Eğilim Analizi Yöntemleri

### 2.2.1. Mann-Kendall Yöntemi

Mann (1945) ve Kendall (1975) tarafından geliştirilen ve parametrik olmayan bu test, eğilim analizi çalışmalarında en çok uygulanan yöntemdir. Parametrik olmayan bir test olduğundan rastgele değişkenin dağılımından bağımsızdır (Çeribaşı & Doğan, 2015).

Bu yöntem ile bir zaman serisinde artan ya da azalan yönde eğilim olup olmadığına sıfır hipotezi; "H<sub>0</sub>: eğilim yok" ile bakılmaktadır. Yöntemin uygulanacağı zaman serisinde (x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, ..., x<sub>n</sub>) x<sub>i</sub> ve x<sub>j</sub> veri çiftleri iki gruba ayrılır. i < j için x<sub>i</sub> < x<sub>j</sub> olan çiftlerin sayısı P ve i < j için x<sub>i</sub> > x<sub>j</sub> olan çiftlerin sayısı M olarak gösterilirse test istatistiği S = P - M olarak tanımlanır. Daha sonra (S) ve veri sayısına göre Kendall korelasyon katsayısı Denklem (1) ile bulunur. n ≥ 10 için S değerinin standart sapması ise Denklem (2) ile hesaplanır. Serinin standart sapması belirlendikten sonra standart normal Z değerini bulmak için Denklem (3) kullanılır.

$$\tau = \frac{S}{[n(n-1)/2]} \quad (1)$$

$$\sigma_s = \sqrt{[n(n-1)(2n+5)/18]} \quad (2)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s}, & S > 0 \text{ ise} \\ 0, & 0 \text{ ise} \\ \frac{S+1}{\sigma_s}, & S < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (3)$$

Z'nin mutlak değeri, seçilen α anlamlılık düzeyine (bu çalışmada 0.05 olarak

seçilmiştir) karşılık gelen normal dağılımın Z<sub>α/2</sub> (=1,96) değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmektedir. Bu da zaman serisinde artan ya da azalan yönde bir değişim olmadığını ortaya koymaktadır. Z'nin mutlak değerinin Z<sub>α/2</sub> (=1,96) değerinden büyük olması zaman serisinde bir artış ya da azalışın olduğunu göstermektedir. S değeri sıfırdan büyükse zaman serisinde artan yönde bir eğilim, sıfırdan küçükse azalan yönde bir eğilim olduğu sonucu elde edilmektedir (Doğan, Çeribaşı & Akkaya, 2016). Akım verilerine Mann-Kendall yöntemi uygulamadan önce veri serisinde içsel bağımlılığın olup olmadığı tespit edilmelidir. Bunun için otokorelasyon analizi kullanarak içsel bağımlılık belirlenmeli ve içsel bağımlılık giderilmelidir. Bu işlemlerden sonra Mann-Kendall yöntemi uygulanmalıdır.

İçsel bağımlılık zaman serilerinin birbirini etkileme durumunu temsil etmektedir. İçsel bağımlılığın bulunması, zaman serilerinin eğilim analizi sonucunun daha gerçeğe daha yakın çıkmasını sağlamaktadır. Bu yüzden içsel bağımlılığın tespit edilmesi önem arz etmektedir.

Zaman serisinin içsel bağımlılığını belirlemek için otokorelasyon analizi yapılmaktadır. Bir zaman serisinde, ardışık değerler arasındaki içsel bağımlılığın bir ölçüsü olan (k) zaman aralıklı otokorelasyon katsayısı Denklem (4) ile hesaplanır (Şen, 2017). Denklem (4)'de; x<sub>i</sub>: seri değerleri;  $\bar{x}$ : serinin ortalaması; n: veri uzunluğudur, k ise öteleme sayısı olup 1 alınır. Bulunan 1 aralıklı otokorelasyon sayısının anlamlılığı Douglas, Vogel & Kroll

(2000) tarafından önerilen belli bir anlamlılık düzeyinde Denklem (5) ile sınılanır.

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$|r_1| > \frac{Z_{\alpha/2}}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Denklem (5) koşulunun sağlanması durumunda seride içsel bağımlılık vardır ve etkisi giderilmelidir. Burada n veri sayısı ve  $Z_{\alpha/2}$  seçilen  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşılık gelen normal dağılımın kritik değeridir. İçsel bağımlılık tespitinde  $\alpha=0,05$  alınmaktadır. Anlamlılık düzeyine göre  $Z_{\alpha/2}$  değeri 1,96 olarak belirlenmiştir.

Bağımsız değişkenlerin her bir verisi, o değişkenin diğer bütün ölçülen verilerinden bağımsızdır. Bu durum hidrometeorolojik zaman serilerinin analizinde dikkate alınmalıdır. Eğer zaman serisinde pozitif serisel korelasyon tespit edilirse Mann Kendall testinin, önemli bir eğilim belirleme ihtimalini artıracaktır. Bu durum eğilimin olmadığını söyleyen  $H_0$  hipotezinin reddedilmesine yol açacaktır aslında  $H_0$  hipotezi doğrudur (Von Storch, 1995). Zaman serisinde belirlenen içsel bağımlılığı gidermek için geçmiş çalışmalarda kullanılan bazı yöntemler vardır. Bunlardan birisi de Yue, Pilon, Phinney & Cavadias (2002) tarafından önerilen Trend Free Pre Whitening (TFPW) dir. Bu çalışmada analiz edilen verilerden serisel korelasyonu arındırmak için otokorelasyonun belirlendiği verilere TFPW yaklaşımı uygulanmıştır. Verilerde içsel bağımlılığı belirlemek

için kullanılan formül ve TFPW yaklaşımı aşağıda tanımlanmıştır.

