



# HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

*HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING*

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/humder>

## Artvin ve Rize İstasyonlarına ait Aylık Toplam Yağış Verilerinin Trendinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi

*Assessing the Monthly Total Rainfall Trends at Artvin and Rize Stations using Different Methods*

**Yazar(lar) (Author(s)):** Veysel GÜMÜŞ<sup>1</sup>, Oğuz ŞİMŞEK<sup>2</sup>, Muhammed Kürşad AÇAR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ORCID ID: 0000-0003-2321-9526

<sup>2</sup> ORCID ID: 0000-0001-6324-0229

<sup>3</sup> ORCID ID: 0000-0002-9315-7714

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Gümüş V., Şimşek O., Açar M. K., "Artvin ve Rize İstasyonlarına ait Aylık Toplam Yağış Verilerinin Trendinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi", *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7(3): 204-216, (2022).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.org.tr/humder/archive>



## Artvin ve Rize İstasyonlarına ait Aylık Toplam Yağış Verilerinin Trendinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi

Veysel GÜMÜŞ<sup>1</sup>, Oğuz ŞİMŞEK<sup>1,\*</sup>, Muhammed Kürşad AÇAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 63290, Haliliye/ŞANLIURFA

### Öz

Artan sera gazı emisyonuna paralel olarak küresel sıcaklık ortalaması da günden güne artmaktadır. Sıcaklıkta meydana gelen değişimler, başta yağış olmak üzere diğer iklim parametrelerinde değişikliklere neden olmaktadır. Su kaynakları ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir olmasında yağışta meydana gelen değişimin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Rize ve Artvin istasyonlarında 1970-2021 yılları arasında elde edilen aylık ortalama yağış değerlerinde meydana gelen değişimin trendi değerlendirilmiştir. Parametrik olmayan Mann-Kendall (MK) ve Spearman Rho (SR) yöntemlerinin yanı sıra, Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi (ITST) ve Yenilikçi Poligon Trend Analizi (IPTA) yöntemleri ile trend analizi yapılmış ve Sen'in eğim yöntemi kullanılarak trend eğimi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, Rize ve Artvin istasyonlarında MK ve SR yöntemleriyle elde edilen sonuçların benzer olduğu ve iki istasyonda da birbirleriyle uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca, bu yöntemlerle yapılan analizler sonucunda ise Rize istasyonunda herhangi bir ayda istatistiksel olarak anlamlı artan veya azalan trend belirlenmezken, Artvin istasyonunda ise sadece iki ayda istatistiksel olarak anlamlı artan ve azalan trend belirlenmiştir. ITST ve IPTA yöntemleri sonucunda ise MK ve SR yöntemlerine kıyasla daha fazla ayda anlamlı trend elde edilmiştir. Sen'in eğim metodu sonuçlarına göre trendlerin çoğunun artan yönde olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, IPTA ve ITST yöntemlerinin, MK ve SR yöntemlerine kıyasla trend belirlemede daha hassas olduğu değerlendirilmiştir.

### Makale Bilgisi

Başvuru: 20/10/2022  
Yayın: 30/12/2022

### Anahtar Kelimeler

Aylık toplam yağış  
Doğu Karadeniz Bölgesi  
Trend Analizi Yöntemleri  
Sen'in Eğim Metodu

### Keywords

Monthly Total Precipitation  
Eastern Black Sea Region  
Trend Analysis Methods  
Sen's Slope Method

## Assessing the Monthly Total Rainfall Trends at Artvin and Rize Stations using Different Methods

### Abstract

In parallel with the increasing greenhouse gas emissions, the global temperature average is increasing day by day. The change in temperature causes changes in other climatic parameters, especially precipitation. It is very important to determine the change in precipitation for the sustainability of water resources and agricultural activities. In this study, the trend of change in monthly average precipitation values obtained between 1970-2021 at Rize and Artvin stations in the Eastern Black Sea Region was evaluated. In addition to non-parametric Mann-Kendall (MK) and Spearman Rho (SR) methods, trend analysis was performed with Innovative Trend Significance Test (ITST) and Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) methods, and the trend slope was determined using Sen's slope method. As a result of the study, it was seen that the results obtained by the MK and SR methods at Rize and Artvin stations were similar, and the results were compatible with each other in both stations. In addition, as a result of the analyzes made with these methods, while a statistically significant increasing or decreasing trend was not determined in any month at Rize station, a statistically significant increasing and decreasing trend was determined in only two months at Artvin station. As a result of the ITST and IPTA methods, a significant trend was obtained in more months compared to the MK and SR methods. According to Sen's slope method results, it was seen that most of the trends were in the increasing direction. As a result, IPTA and ITST methods were evaluated to be more sensitive in trend determination compared to MK and SR methods.

\*İletişim yazarı, oguzsimsek@harran.edu.tr

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda küresel iklim değişikliği ile küresel sıcaklıkta ciddi artışlar meydana gelmiştir. Sıcaklıkta bu artışların yaşanmasında artan sera gazı emisyonu oldukça etkin rol oynamaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin 6. Değerlendirme Raporunda, 2100 yılına kadar dünya üzerindeki küresel ortalama yüzey sıcaklığının yaklaşık 4.4 °C'ye kadar artabileceği bildirilmektedir [1]. Artan sıcaklık, özellikle akış, yağış ve evapotranspirasyon verileri başta olmak üzere, bölgenin diğer iklim parametrelerinde de farklılıkların yaşanmasına neden olabilecektir [2]. Yetersiz yağış, yüksek su tüketimi ve su kaynaklarının plansız kullanımı gibi su kıtlığı faktörlerinden bir veya birden fazlasının meydana gelmesi durumunda oluşan kuraklık, sosyo-ekonomik, tarımsal ve çevresel koşullar üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Bu tür istenmeyen durumların oluşmasının engellenmesi veya etkilerinin azaltılması için, bu meteorolojik verilerde meydana gelen değişimin belirlenmesi gerekmekte ve önceden gerekli tedbirlerin belirlenmesine ve alınmasına yardımcı olabilecektir.