Sen (1968) tarafından önerilen yöntemle eğilimin eğimi Q bulunur. Eğer eğim sifıra eşit ise o zaman eğilim analizini yapmaya gerek yoktur. Eğer sıfırdan farklı ise eğilimin lineer olduğu kabul edilir ve zaman serisinin verilerinden eğim Denklem (6) ile arındırılır (Yılmaz, 2019).

$$X^l_t = X_t - T_t = X_t - Q_t \quad (6)$$

Arındırılmış  $X^l_t$  serisinin lag-1 serisel korelasyon katsayısı  $r_1$  Denklem (4) kullanılarak hesaplanır ve sonra AR(1),  $X^l_t$  'den Denklem (7) ile arındırılır. Belirlenen eğilim  $T_t$  ve kalan seri  $Y_t$  Denklem (8)'de görüldüğü gibi toplanır. Artık  $Y_t$  serisi otokorelasyondan etkilenmez ve elde edilen  $Y_t$  serisine Mann-Kendall yöntemi uygulanır.

$$Y^l_t = X^l_t - r_1 X^l_{t-1} \quad (7)$$

$$Y_t = Y^l_t + T_t \quad (8)$$

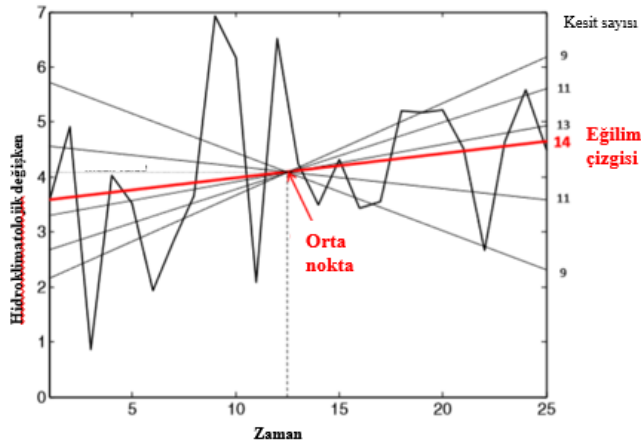
Bu çalışmada analizi yapılan YAMA verilerine Mann-Kendall yönteminden önce içsel bağımlılığı ölçmek için otokorelasyon analizleri yapılmış,  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunan içsel bağımlılık için veri setlerine Yue vd. (2002) tarafından önerilen TFPW yöntemi uygulanmıştır. Uygulamadan sonra elde edilen yeni verilere Mann-Kendall yöntemi uygulanarak eğilim analizleri gerçekleştirilmiştir.

### 2.2.2. Şen'in Geçiş (Crossing) Eğilim Yöntemi

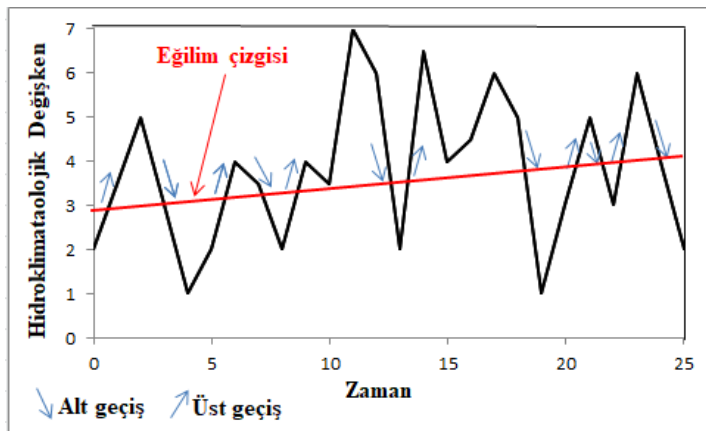


Şen (2018) tarafından geliştirilen Geçiş (Crossing) Eğilim yöntemi en yeni eğilim analizi yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, zaman serisinin geçiş özelliklerine bağlıdır. Bu yöntemde, Şen (2012) tarafından ortaya atılan Yenilikçi Eğilim yöntemi gibi serinin bağımlı ya da bağımsız olması önemli değildir. Yöntemde ilk başta grafik üzerinde, x ekseninde zaman değerleri, y ekseninde gözlem değerleri olmak üzere zaman serisi çizilir. Çizilen grafikte gözlem değerlerinin ortalaması ve ortanca yıl

işaretlenerek zaman serisinin orta noktası bulunur (Şekil 2). Bulunan orta noktadan geçmek şartı ile artı ve eksi yönlü birden çok eğim çizgisi çizilir. Bu yöntemde göre en uygun eğilim çizgisi, grafik üzerinde çizilen zaman serisinin merkezinden geçen ve grafiği en fazla noktada kesen eğim çizgisidir. Seçilen eğilim çizgisinin zaman serisini kestiği üst geçiş ve alt geçiş sayısı bulunur (Şekil 3). Test istatistiği olan C katsayısı alt ve üst geçişlerin ortalamasıdır.



Şekil 2. Zaman serisinin orta noktasının bulunması ve eğilim çizgisi (Şen, 2018)



Şekil 3. Şen'in Geçiş Eğilim yönteminde alt ve üst geçişlerin bulunması

C geçiş sayısının güven sınırlarını bulmak için önce geçiş sayısının ortalamasını ve varyansını bulmak gerekir. Şen (1991) tarafından önerilen yaklaşıma göre ortalama Denklem (9) ile bulunur. Denklem (9)'da n gözlem sayısı ve p geçiş seviyesidir ve en büyük geçiş sayısı için p= 0,5 alınır ve Denklem (10) elde edilir.

$$E(N_u) = np(1 - p) \quad (9)$$

$$E(N_u) = n * 0,5 * (1 - 0,5) = 0,25n \quad (10)$$

Geçiş sayısının varyansı ise Denklem (11) ile hesaplanır. Yine p=0,5 ve E(Nu) yerine konulursa Denklem (12) elde edilir. C sayısının güven sınırlarını bulmak içinse normal dağılımdaki standart normal değişken formülü Denklem (13) kullanılır. Burada x standart normal dağılıma sahip değişken,  $\bar{x}$  ortalama,  $S_x$  standart sapma ve Z de standart normal değişken değeridir.  $S_x = \sqrt{Var_x}$  olduğu bilinmektedir. Buradan güven sınırları Denklem (14) yardımıyla bulunur. C geçiş sayısı alt ve üst sınırların arasında kalırsa bu seride eğilim olmadığı, aksi takdirde eğilim olduğu kabul edilir. Eğilimin yönü ile ilgili olarak ise eğilim çizgisinin eğim değeri pozitif ise artan yönde, negatif ise azalan yönde eğilim vardır denir. Bu çalışmada havzanın YAMA verileri Şen'in Geçiş Eğilim yöntemi ile analiz edilmiştir.