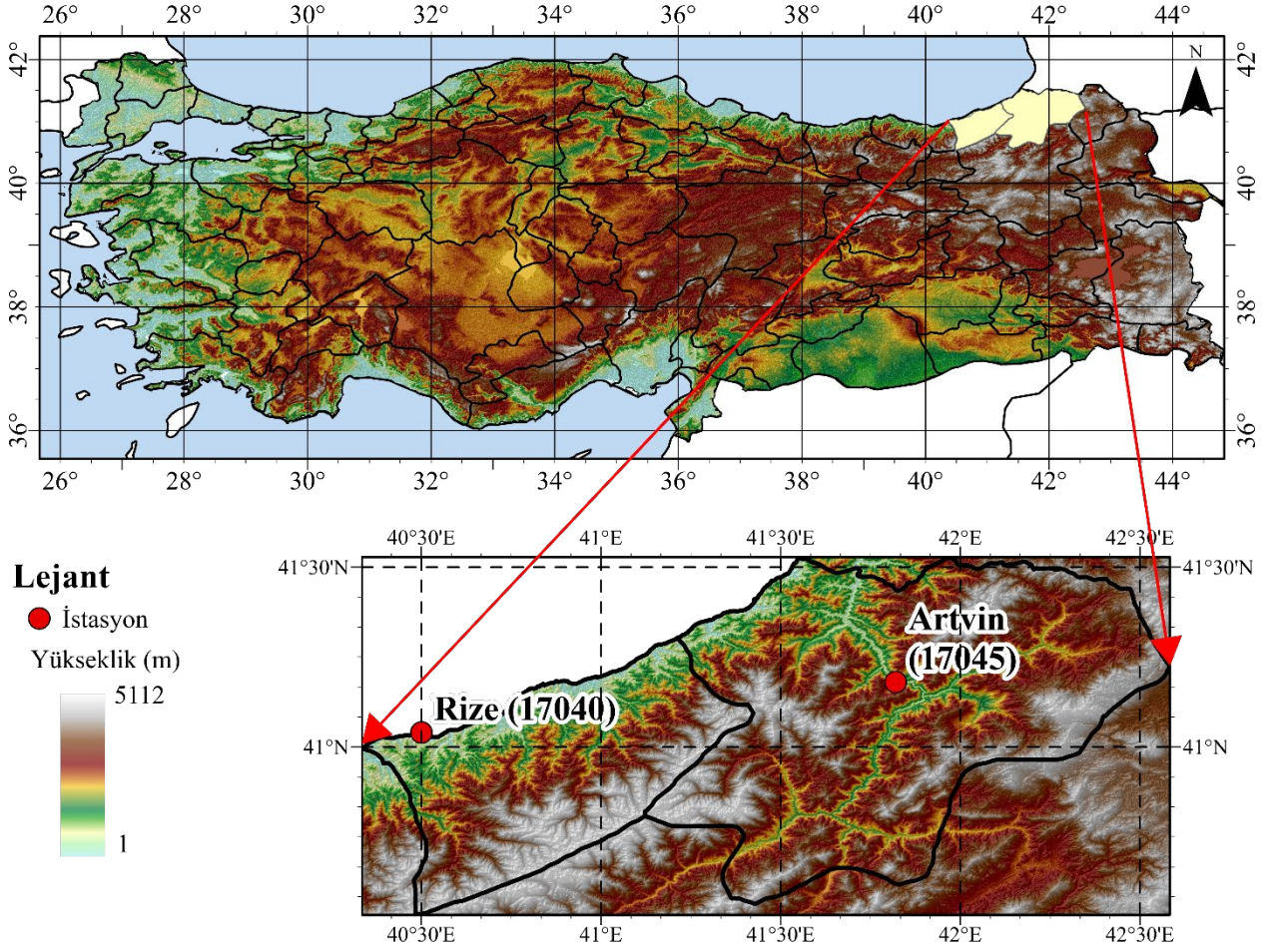
İklim değişikliğinin bölgedeki sıcaklık ve yağış parametreleri üzerindeki etkisinin araştırılması, başta güneş enerji santralleri, yağıştan beslenen akarsu akımları ve bölgede sürdürülen tarımsal faaliyetler olmak üzere birçok farklı disiplin tarafından yürütülen faaliyetlerin planlanmasında ve işletilmesinde oldukça önemli bir husustur. İklim değişikliğinin, sıcaklık ve yağış gibi meteorolojik parametrelere ait zaman serilerinin üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde trend analizi yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle, verilerin kaydedildiği belirli bir zaman aralığı için zaman serisindeki değişimin yönü ve büyüklüğü belirlenebilmektedir. Meteorolojik zaman serilerinin trendlerinin belirlenmesinde parametrik olmayan Mann Kendall testi [3, 4] yaygın kullanılan klasik bir yöntemdir [5-7]. Gadedjisso-Tossou ve ark. [8], kuzey Togo'da bulunan Kara, Niamtougou, Mango ve Dapaong hava istasyonlarında 1977-2012 yılları arasında ölçülen aylık ve yıllık yağış, minimum ve maksimum sıcaklık değerlerinin trendini MK yöntemiyle, trendin büyüklüğünü ise Sen'in eğim metoduyla belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, tüm istasyonda yağış verisinde artan trend, maksimum sıcaklık parametresinde Dapaong istasyonu hariç artan trend, minimum sıcaklık parametresinde ise Niamtougou dışında tüm istasyonlarda artma trendi olduğu görülmüştür. Nabi ve ark. [9], Himalayan havzasında bulunan üç farklı istasyonda elde edilen sıcaklık ve yağış verilerinde meydana gelen değişimi MK yöntemiyle, trendin büyüklüğünü ise Sen'in eğim metodu ile analiz etmişlerdir. Trend analizi sonuçlarından hem sıcaklığın hem de yağışın yıllık ölçekte arttığını ve bunun da buzulların erimesine, kar yağışının azalmasına ve gelecekte aşırı olayların ortaya çıkmasına neden olabileceği vurgulanmıştır. MK yöntemi, zaman serisinin dağılımından bağımsız bir şekilde uygulanabilmesi avantajına sahip iken, zaman serisinin belli bir uzunlukta olması ya da yöntem uygulanırken zaman serisinde seri korelasyon etkisinin dikkate alınması gibi dezavantajlara da sahiptir [10]. MK yönteminin yanında Spearman Rho (SR) yöntemi de parametrik olmayan bir yöntemdir ve genel olarak MK yöntemiyle karşılaştırılmakta ve sonuçların birbiriyle benzer olduğu bildirilmektedir [7, 11]. Farklı araştırmacılar tarafından çeşitli zaman serilerinin trendinin belirlenmesinde MK ve SR yöntemlerinin yanında, son yıllarda Şen [12] tarafından önerilen Yenilikçi Trend Analizi (ITA) yöntemi oldukça sık kullanılmaktadır. Bu yöntem, zaman serisindeki düşük, orta ve yüksek değerlerin değişimleri incelemekte ve zaman serisinin trendini MK yönteminden farklı bir değerlendirme imkânı sunmaktadır. Daha sonra Şen [13] tarafından, ITA sonuçlarının belli bir anlamlılık düzeyinde trend varlığının nicel olarak belirlenmesi için Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi (ITST) önerilmiştir. Birçok araştırmacı tarafından ITA ve ITST yöntemleri farklı çalışmalarda çeşitli parametrelerin trendlerinin belirlenmesinde tercih edilmiştir [14-17]. Bu trend belirleme yöntemlerinden farklı olarak Şen ve ark. [18] tarafından önerilmiş olan Yenilikçi Poligon Trend Analizi (IPTA) yöntemi ile de zaman serisinde, ardışık zaman dilimlerindeki değişimleri belirlemek mümkün olmaktadır. Bu yöntem, MK yönteminin yanında meteorolojik zaman serilerinin trendini belirlemede destekleyici yöntem olarak farklı araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir. Örneğin, Ceribasi ve Ceyhunlu [19], Türkiye'nin Susurluk havzasındaki 2006-2017 yılları arasındaki toplam aylık yağış değerlerinin trendini IPTA yöntemini kullanarak belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, düzgün poligonlar oluşmadığından yağış verilerinin yıllara göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. IPTA yöntemiyle elde edilen trend analizi sonuçlarından bölgede bazı istasyonlarda artan trend görülürken, bazılarında ise azalan trend görülmüştür. Achite ve ark. [20], Cezayir'in Wadi Sly havzasında yağış değerlerinin, Şan ve ark. [21], Vietnam'daki yağış verilerinin, Ahmed ve ark. [22] Pakista'nın Hindukush-Karakoram-Himalaya bölgesindeki aylık akım değerlerinin trendini IPTA yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Mallick ve ark. [23], Suudi Arabistan'ın Asir bölgesinde

bulunan 30 adet meteoroloji gözlem istasyonunda 1970-2017 yılları arasında kaydedilen yağış değerlerinin yıllık değişkenliklerini ve meydana gelen değişimin eğimin büyüklüğünün belirlenmesi için MK, Modifiye Mann Kendall (MMK) ve ITA yöntemlerini kullanmışlardır. Kullanılan trend yöntemlerinin sonuçları karşılaştırıldığında, ITA yönteminin diğer trend yöntemlerine kıyasla daha hassas ve başarılı olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, çalışma bölgesinde 23 istasyonda azalan yağış eğilimlerinin olduğu ve bu sonuçtan bölgede sulama iklim ve su kaynaklarının yönetimi konusunda doğru kararların alınmasına destekleyici olabileceği ifade edilmiştir. Literatürde ITA/ITST ve IPTA yöntemleri kullanılarak yapılan trend analizi çalışmaları incelendiğinde, bu yöntemlerin MK yöntemine göre daha fazla zaman serisinde trend oluşumu belirlediği bildirilmiştir [24-26]. Sonuç olarak, bu yöntemlerin MK yöntemine göre daha hassas olduğu karşılaştırılmalar sonucunda vurgulanmıştır. Bu trend analizi yöntemlerinin yanında, trendin büyüklüğünün belirlenmesinde ise Sen [27] tarafından geliştirilen Sen'in eğim (SS) metodu oldukça yaygın kullanılan bir yöntemdir [28-31]. Bu yöntem, ele alınan zaman serisinde meydana gelen değişimin niceliksel olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Karadeniz bölgesinde bulunan Rize ve Artvin meteorolojik gözlem istasyonunda 1970-2021 yılları arasında elde edilen yağış verilerinin trendi dört farklı yöntem ile analiz edilmiştir. Trend belirlemede birbirinden farklı özellik gösteren MK, SR, ITST ve IPTA yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Yağış verisindeki trendin büyüklüğünün ve yönünün belirlenmesinde ise Sen'in eğim yöntemi kullanılmıştır. Aylık olarak elde edilen trend sonuçlarıyla, Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olan Batı Karadeniz kesiminde bulunan istasyonlarda yağış parametresinde meydana gelen değişim oldukça detaylı değerlendirilmiştir.

## 2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER (STUDY AREA AND DATA)

Türkiye'nin kuzey kıyısında bulunan Karadeniz Bölgesi oldukça yüksek yağış ortalamasına sahiptir. Hatta, Karadeniz bölgesinin doğu kesimi Türkiye'nin en büyük yağış ortalamasına sahip kesimdir. Bu bölgede meydana gelen yağışlardan dolayı bölgede sıklıkla heyelanlar ve taşkınlar yaşanabilmektedir. Ayrıca, bu bölgede meydana gelen yağışın fazla olmasından dolayı oldukça büyük bütçeli ve Türkiye'nin en büyük barajlarından biri olan Yusufeli barajı bu bölgede inşa edilmiş ve 2022 yılı itibarıyla su tutmaya başlanmıştır. Bunun yanında Karadeniz Bölgesi'nin doğu kesiminde yetişen fındık, mısır ve çay gibi ürünler Türkiye'nin yıllık ihracat rakamlarında büyük oranlara sahiptir. Bu kadar yüksek ihracat rakamlarına sahip olan bölgede yağış verilerinde meydana gelecek değişiklik, sürdürülen tarımsal faaliyetleri ve bölgedeki su yapılarının işletilmesini ve planlamasını etkileyebilecektir. Bu çalışmada, Karadeniz bölgesinin doğu kesiminde yeralan Rize ve Artvin il merkezlerinde bulunan iki farklı meteoroloji gözlem istasyonunda 1970 ile 2021 yılları arasında ölçülen aylık ortalama yağış değerlerinin trendi analiz edilmiştir. Tablo 1'de trend analizi yapılan istasyonların bilgileri ve yağış parametresine ait istatistiksel bilgiler verilmiştir. Artvin istasyonu Rize istasyonundan oldukça yüksekte bulunmaktadır. Rize istasyonunda yağış parametresinde en küçük minimum değer kasımda, en büyük maksimum ve ortalama değer ekimde, Artvin istasyonunda ise en küçük minimum değer 0.9 ile ağustos ayında, en büyük maksimum değer ocak ayında, en büyük ortalama değer ise aralık ayında elde edilmiştir. Ayrıca, tabloda bulunan değerlerden tüm aylarda Rize istasyonunda elde edilen minimum, maksimum ve ortalama yağış değerlerinin Artvin istasyonunda elde edilen değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, Rize istasyonunun Artvin istasyonundan daha yağışlı olduğu söylenebilir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Tablo 1. İstasyon bilgileri ve yağış parametresine ait istatistikler