$$V(N_u) = E(N_u)(1 - 3p + 3p^2) \quad (11)$$

$$V(N_u) = 0,25n * (1 - 3 * 0,5 + 3 * 0,5^2) = 0,0625n \quad (12)$$

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{S_x} \quad (13)$$

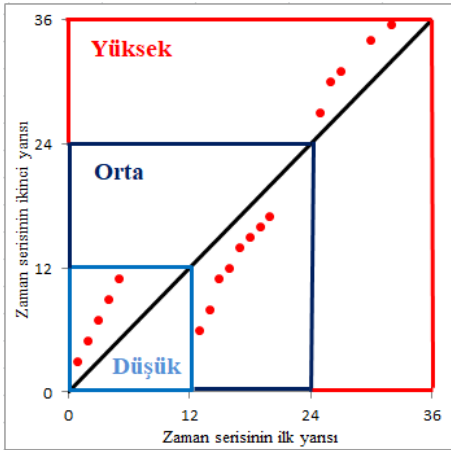
$$\pm Z = \frac{X - E(N_u)}{\sqrt{V(N_u)}} = \frac{x - 0,25n}{\sqrt{0,0625n}} \quad (14)$$

### 2.2.3. Yenilikçi Eğilim Analizi Değişim Kutuları (YEA-DK) Yöntemi

Şen tarafından 2012 yılında iklimsel yönelimleri değerlendirmek için YEA yöntemi ortaya konulmuştur (Şen, 2012). Bu yöntem, ardışık zaman grupları arasındaki değişimleri incelemeyi sağlayan bir yöntemdir. YEA yönteminde veriler ilk veriden itibaren eşit miktarda uzunlukta olacak şekilde iki ayrı veri grubuna ayrılarak, sıralı hale getirilmektedir. Daha sonra veriler ilk seri yatay ekseninde ikinci seri düşey ekseninde olacak şekilde çizilmektedir. Daha sonra 45° doğrusu çizilmekte ve işaretlenen veriler ile kıyaslama yapılmaktadır. Benzer zaman serileri yatay ve düşey eksenlere yerleştirildiğinde 1:1 (45°) doğrusu üzerine yerleşeceklerdir. Dolayısıyla ilk ve ikinci seri çiziminde veriler 1:1 (45°) doğrusu üzerinde dağılıyorsa incelenen seride herhangi bir yönelimin olmadığı anlaşılmaktadır. Bunun yanında dağılım 1:1 (45°) doğrusu üstünde dağılıyorsa artan yönde, altında dağılıyorsa azalan yönde bir yönelim söz konusu olmaktadır (Alaşan, Toprak & Şen, 2015).

YEA yöntemi'nin bir üstünlüğü de analiz edilen verileri düşükten yükseğe doğru farklı sınıflara

ayırabilmesidir (Şekil 4). Bu şekilde yapılan bir inceleme ile örneğin taşkın için önemli olan yüksek değerlerdeki veya kuraklık için önemli olan düşük değerlerdeki eğilimleri gözlemleme imkânı bulunmaktadır. İncelenen verilerin kaç farklı grupta değerlendirileceğini belirlemek için öncelikle ilk ve ikinci veri gruplarının ayrılıp saçılma diyagramlarını elde etmek ve daha sonra saçılım biçimlerine bağlı olarak bir sonuca varmak daha basit olmaktadır (Dabanlı, 2017).

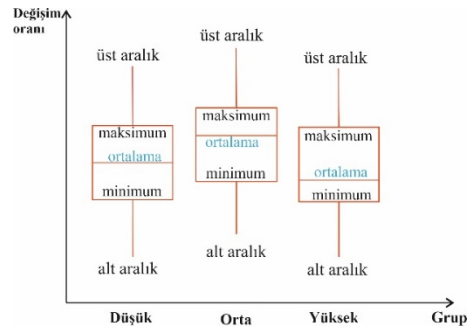


Şekil 4. YEA yönteminde verilerin sınıflandırılması

Farklı sınıflara ayrılmış verilerin eğilimindeki sayısal değişimleri göstermek amaçlı Alashan (2018) YEA-DK yöntemini önermiştir. Yöntemde düşük, orta ve yüksek değerli gruplar uzman görüşüne göre düzenlenir veya zaman içindeki değişim; düşük, orta ve yüksek değer aralıklarının belirlenmesine yardımcı olan ilk yarı zamanlı  $X$  serisi, ortalama  $\bar{X}$  ve standart sapma  $S_X$  olmak üzere üç nesnel durum ele alınır. Bu

durumlar  $X < \bar{X} - S_X$ ,  $\bar{X} - S_X < X < \bar{X} + S_X$  ve  $X > \bar{X} + S_X$  olarak sırasıyla düşük, orta ve yüksek değer aralıklarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Alashan, 2018).

Yöntemde YEA yöntemindeki ilk veri seti  $x$ , ikinci veri seti  $y$  olarak tanımlanırsa, yüzdelik değişimler  $((y_i - x_i)/x_i * 100)$  ile her grup için hesaplanır. Her grubun yüzdelik değişimleri hesaplandıktan sonra minimum, ortalama ve maksimum yüzdelik değişim değerleri her grup için kutu grafiğine aktarılır (Şekil 5). Bu çalışmada havzanın YAMA verileri YEA-DK ile analiz edilmiştir.



Şekil 5. Yüzdelik değişimlerin kutu grafiği

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. İçsel Bağımlılığının Tespiti ve Otokorelasyon Analizlerinin Bulguları

Bu kısımda, Tablo 2'de gösterildiği gibi istasyonların YAMA verileri için otokorelasyon katsayıları hesaplanmış olup %95 güven seviyesinde bağımlılık tespit edilen verilerin içsel bağımlılığını gidermek için önceki bölümde anlatılan TFPW yöntemi uygulanmış ve daha sonrasında

Mann-Kendall yönteminin uygulamasına geçilmiştir. Tablo 2'ye göre içsel bağımlılık sadece D22A007

istasyonundan elde edilmiştir ve bu istasyon ait verilerdeki içsel bağımlılık TFPW yöntemi ile giderilmiştir.

**Tablo 2.** AĞI'lere ait YAMA değerleri için otokorelasyon katsayıları

İstasyon No	Parametre	Veri Sayısı	$(1,96)/(\sqrt{N})$	Otokorelasyon Katsayısı ( $r_{1\alpha}$ )	İçsel Bağımlılık (Var/Yok)
E22A002		52	0,2718	-0,0273	Yok
D22A006		52	0,2718	-0,0153	Yok
D22A007		48	0,2829	0,3879	<b>Var</b>
E22A015		54	0,2667	-0,0546	Yok
E22A013		38	0,3180	-0,0882	Yok
E22A018		46	0,2890	0,1041	Yok
E22A028		50	0,2772	-0,1149	Yok
E22A032	Yıllık Anlık	52	0,2718	-0,0670	Yok
E22A033	Maksimum	54	0,2667	0,0331	Yok
E22A038	Akım	50	0,2772	-0,0338	Yok
E22A045		50	0,2772	0,0181	Yok
E22A047		50	0,2772	-0,0406	Yok
D22A052		32	0,3465	0,0049	Yok
D22A040		32	0,3465	-0,0950	Yok
D22A062		30	0,3578	0,2888	Yok
D22A063		38	0,3180	-0,0631	Yok
D22A082		36	0,3267	0,0389	Yok

### 3.2. Eğilim Analizlerine Ait Bulgular

#### 3.2.1. Mann-Kendall Yöntemine Ait Bulgular

YAMA değerleri için Mann-Kendall yöntemine ait bulgular Tablo 3'te verilmektedir. Tablo incelendiğinde, dört istasyon haricinde tüm istasyonlarda hesaplanan Z değerinin mutlak değeri %95 güven seviyesi için kritik değer olan 1,96'dan küçük olduğu için H0 hipotezi kabul edilmiş ve bu istasyonlarda eğilime rastlanılmamıştır. Diğer dört istasyonda ise H0 hipotezi

reddedilmiş, yani eğilim tespit edilmiştir. Bu eğilimler E22A028, D22A040, D22A062 istasyonlarında artan yönde iken E22A018 istasyonunda da azalan yönde olduğu görülmüştür.

#### 3.2.2. Yenilikçi Eğilim Analizi-Değişim Kutuları Yöntemine Ait Bulgular

Bu yöntemde YEA ile verilerin önce saçılma grafikleri çizilmiş daha sonra veriler düşük, orta ve yüksek değerler

**Tablo 3.** Mann-Kendall yöntemine ait bulgular

İstasyon No	Parametre	Mann-Kendall Test İstatistiği	Hesaplanan Z değeri	H <sub>0</sub>	Eğilim ve yönü
E22A002		37	0,2841	Kabul	Eğilim yok
D22A006		231	1,8155	Kabul	Eğilim yok
D22A007		9	0,0734	Kabul	Eğilim yok
E22A015		-203	-1,5074	Kabul	Eğilim yok
E22A013		-83	-1,0319	Kabul	Eğilim yok
E22A018		-305	-2,8801	Ret	<b>Azalan yönde eğilim</b>
E22A028		315	2,6267	Ret	<b>Artan yönde eğilim</b>
E22A032	Yıllık	137	1,0737	Kabul	Eğilim yok
E22A033	Anlık	-34	-0,2463	Kabul	Eğilim yok
E22A038	Maksimum Akım	-74	-0,6108	Kabul	Eğilim yok
E22A045		-42	-0,3430	Kabul	Eğilim yok
E22A047		-137	-1,1376	Kabul	Eğilim yok
D22A052		-113	-1,8170	Kabul	Eğilim yok
D22A040		179	2,8877	Ret	<b>Artan yönde eğilim</b>
D22A062		203	3,6050	Ret	<b>Artan yönde eğilim</b>
D22A063		144	1,7983	Kabul	Eğilim yok
D22A082		-22	-0,2861	Kabul	Eğilim yok

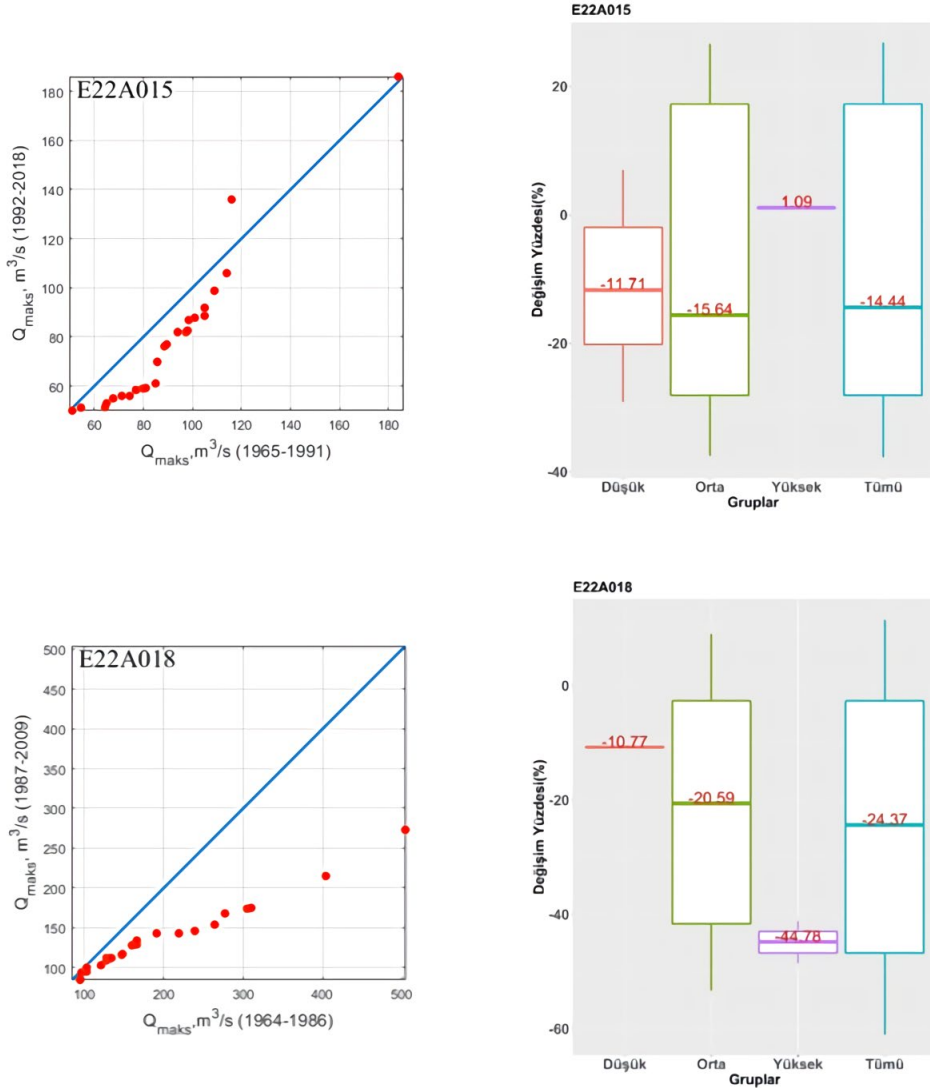
olarak her bir veri seti için sınıflandırılmıştır. Şekillerdeki yatay ve düşey eksenler sınıflandırmaya uygun olacak biçimde üç kısım şeklinde ayarlanmıştır. Daha sonra YEA-DK yöntemi ile farklı sınıflara ayrılmış verilerin eğilimindeki sayısal değişimleri göstermek için yüzdelik değişimler her grup için hesaplanmış ardından minimum, ortalama ve maksimum yüzdelik değişim değerleri her grup için kutu grafiğine aktarılmıştır. Örnek olarak E22A015 ve