No	17040			17045		
Adı	Rize			Artvin		
Enlem	41.04			41.18		
Boylam	40.50			41.82		
Yükselti	3.00			625.00		
Ay	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.
Ocak	65.40	435.40	216.93	5.50	342.20	86.10
Şubat	38.60	476.30	170.97	6.20	214.50	70.10
Mart	37.10	253.70	147.41	15.70	142.40	60.72
Nisan	26.00	213.20	91.38	12.10	128.80	55.25
Mayıs	17.00	191.00	98.15	9.60	133.70	55.69
Haziran	40.80	260.50	137.53	13.20	125.00	49.86
Temmuz	32.80	447.30	152.93	3.30	90.90	30.89
Ağustos	12.50	421.40	191.75	0.90	71.90	30.66
Eylül	42.40	452.30	253.87	1.30	141.00	37.37
Ekim	8.40	516.60	302.50	2.30	179.60	61.49
Kasım	8.20	507.80	250.51	1.10	217.50	75.67
Aralık	52.90	506.00	243.75	12.30	224.60	91.30

### 3. YÖNTEM (METHOD)

#### 3.1 Mann-Kendall Testi

Hidro-meteorolojik zaman serilerinin trendinin belirlenmesin en sık kullanılan yöntemlerin başında Mann-Kendall (MK) testi [3, 4] gelmektedir. Non-parametrik yani veri setinin herhangi bir dağılıma uyma zorunluluğu olmayan bu yöntemde, test istatistiği ve varyans sırasıyla Denklem 1 ve 2'deki gibi hesaplanır.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \begin{cases} +1 & x_j > x_i \\ 0 & x_j = x_i \\ -1 & x_j < x_i \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{var}(S) = \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i i(i-1)(2i+5) \right] / 18 \quad (2)$$

Burada,  $n$ , veri sayısını,  $x$  ise  $i$  ve  $j$  zamanlarındaki verilerin değerlerini,  $m$  veri setindeki tekrar gözlem sayılarını,  $t$  ise tekrar eden verileri temsil etmektedir. Test istatistiği ve varyansa bağlı olarak da  $Z$  değeri Denklem 3'e göre hesaplanır.

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

Hesaplanan  $Z$  değerinin mutlak değeri, seçilen güven aralığında (bu çalışmada %95) karşılık gelen standart  $z$  değeri ile karşılaştırılır.  $Z$ 'nin mutlak değeri, standart  $z$  değerinden büyükse sıfır hipotezi ( $H_0$ ) reddedilir ve anlamlı trend olduğu kabul edilir, aksi durumda ise anlamlı trend olmadığı sonucuna varılır.

#### 3.2. Spearman Rho Metodu

Spearman Rho (SR) Metodu, MK yöntemine benzer ve parametrik olmayan bir testtir. Benzerliğinden dolayı çoğunlukla SR yönteminin sonuçları MK yöntemi sonuçlarıyla karşılaştırılmaktadır. SR testi, doğrusal ve doğrusal olmayan eğilimler için tek tip güce sahip basit bir yöntemdir ve yaygın olarak eğilimlerin olmadığını doğrulamak için kullanılır [32, 33]. Bu testte boş hipotez ( $H_0$ ), zaman serisindeki tüm verilerin bağımsız ve aynı şekilde dağıldığı, alternatif hipotez ( $H_1$ ) ise artan veya azalan eğilimlerin var olduğu şeklindedir. SR yönteminde test istatistiği  $D$ , standartlaştırılmış test istatistiği  $Z$  sırasıyla Denklem 4' ve 5'teki gibi ifade edilir:

$$D = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_i - i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (4)$$

$$Z = D \sqrt{\frac{n-2}{1-D^2}} \quad (5)$$

Burada,  $R_i$ , zaman serisindeki  $X_i$  gözleminin mertebesidir ve  $n$ , zaman serisinin uzunluğunu temsil etmektedir. Hesaplanan  $Z$  değeri ile trend varlığının tespiti MK yönteminde bahsedilen prosedürle yapılmaktadır.

MK ve SR testleri veri setine uygulanmadan önce, zaman serisinde seri korelasyonunun olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir [10]. Bu çalışmada veri setinde seri korelasyon etkisinin belirlenmesi için Salas ve ark. [34] tarafından önerilen yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, lag-1 korelasyon katsayısının ( $r_1$ ) Salas ve ark. [34] tarafından önerilen Denklem 5’teki aralıkta olup olmadığı kontrol edilir. Eğer  $r_1$  değeri aralığın içerisinde ise seri korelasyon olmadığı, dışında ise seri korelasyon etkisinin olduğu kabul edilir. Seri korelasyon etkisinin olmadığı durumlarda orijinal zaman serisine, varlığında ise zaman serisine “pre-whitening” [35] prosedürü uygulanarak “pre-whitened” seriler elde edilir ve MK testi bu yeni serilere uygulanır.

$$\frac{-1 - 1.645\sqrt{n} - 2}{n - 1} < r_1 < \frac{-1 + 1.645\sqrt{n} - 2}{n - 1} \quad (6)$$

### 3.3. Sen’in Eğim Metodu

Sen’in trend eğim metodu, Sen [27] tarafından geliştirilmiş ve bir zaman serisindeki trendin büyüklüğünü (eğimini) belirlemede kullanılmaktadır. Non-parametrik olan bu yöntem, büyük veri hatalarından veya aykırı değerlerden etkilenmeyen yapısıyla, verilere ait zaman serisinde lineer trend büyüklüğünü, yani birim zamandaki değişimi hesaplama amacıyla uygulanır [36]. Trendin eğimi, zaman serisindeki veri çiftleri arasındaki tüm eğimlerin medyanı ile hesaplanır.

Veri sayısı  $n$  olmak üzere  $j$  ve  $k$  zamanlarındaki veriler  $x_j$  ve  $x_k$  ( $j > k$  şartıyla)  $N = n(n - 1) / 2$  adet olmak üzere  $Q_i$  parametresi Denklem 7’deki gibi hesaplanır;

$$Q_i = (x_j - x_k) / (j - k) \quad (i = 1, \dots, N) \quad (7)$$

Hesaplanan  $Q_i$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve  $N$  adet  $Q_i$  değerlerinin medyanı mevcut olan trendini ( $Q_{med}$ ) eğimini verir. Bu değer pozitif olması artan yönde, negatif olması ise azalan yönde bir eğilimin olduğunu gösterir.