E22A018 istasyonları için YEA-DK grafikleri Şekil 6'da gösterilmektedir. YAMA değerleri eğilim durumlarının verilerin düşük, orta ve yüksek olarak sınıflandırıldığı ve yüzdelik değişimlerinin belirlendiği bulgular Tablo 4'te görülmektedir. Düşük değerlerde istasyonların %41,18'inde artış ve %58,82'sinde azalış eğilimi görülmektedir. Orta değerlerde ise istasyonların %35,29'unda artış ve %64,71'inde azalış eğilimi görülmektedir. Son olarak yüksek değerlerde istasyonların %35,29'unda

artış ve %64,71’inde azalış eğilimi görülmüştür.

Tablo 4’e bakıldığında tüm istasyonlardaki düşük, orta ve yüksek değerler birlikte değerlendirildiğinde %63 oranında bir azalma, %37 oranında ise artış eğilimi ortaya çıkmıştır. Tüm istasyonların değişim

oranlarına bakıldığında; düşük değerler için en büyük azalma değeri %49 iken en büyük artış değeri %113, orta değerler için en büyük azalma değeri %26 iken en büyük artış değeri %68, yüksek değerler için en büyük azalma değeri %72 iken en büyük artış değeri %68 olarak gözlenmiştir.



Şekil 6. E22A015 ve E22A018 istasyonları için YEA-DK grafikleri

**Tablo 4.** YEA-DK yöntemine göre YAMA değerlerinin sınıflandırılması ve yüzdelik değişim değerleri

İstasyon	Veri Aralığı	Değişim Oranı (%)			Eğilim
		Min	Orta	Maks	
E22A002	Düşük	-48,97	-48,97	-48,97	▼
	Orta	-35,36	-2,68	10,98	▼
	Yüksek	9,89	10,63	33,85	▲
D22A006	Düşük	23,46	23,46	23,46	▲
	Orta	15,96	33,50	64,75	▲
	Yüksek	-57,43	-57,43	-57,43	▼
D22A007	Düşük	4,38	14,76	23,08	▲
	Orta	-15,48	-7,02	4,76	▼
	Yüksek	-31,80	-28,15	-24,95	▼
E22A015	Düşük	-20,19	-11,71	-1,96	▼
	Orta	-28,12	-15,64	17,24	▼
	Yüksek	1,09	1,09	1,09	▲
E22A013	Düşük	-3,49	6,07	15,64	▲
	Orta	-36,59	-12,35	24,57	▼
	Yüksek	-56,25	-47,83	-42,70	▼
E22A018	Düşük	-10,77	-10,77	-10,77	▼
	Orta	-41,67	-20,59	-2,70	▼
	Yüksek	-46,78	-44,78	-42,95	▼
E22A028	Düşük	82,67	113,43	129,55	▲
	Orta	33,14	61,25	134,63	▲
	Yüksek	23,20	67,74	165,81	▲
E22A032	Düşük	5,71	5,71	5,71	▲
	Orta	-5,09	3,75	14,02	▲
	Yüksek	-54,29	-48,19	-42,09	▼
E22A033	Düşük	-22,62	-3,81	5,56	▼
	Orta	-7,76	-1,80	7,83	▼
	Yüksek	-3,03	2,70	11,76	▲
E22A038	Düşük	-70,66	-30,47	-10,68	▲
	Orta	-20,21	-3,80	27,00	▼
	Yüksek	-26,96	-24,52	-20,89	▼
E22A045	Düşük	-42,57	-23,46	-8,32	▼
	Orta	-20,47	-8,87	29,74	▼
	Yüksek	2,19	25,14	65,55	▲
E22A047	Düşük	-24,21	-19,30	-12,41	▼
	Orta	-43,88	-25,51	-9,18	▼
	Yüksek	-39,30	-37,60	-34,90	▼

Tablo 4. Devamı

İstasyon	Veri Aralığı	Değişim Oranı (%)			Eğilim
		Min	Orta	Maks	
D22A052	Düşük	-21,74	-15,21	-10,57	▼
	Orta	-21,19	-17,49	-6,12	▼
	Yüksek	-20,00	-4,70	23,61	▼
D22A040	Düşük	-42,05	-7,69	26,67	▼
	Orta	49,72	67,95	96,92	▲
	Yüksek	-71,56	-71,56	-71,56	▼
D22A062	Düşük	35,45	35,45	35,45	▲
	Orta	32,17	37,53	45,45	▲
	Yüksek	41,91	48,10	59,52	▲
D22A063	Düşük	58,00	58,00	58,00	▲
	Orta	-11,11	9,12	22,71	▲
	Yüksek	-42,73	-36,36	-30,00	▼
D22A082	Düşük	-23,15	-23,15	-23,15	▼
	Orta	-23,11	2,07	29,19	▲
	Yüksek	-60,70	-60,70	-60,70	▼

▲ : Artan yönde eğilim  
▼ : Azalan yönde eğilim

### 3.2.3. Şen'in Geçiş Eğilim Yöntemine Ait Bulgular

Şen'in Geçiş Eğilim yöntemine göre C geçiş sayıları ve eğilim durumları Tablo 5'te sunulmaktadır. Tablo incelendiğinde tüm istasyonlarda C geçiş sayıları güven sınırlarının arasında kaldığı için hiçbir istasyonda eğilime rastlanılmadığı görülmektedir.

### 3.3. Eğilim Yöntemleri Bulgularının Karşılaştırılması

Mann-Kendall, YEA-DK ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemlerine ait YAMA değerlerinin eğilim analizi sonuçları bir arada Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6 incelendiğinde üç yöntemin

genellikle birbirinden farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Mann-Kendall yöntemine göre eğilim bulunan dört istasyonun sonuçları YEA-DK yönteminde sınıflandırma yapılmadan elde edilen sonuçlarla uyum göstermiştir. Ayrıca E22A032 numaralı istasyonda YEA-DK yönteminde yine sınıflandırma yapılmadan verilerin tümü analiz edildiğinde ortalama değişim yüzdesi 1'den küçük olduğundan eğilime rastlanmamıştır bu sebeple bu istasyon için üç yöntem de aynı sonucu vermiştir. Mann-Kendall ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemlerinin YEA-DK yöntemine göre eğilim tespit etme oranları çok düşük çıkmıştır.



**Tablo 5.** YAMA değerlerinin C geçiş sayıları, %95 güven seviyesi için sınır değerler ve eğilim durumları

İstasyon No	Parametre	Veri Aralığı	Alt Limit	C	Üst Limit	Eğilim
E22A002		52	9,4666	13	16,5334	<b>Eğilim Yok</b>
D22A006		52	9,4666	11,5	16,5334	<b>Eğilim Yok</b>
D22A007		48	8,6052	13	15,3948	<b>Eğilim Yok</b>
E22A015		54	9,8993	13	17,1007	<b>Eğilim Yok</b>
E22A013	Yıllık	38	6,4794	10,5	12,5206	<b>Eğilim Yok</b>
E22A018	Maksimum	46	8,1767	11	14,8233	<b>Eğilim Yok</b>
E22A028	Akım	50	9,0352	13,5	15,9648	<b>Eğilim Yok</b>
E22A032		52	9,4666	10,5	16,5334	<b>Eğilim Yok</b>
E22A033		54	9,8993	12	17,1007	<b>Eğilim Yok</b>
E22A038		50	9,0352	13	15,9648	<b>Eğilim Yok</b>
E22A045		50	9,0352	14,5	15,9648	<b>Eğilim Yok</b>
E22A047		50	9,0352	14,5	15,9648	<b>Eğilim Yok</b>
D22A052	Yıllık	32	5,2281	10	10,7719	<b>Eğilim Yok</b>
D22A040	Maksimum	32	5,2281	6,5	10,7719	<b>Eğilim Yok</b>
D22A062	Akım	30	4,8162	7,5	10,1838	<b>Eğilim Yok</b>
D22A063		38	6,4794	10,5	12,5206	<b>Eğilim Yok</b>
D22A082		36	6,0600	9	11,9400	<b>Eğilim Yok</b>

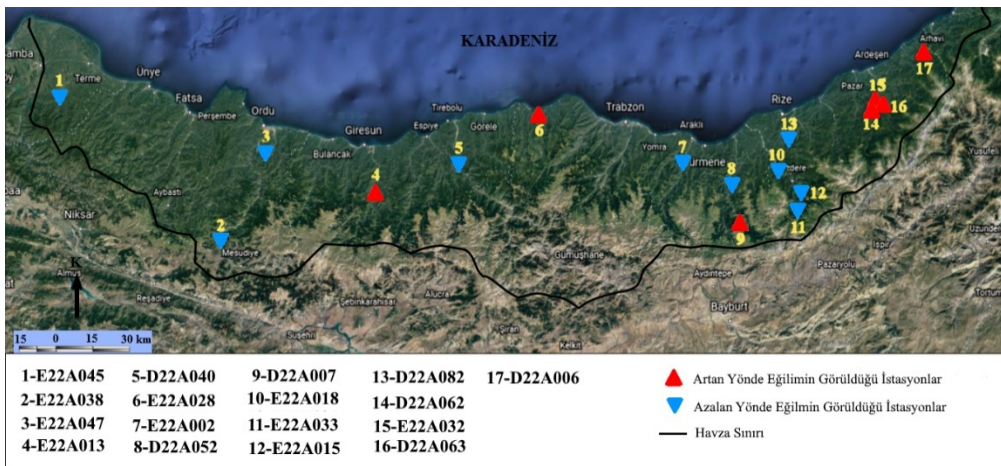
Mann-Kendall ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemleri ile elde edilen bulgular bu bölgede daha önceki çalışmaların bulguları ile çoğu istasyon için aynı sonucu vermektedir. Cıgızoğlu vd. (2004) tarafından parametrik olmayan Mann-Kendall ve parametrik t yöntemleri ile YAMA verilerine sahip istasyonlara yapılan eğilim analiz çalışmasında bu çalışmayla ortak olan E22A015 numaralı istasyonda azalan yönde eğilim, E22A028 numaralı istasyonda artan yönde eğilim görülürken E22A018 numaralı istasyonda eğilim gözlenmemiştir. Topaloğlu (2006) tarafından Mann-Kendall yöntemi ile YAMA verilerine sahip istasyonlara yapılan eğilim analiz çalışmasında bu çalışmayla

ortak olan E22A013, E22A018 ve E22A032 numaralı istasyonlarda azalan yönde eğilim gözlenirken E22A002, E22A033 ve E22A038 numaralı istasyonlarda artan yönde eğilim gözlenmiştir. Altınışık (2015) tarafından Mann-Kendall yöntemi ile yaklaşık 50 YAMA verilerine sahip istasyonlara yapılan eğilim analiz çalışmasında bu çalışmayla ortak olan E22A013, E22A015 ve E22A028 numaralı istasyonlarda eğilim gözlenirken, E22A002, E22A018, E22A032, E22A033, E22A038, E22A045 ve E22A047 numaralı istasyonlarda eğilim gözlenmemiştir. Yılmaz (2019) tarafından Mann-Kendall ve Sperman'ın Rho yöntemleri ile genel olarak 2014 yılından geriye doğru 42-

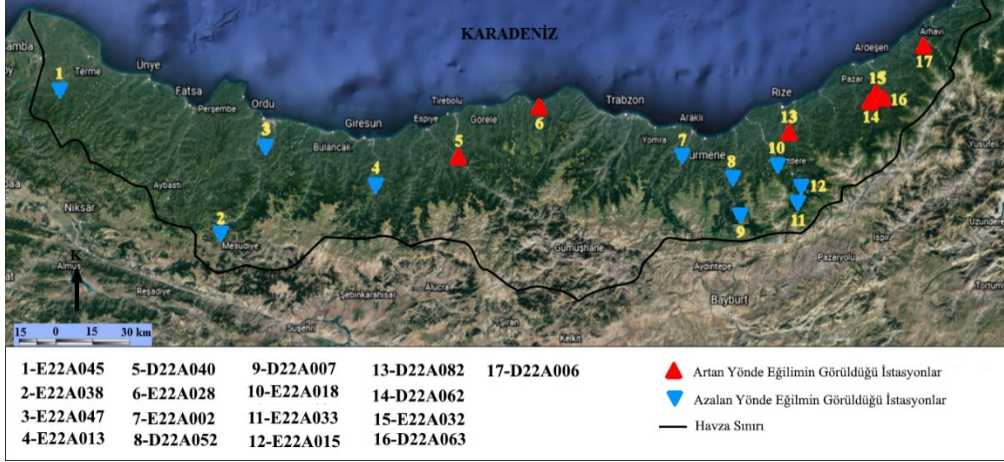
50 yıllık YAMA verilerine sahip istasyonlara yapılan eğilim analiz çalışmasında bu çalışmayla ortak olan E22A018 ve E22A047 numaralı istasyonlarda azalan yönde eğilim görülürken E22A002, E22A013, E22A015, E22A032, E22A033, E22A038 ve E22A045 numaralı istasyonlarda eğilim gözlenmemiştir.