### 3.4. Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi

Şen [13] tarafından önerilen Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi (Innovative Trend Significance Test-ITST), bir zaman serisindeki trend varlığını grafiksel olarak gösteren Yenilikçi Trend Analizi (Innovative Trend Analysis-ITA) yöntemini nicel olarak değerlendiren bir yöntemdir. ITST yönteminde zaman serisi iki eşit parçaya bölünür ve aritmetik ortalamaları ( $y_1$  ve  $y_2$ ) ayrı ayrı hesaplanır. Hesaplanan bu ortalama değerlere göre  $n$  veri sayısı olmak üzere, birinci dereceden moment ( $E(s)$ ), çapraz korelasyon katsayısı ( $\rho$ ), varyans ( $\sigma_s^2$ ) ve standart sapma ( $\sigma_s$ ) sırasıyla Denklem 8, 9, 10 ve 11’deki gibi hesaplanır.

$$E(s) = 2/n [E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1)] \quad (8)$$

$$\rho_{\bar{y}_2 \bar{y}_1} = (E(\bar{y}_2 \bar{y}_1) - E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1)) / (\sigma_{\bar{y}_2} \sigma_{\bar{y}_1}) \quad (9)$$

$$\sigma_s^2 = (8/n^2) (\sigma^2/n) (1 - \rho_{\bar{y}_2 \bar{y}_1}) \quad (10)$$

$$\sigma_s = \sigma (2\sqrt{2}/n\sqrt{n}) \sqrt{(1 - \rho_{\bar{y}_2 \bar{y}_1})} \quad (11)$$

Trend varlığının tespitinde ise Denklem 12’deki trend eğiminin güven aralığı kullanılır.  $s_{crit}$ , belirli bir güven aralığında standart normal dağılımdaki  $z$  değerini ifade eder. Trend eğiminin bu aralıkta olması durumunda “trend yok”, alt değerden küçük olması “azalan trend”, üst aralık değerinden büyük olması durumu ise “artan trend” olarak değerlendirilir.



$$CL_{(1-\alpha)} = 0 \pm s_{cri} \sigma_s \quad (12)$$

### 3.5. Yenilikçi Poligon Trend Analizi

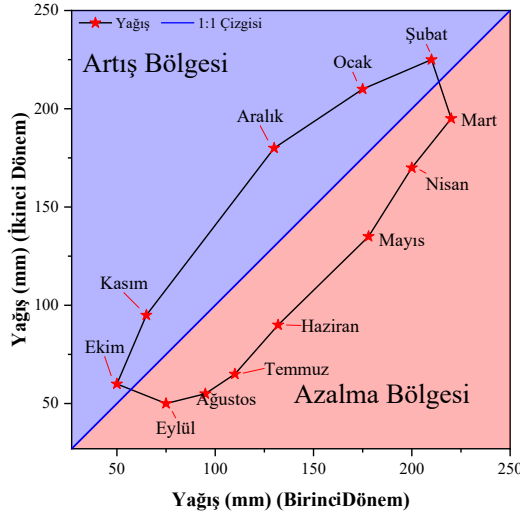
Şen ve ark. [18] tarafından önerilen Yenilikçi Poligon Trend Analizi (Innovative Polygon Trend Analysis IPTA) yönteminde bir zaman serisinin trendinin belirlenmesinin yanında ve ardışık elementler (örneğin aylar) arasındaki trend geçişlerinin büyüklüğü ve eğimi hakkında bilgi edinilebilir. Farklı zaman ölçeklerine de uygulanabilen bu yöntemde, girdi olarak zaman serilerinin ortalama, minimum, maksimum, standart sapma ve çarpıklık gibi parametreleri de kullanılabilir. Bu çalışmada ortalama değerler kullanılmıştır.

Bu yöntemde de ITST’te olduğu gibi zaman serileri tüm segmentler (bu çalışmada ay) için iki eşit gruba ayrılır. Her bir ayın iki yarı serisinin ortalaması hesaplanarak, Şekil 2’deki gibi kartezyen koordinat sisteminde çizdirilerek, bir çokgen oluşturulur. Son olarak istenmesi durumunda trend eğimleri ve uzunlukları sırasıyla Denklem 13 ve 14’teki gibi hesaplanır.

$$|AB| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (13)$$

$$s = (y_2 - x_2) / (y_1 - x_1) \quad (14)$$

Denklemlerde yer alan  $x_1$  ve  $x_2$  yatayda birinci yarıdaki ardışık iki noktanın değeri (Örneğin; Ocak ve Şubat),  $y_1$  ve  $y_2$  ise düşeyde ikinci yarıdaki ardışık iki noktadaki değerlerdir.



Şekil 2. IPTA yönteminin grafiksel gösterimi

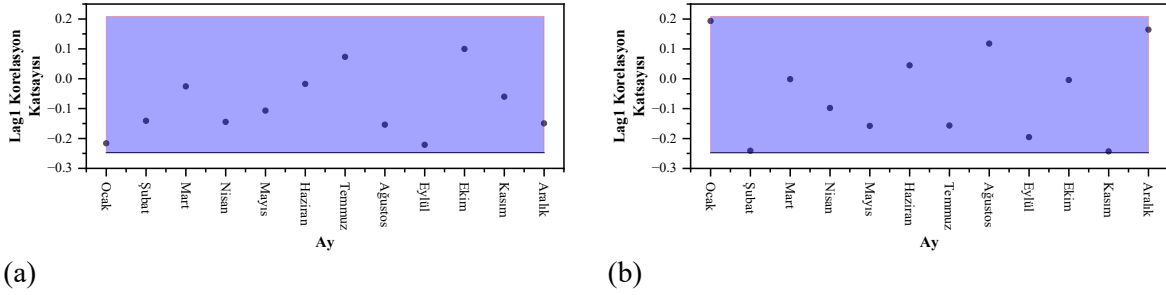
Şekil 2’deki noktaları birleştiren düz çizgiler, birbirini takip eden aylar arasındaki değişimler hakkında bilgi verir. Ardışık aylar arasındaki doğruların eğimleri birbirinden uzak ise, aylar arasındaki değişimlerin serideki ortalama değişime etkisinin fazla olduğu söylenebilir. Ayrıca, oluşan çokgen, zaman serisinin bir yıllık davranışını temsil eder. İncelenen hidro-meteorolojik olay ne kadar dinamik ve karmaşıksa, ortaya çıkan çokgenler de karmaşık olabilmektedir [18].