Bu çalışma ve daha önce bu bölgede yapılan dört çalışma karşılaştırıldığında eğilimler benzer tespit edilmiştir. Bazı istasyonlar için tespit edilen eğilimler uyum göstermemektedir. Bunun nedeninin çalışılan verilerin uzunluğu ve aralığının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. YEA-DK yöntemlerinin eğilim yönleri bölgenin değişik bölgelerindeki eğilim farklılıklarını tespit etmek için Şekil 7-9'da farklı veri sınıfları için harita üzerinde gösterilmiştir. YEA-DK yöntemine göre farklı sınıflar için değişik eğilimlerin ortaya çıktığı Tablo 6'dan ve Şekil 7-9'dan net bir şekilde görülmektedir. YEA-DK yönteminin

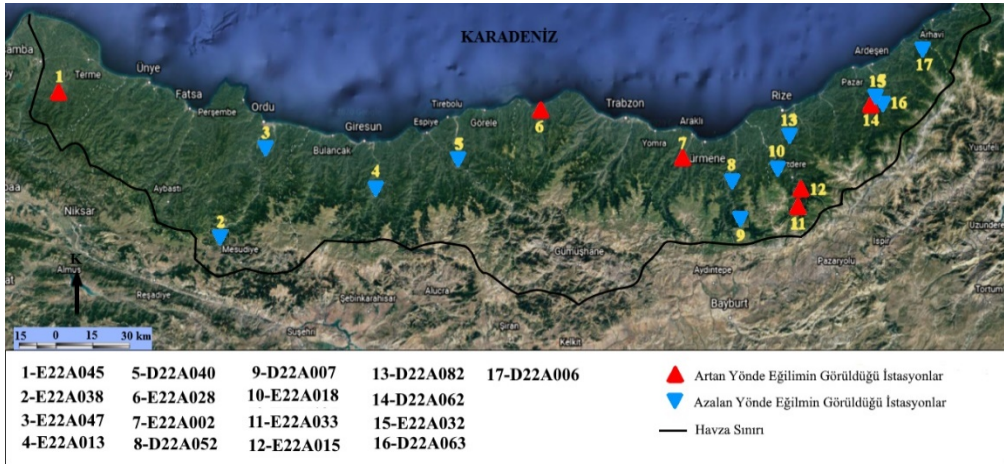
düşük ve orta değerlerinde Rize il merkezinin doğusunda (Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesi) bulunan istasyonlardaki değerlerde artış eğilimi görülürken, Trabzon ve Rize il merkezleri arasında bulunan hattaki istasyonlara ait değerlerde azalma eğilimi görülmüştür. YEA-DK yönteminde YAMA'ya ait yüksek sınıftaki değerlerin büyük taşkın olaylarına yol açabileceği düşünüldüğünde, bu değerler değişimi büyük önem arz etmektedir. Akım istasyonlarının YEA-DK yönteminin yüksek değerlerine göre eğilim yönlerinin verildiği Şekil 9 detaylı bir şekilde incelendiğinde, havzada 11 istasyonda yüksek değerlerde azalma eğilimi görülürken 6 istasyonda artma eğilimi görülmüştür. Düşük ve orta değerlerde Rize'nin doğusunda bulunan istasyonlara ait değerlerdeki artış eğilimi, yüksek değerlerde azalma eğilimi şeklinde ortaya çıkmıştır.



Şekil 7. Akım istasyonlarının YEA-DK yönteminin düşük değerlerine göre eğilimin yönleri



Şekil 8. Akım istasyonlarının YEA-DK yönteminin orta değerlerine göre eğilimin yönleri



Şekil 9. Akım istasyonlarının YEA-DK yönteminin yüksek değerlerine göre eğilimin yönleri




#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada veri uzunluğu 30 yılın üzerinde olan ve Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan 17 adet Akım Gözlem İstasyonuna ait YAMA verilerine Mann-Kendall, Yenilikçi Eğilim Analizi-Değişim Kutuları (YEA-DK) ve Şen'in Geçiş Eğilimi yöntemleri kullanılarak eğilim analizi uygulanmıştır. Mann-Kendall

yöntemini uygulamadan önce verilerdeki içsel bağımlılık ölçülmüş ve içsel bağımlılık bulunan veriler TFPW yöntemi ile arındırılmıştır. Mann-Kendall eğilim testi sonucuna göre 3 istasyonun YAMA verilerinde istatistiksel olarak azalan yönde eğilim görülürken, 1 istasyonda artan yönde eğilim görülmektedir.

**Tablo 6.** Mann-Kendall, Şen'in Geçiş Eğilimi ve YEA-DK yöntemlerine ait eğilim sonuçları

İstasyon No	Mann-Kendall	Şen'in Geçiş Eğilimi	YEA-DK			Tümü
			Düşük	Orta	Yüksek	
E22A002	—	—	▼	▼	▲	▼
D22A006	—	—	▲	▲	▼	▲
D22A007	—	—	▲	▼	▼	▼
E22A015	—	—	▼	▼	▲	▼
E22A013	—	—	▲	▼	▼	▼
E22A018	▼	—	▼	▼	▼	▼
E22A028	▲	—	▲	▲	▲	▲
E22A032	—	—	▲	▲	▼	—
E22A033	—	—	▼	▼	▲	▼
E22A038	—	—	▼	▼	▼	▼
E22A045	—	—	▼	▼	▲	▼
E22A047	—	—	▼	▼	▼	▼
D22A052	—	—	▼	▼	▼	▼
D22A040	▲	—	▼	▲	▼	▲
D22A062	▲	—	▲	▲	▲	▲
D22A063	—	—	▲	▲	▼	▲
D22A082	—	—	▼	▲	▼	▼

 : Artan yönde eğilim  
 : Azalan yönde eğilim  
 : Eğilim yok

Şen'in Geçiş Eğilimi testi sonucuna göre ise hiçbir istasyonda eğilim görülmemektedir. Bu sonuçların bu bölgede yapılan eski çalışmalar ile çoğu istasyon için uyumlu olduğu görülmüştür. YEA-DK yönteminde ortalama değişim yüzdeleri dikkate alındığında düşük ve orta değerler için istasyonların %41'inde artan, %59'unda ise azalan eğilimler tespit edilmiştir. Yüksek değerlerde ise artan ve azalan eğilim bulunan istasyon yüzdeleri sırasıyla %35 ve %65'tir. Rize il merkezinin doğusunda bulunan istasyonlarda yüksek değerler dışında artış eğilimi ortaya çıkmıştır. Bunun yanında Trabzon il

merkezi ile Rize il merkezinin bulunduğu hatta tüm veri sınıfları için genellikle azalma eğilimi görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen çıktılardan önceki çalışmalardan alınan sonuçlarla tam olarak uyuşmama sebebinin veri aralıklarının farklı olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu çalışma neticesinde Şen'in Geçiş Eğilim yöntemi, havzada analizi yapılan istasyonların hiç birinde eğilim tespit etmeyen tek yöntem olmuştur. YEA-DK yönteminden elde edilen sonuçlar dikkate alındığında ise yöntemin eğilim tespit etme duyarlılığının diğer iki yönteme göre çok daha yüksek

olduğu görülmektedir. Bu yöntemin farklı veri sınıfları için analiz yapıyor olması özellikle maksimum akımlarda taşkınlar gibi önemli olaylar konusunda bilgi sahibi olma imkanı sunmuştur. Bu sebeple özellikle iklim değişikliğine hassas bölgelerde hidrometeorolojik parametrelerin farklı sınıflar için analiz imkanı sunan yöntemlerle incelenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Maksimum akımlarda artma eğilimi görülen bölgelerde iklim değişiminin ortaya konması adına ileriye dönük yağış tahminlerinin yapılp daha sonra gelişmiş havza modelleri ile akımların tahmin edilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

## 5. Kaynaklar

- Akçay, F. (2018). *Doğu Karadeniz havzası aylık ve yıllık ortalama akımlarının eğilim (trend) analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Alashan, S., Toprak Z.F. & Şen, Z. (2015). İklim değişikliğinin Murat Nehri su gücü potansiyeline etkisi. 4. Su Yapıları Sempozyumu Bildirileri. Antalya, Türkiye.
- Alashan, S. (2018). An improved version of innovative trend analyses, *Arabian Journal of Geosciences*, 11(3), 50. doi: 10.1007/s12517-018-3393-x
- Altınışık, U. (2015). *Doğu Karadeniz havzası akımlarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Anılan, T., Yüksek, Ö. & Kankal, M. (2016). Doğu Karadeniz Havzası'nın L-momentlere dayalı taşkın frekans analizi, *İMO Teknik Dergi*, 27(2), 7403-7427.
- Ay, M. & Kişi, Ö. (2017). Kızılırmak nehrinde bazı istasyonlardaki akımların trend analizi, *İMO Teknik Dergi*, 28(2), 7779-7794.
- Bayazıt, M., Cıgızoğlu K. & Önöz, B. (2002). Türkiye akarsularında trend analizi, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 420-422, 8-10. doi: 10.1175/JHM412.1
- Büyükkaraciğan, N. & Kahya, E. (2009). Konya Havzası akarsuları yıllık pik akım serilerinin taşkın frekans analizi, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 8(3), 246-261.
- Cebe, E. N. (2007). *Türkiye akarsularında mevsimsel trend analizi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Cıgızoğlu H. K., Bayazıt, M. & Önöz, B. (2004). Trends in the maximum, mean and low flows of turkish rivers, *Journal of Hydrometeorology*, 6(3), 280-290. doi: 10.1175/JHM412.1
- Çeribaşı, G. & Doğan, E. (2015). Karadeniz ve Sakarya Havzalarında yıllık ortalama yağışların trend analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 7(1), 1-7.
- Dabanlı, İ., Şen, Z., Yeleşen, M. Ö., Şişman, E., Selek, B. & Güçlü, Y. S. (2016). Trend assessment by the innovative-Şen method, *Water Resources Management*, 30(14), 5193-5203. doi: 10.1007/s11269-016-1478-4
- Dabanlı, İ. (2017). *Türkiye'de iklim değişikliğinin yağış-sıcaklığa etkisi ve kuraklık analizi: Akarçay örneği*. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Doğan, E., Çeribaşı, G. & Akkaya, U. (2016). Barajların nehir akımı rejimine olan etkilerinin trend analizi yöntemi ile araştırılması: Sakarya Nehri örneği, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 50-55.
- Douglas, E. M., Vogel, R. M. & Kroll, C. N. (2000). Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation, *Journal of Hydrology*, 240(1-2), 90-105. doi: 10.1016/S0022-1694(00)00336-X

- Elmalı M. (2019). *Türkiye akarsu havzalarındaki yıllık ortalama akımların trend analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.
- Kankal, M. & Akçay, F. (2019). Trabzon ili yağışlarının eğilim analizi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 318-331.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. London: Griffin.
- Mann, H. B. (1945). Non-parametric tests against trend, *The Econometric Society*, 13(3), 245-259. doi: 10.2307/1907187
- Satılmış, U. (2015). *Değirmendere havzası (Trabzon) yerüstü su kalitesinin mekana ve zamana bağlı değişiminin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau, *Journal of American Statistical Association*, 39, 1379-1389. doi: 10.2307/2285891
- Şen, Z. (1991). Probabilistic modelling of crossing in small samples and application of runs to hydrology, *Journal of Hydrology*, 124(3-4), 345-362. doi: 10.1016/0022-1694(91)90023-B
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046. doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000556
- Şen, Z. (2017). *Innovative trend methodologies in science and engineering*. Berlin: Springer International Publishing.
- Şen, Z. (2018). Crossing trend analysis methodology and application for Turkish rainfall records, *Theoretical and Applied Climatology*, 131, 285-293. doi: 10.1007/s00704-016-1980-x
- Topaloğlu, F. (2006). Trend detection of streamflow variables in Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(7), 644-653.
- Von Storch, H. & Navarra, A. (1995). *Analysis of climate variability*. New York: Springer.
- Yılmaz M. (2019). *Türkiye akarsu havzalarındaki yıllık anlık maksimum akımların trend analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. & Cavadias, G. (2002). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series, *Hydrological Processes*, 16, 1807-1829. doi: 10.1002/hyp.1095
- Yüksek, Ö., Kankal, M. & Üçüncü, O. (2013). Assessment of big floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(1), 797-814. doi: 10.1007/s10661-012-2592-2