## 4. BULGULAR (RESULTS)

Parametrik olmayan testlerin uygulanmasından önce, iç bağımlılık etkisinin incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ilk olarak Rize ve Artvin istasyonlarına ait toplam yağış değerlerinin her bir ayı zaman serilerine ayrılmıştır. Her bir ay için lag-1 korelasyon katsayıları ( $r_1$ ) hesaplanmış ve  $r_1$ ’in Denklem 6’daki aralıklarda olup olmadığı kontrol edilmiştir. Şekil 3’te aylık zaman serileri için hesaplanmış  $r_1$  değerlerinin dağılımları verilmiştir. Bu şekilde mavi ile gösterilen alan Salas (1980) tarafından önerilen alanı göstermektedir. Bu

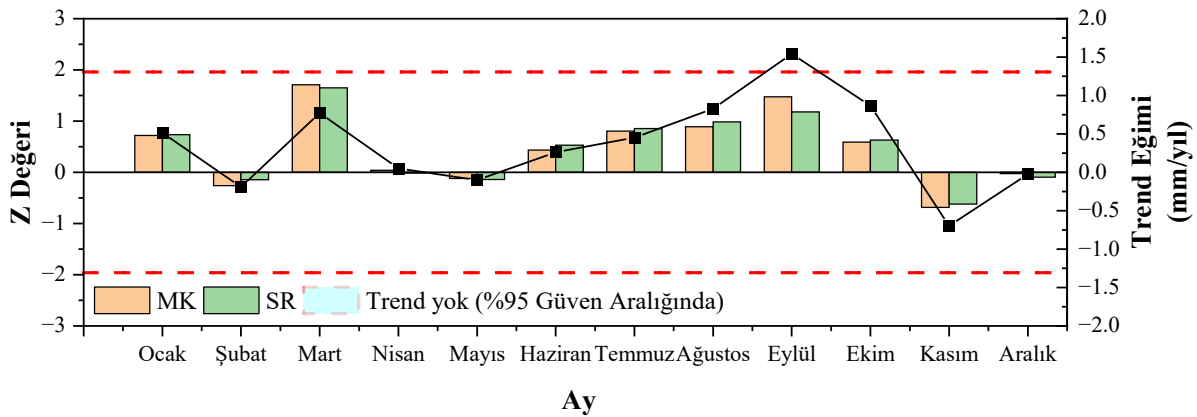


çalışmada tüm aylardaki zaman aralıkları aynı olduğu için (1970-2021) aralıklar da aynı olmuştur. Şekil 3'ten de anlaşılacağı üzere, iki istasyonda da elde edilmiş olan  $r_1$  değeri tüm zaman serilerinde aralıkta kalmaktadır. Buna göre ilgili zaman serilerinde herhangi bir işlem yapılmadan doğrudan kullanılmışlardır. Yağışlar çoğunlukla rastgele dağılıma sahip oldukları için genellikle iç bağımlılık etkisi göstermemektedirler. Gumus [37] Türkiye'nin güney bölgesinde yer alan Seyhan ve Ceyhan havzalarında yağış dahil farklı meteorolojik parametrelerinin trendini değerlendirmiştir. İlgili çalışmada da yağış değerlerinin önemli bir kısmında iç bağımlılık etkisi olmadığı görülmüştür. Bu çalışmanın ve Gumus [37] çalışmasının sonuçları beraber değerlendirildiğinde, farklı iklim özelliklerine sahip iki bölgede de yağış için iç bağımlılık etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 3. Yağış için Lag-1 korelasyon katsayısının dağılımı a) Rize, b) Artvin

İç bağımlılık etkisi belirlenmediği için orijinal zaman serileri ile parametrik olmayan Mann-Kendall, Spearman'ın Rho testlerinin sonuçları, ayrıca Sen'in trend eğim değerleri Rize için Şekil 4'te, Artvin için ise Şekil 5'te verilmiştir. Bu şekillerde sol y eksenini Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri ile hesaplanmış olan Z değerlerini, sağ y eksenini ise yıllık Sen eğim değerlerini (mm/yıl) ifade etmektedir. Şekil 4'e göre, Rize istasyonunda % 95 güven aralığında tüm aylara ait zaman serilerinde, anlamlı bir trende rastlanmamıştır. Ancak, anlamlı olmayan trendlerin yönleri incelendiğinde, şubat, mayıs, kasım ve aralık aylarında azalan, diğer aylarda ise artan trend görülmüştür. Trend eğim değerleri incelendiğinde ise eylül ayında yıllık yağış artışının 1.5 mm'yi bulduğu anlaşılmaktadır. Bu değer eylül ayı ortalama değerlerine bölüldüğünde, yıllık ortalama % 0.6'lık bir artışın görüldüğü anlamına gelmektedir. Mart ayında da 0.77 mm'lik bir artış görünmekle beraber, mart ayının ortalamaları dikkate alındığında yıllık ortalama % 0.5'li bir artış geldiği söylenebilir.

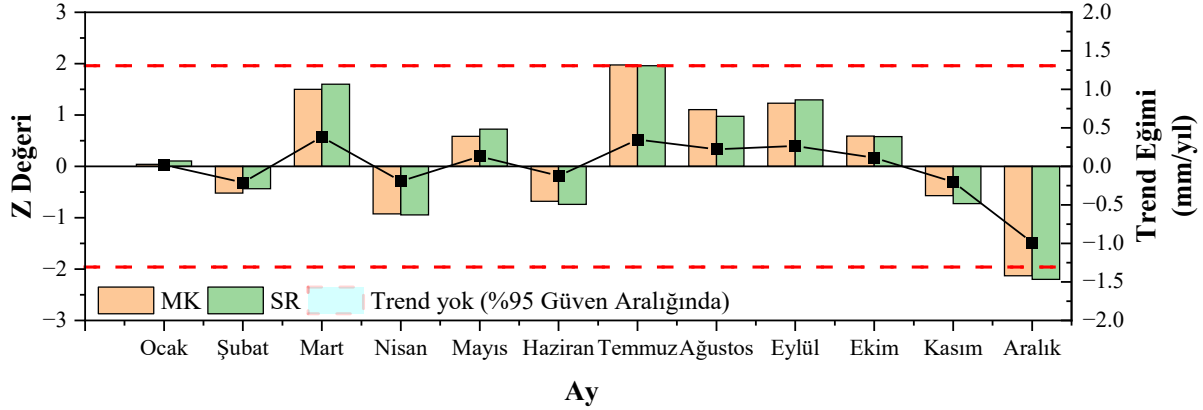


Şekil 4. Rize istasyonu için aylık toplam yağış değerlerine ait MK, SR ve SS değerlerinin dağılımı

Şekil 5'te verilmiş olan Artvin istasyonu sonuçları incelendiğinde, Rize istasyonundan farklı olarak iki ayda anlamlı trend görülmüştür. Bunlar, temmuz (artan) ve aralık (azalan) aylarıdır. Anlamlı olmayan trend sonuçları incelendiğinde ise şubat, nisan, haziran ve kasım aylarında azalan bir trend görülmüştür. Artvin istasyonunda en fazla artış gösteren ay mart ay (0.38 mm/yıl) olarak görünse de bu aydaki artış % 0.63 olmuştur, ancak anlamlı artış trendi gösteren temmuz ayında ise trend eğim değeri 0.35 mm/yıl olurken, artış oranı %1.12 olmuştur. Bunun yanında, birbirini takip eden temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında

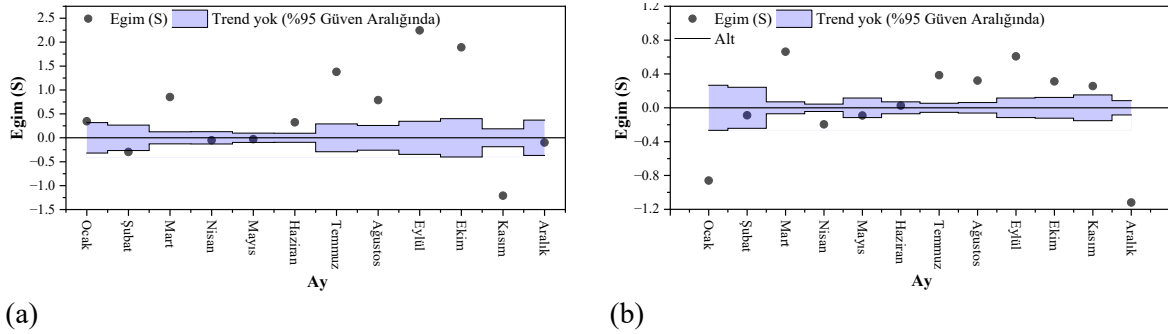
anlamli ya da anlamsiz artan trend bulunmasi, ilgili bölgede yaz dönem yağışlarında bir artış olabileceği anlamına gelebilecektir.

Rize ve Artvin istasyonlarına ait aylık toplam yağış verilerinin MK ve SR test sonuçlarının birbirleri ile oldukça benzer ve yakın sonuçlar verdiği, ayrıca belirlenen Z değerlerinin işareti ile eğim değerleri birbirleri ile paralel çıkmıştır. Ancak, monotonik testlerin bize ilgili hidro-meteorolojik parametre ile ilgili verebileceği sonuçlar görüldüğü gibi sınırlıdır. Bu nedenle, bu monotonik trend yöntemlerine ek olarak yeni önerilmiş olan ITST ve IPTA yöntemleri ile verilerin trend analizi gerçekleştirilmiştir.



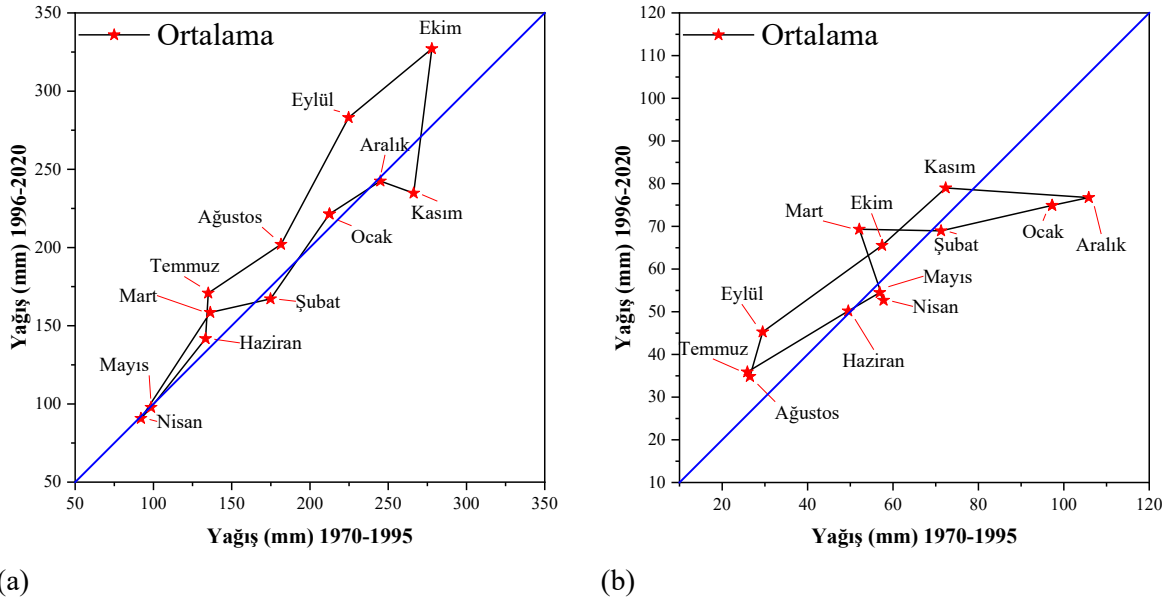
Şekil 5. Artvin istasyonu için aylık toplam yağış değerlerine ait MK, SR ve SS değerlerinin dağılımı

Rize ve Artvin istasyonlarına ait toplam yağış verileri kullanılarak ITST yöntemi ile hesaplanmış eğim değerleri ve % 95 güven aralığında trend oluşmayan bölgeler (mavi bölge) Şekil 6'da verilmiştir. Şekile göre, eğer hesaplanmış eğim değeri ilgili mavi alanın dışına çıkmışsa trend var, negatif bölgede ise yönü azalan, pozitif bölgede ise artan anlamına gelmektedir. Buna göre, Rize istasyonunda mart, haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında anlamlı artan trend, kasım ayında ise anlamlı azalan trend belirlenmiştir. Diğer taraftan Artvin istasyonunda, ocak, nisan ve aralık aylarında azalan, mart, temmuz, ağustos, eylül, ekim ve kasım aylarında ise artan anlamlı trend varlığına rastlanmıştır. Burada elde edilen sonuçlara göre, ITST yönteminin, anlamlı trend belirlemede MK ve SR yöntemlerine kıyasla daha hassas olduğu görülmüştür.



Şekil 6. Aylık toplam yağış değerlerine ait ITST eğim değerlerinin dağılımı, a) Rize, b) Artvin

MK, SR ve ITST yöntemlerinin yanı sıra, yeni önerilmiş bir yöntem olan IPTA yöntemi ile de aylık toplam yağış verilerinin trendi değerlendirilmiştir. Rize ve Artvin istasyonlarının yağışlarının ortalama değerlerin IPTA yöntemine göre elde edilen grafikleri Şekil 7'de verilmiştir. Buna göre, Rize istasyonunda şubat, mart, temmuz, eylül ve ekim aylarında artan, kasım ayında ise azalan trend görülmüştür. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar, ITST'ye benzer, ama MK ve SR yöntemlerinin aksine sonuçlar dikkat çekicidir. Bir sonraki bölümde, bu sonuçlar birbirleriyle ve literatür ile tartışılmıştır.



**Şekil 7.** Aylık toplam yağış değerlerine ait IPTA grafiği, a) Rize, b) Artvin

## 5. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Çalışmada, ele alınan iki istasyona ait MK, SR, ITST ve IPTA yöntemleriyle trend belirlenen ay ve istasyonların karşılaştırması Tablo 2’de verilmiştir. MK ve SR yöntemlerinin birbirleri ile aynı sonuçları verdiği ve Rize istasyonunda hiçbir zaman serisinde, Artvin istasyonunda ise sadece temmuz ve aralık aylarında anlamlı trend belirledikleri görülmüştür. Ancak, ITST yöntemi Rize istasyonunda yedi, Artvin istasyonunda ise dokuz zaman serisinde anlamlı trend belirlemiştir. Diğer taraftan IPTA yöntemi de ITST yöntemine benzer bir şekilde Rize istasyonunda altı, Artvin istasyonunda ise 10 zaman serisinde anlamlı trend olduğunu göstermiştir. Trend belirlemede MK yöntemi ile ITST ile ilgili yapılmış çalışmalar değerlendirildiğinde, ITST yöntemi MK yöntemine göre daha fazla anlamlı trend belirlediği farklı çalışmalarda görülmüştür [21, 38, 39]. IPTA yöntemi daha yeni önerilen bir yöntemdir ancak bu yöntem ile yapılan çalışmalar incelendiğinde sonuçların sunulan çalışmaya benzer olduğu görülmektedir [24-26, 39, 40]. Örneğin, Hırca ve ark. [26], çalışmasında yağış verilerinin trendini belirlemede MK ve IPTA yöntemlerini karşılaştırmış ve MK yöntemi ile ayların %12.5’inde anlamlı trend belirlenirken, IPTA ile %81’inde trend belirlenmiştir. Şan ve ark. [21]’de Vietnam’daki yağış verilerinin trendini IPTA, ITST ve MK testleri ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada, ITST ve IPTA yöntemi ile incelenen ayların % 90’ında anlamlı trend belirlenirken, MK yöntemi ile sadece %23’ünde trend belirlenmiştir. Sunulan çalışmada da ITST ve IPTA yöntemlerinin trend belirlemede birbirleri ile oldukça benzer sonuçlar verirken, MK yönteminin ise oldukça az sayıda zaman serisinde anlamlı trend belirlediği görülmüştür. Buna göre, Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Rize ve Artvin istasyonları için, ITST ve IPTA yöntemlerinin yağış değerlerinin trendini belirlemede MK testine kıyasla daha hassas oldukları söylenebilir.

**Tablo 2.** SR, MK, ITST ve IPTA yöntemlerinin trend belirledikleri aylar

Ay	Rize				Artvin			
	MK	SR	ITA	IPTA	MK	SR	ITA	IPTA
Ocak	o	o	o	o	o	o	-	-
Şubat	o	o	o	o	o	o	o	-
Mart	o	o	+	+	o	o	+	+
Nisan	o	o	o	o	o	o	-	-
Mayıs	o	o	o	o	o	o	o	o
Haziran	o	o	+	o	o	o	o	o
Temmuz	o	o	+	+	+	+	+	+
Ağustos	o	o	+	+	o	o	+	+
Eylül	o	o	+	+	o	o	+	+
Ekim	o	o	+	+	o	o	+	+
Kasım	o	o	-	-	o	o	+	+
Aralık	o	o	o	o	-	-	-	-

“o” trend yok, “+”, artan trend, “-” azalan trend

## 6. SONUÇ (CONCLUSION)

Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Rize ve Artvin istasyonlarına ait aylık toplam yağış değerlerinin trend analizi MK, SR, ITST ve IPTA yöntemleri ile yapılmıştır. Trend eğimleri Sen eğim yöntemi ile yapılmış ve farklı yöntemler ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak aşağıda verilmiş olan ana sonuçlar bulunmuştur.

- Ele alınan aylık toplam yağış zaman serilerinin hiçbirinde seri korelasyon etkisi görülmemiştir. Bu nedenle SR ve MK testi orijinal zaman serilerine uygulanmıştır.
- SR ve MK testleri iki istasyonda da birbirleriyle aynı sonuçları verdiği görülmüş, bu yöntemlerle yapılan analizler sonucunda ise Rize istasyonunda hiçbir ayda trend belirlenmezken, Artvin istasyonunda ise temmuz ayında artan, aralık ayında ise azalan anlamlı trend belirlenmiştir.
- Sen'in trend eğim metoduna göre en yüksek eğim değerleri, Rize istasyonunda eylül ayında %0.6/yıl, Artvin istasyonunda ise temmuz ayında %1.1/yıl olarak belirlenmiştir.
- ITST ve IPTA yöntemleri ise birbirlerine yakın sonuçlar verdiği görülmüş ve bu iki yöntemle belirlenen trend yönleri genellikle artan yönde olmuş ve monotonik SR ve MK yöntemlerinden daha fazla ayda trend belirlemiştir.

Çalışma sonucunda özellikle ITST ve IPTA yöntemlerinin yaz aylarında bölgedeki yağışlarda artan trend belirlemesi dikkat çekicidir. Bu nedenle, özellikle yaz aylarındaki yağış artış nedenlerinin araştırılması ve ekstrem yağışların ayrıca analiz edilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışmanın yapılabilmesi için yağış verilerini sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Ipcc, *Climate Change 2021 The Physical Science Basis*, in *The Intergovernmental Panel on Climate Change* W.G. I, Editor. (2021): Geneva. p. 3949.
- [2] S. Yue, P. Pilon, ve B. O. B. Phinney, *Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and cross-correlation*. Hydrological Sciences Journal, 2003. **48**(1): p. 51-63.
- [3] H. B. Mann, *Nonparametric tests against trend*. Econometrica: Journal of the econometric society, 1945: p. 245-259.
- [4] M. G. Kendall, *Rank correlation methods*. 1948, London: Griffin. 202.
- [5] T. Haktanir ve H. Citakoglu, *Trend, Independence, Stationarity, and Homogeneity Tests on Maximum Rainfall Series of Standard Durations Recorded in Turkey*. Journal of Hydrologic Engineering, 2014. **19**(9): p. 1-18.
- [6] N. Minarecioğlu ve H. Çıtakoğlu, *Trend Analysis of Monthly Average Flows of Kizilirmak Basin*. Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 2019. **4**(3): p. 454-459.
- [7] V. Demir, *Trend analysis of lakes and sinkholes in the Konya Closed Basin, in Turkey*. Natural Hazards, 2022. **112**(3): p. 2873-2912.
- [8] A. Gadedjisso-Tossou, K. Adjegan, Ii, ve A. K. M. Kablan, *Rainfall and Temperature Trend Analysis by Mann–Kendall Test and Significance for Rainfed Cereal Yields in Northern Togo*. Sci, 2021. **3**(1): p. 1-20.
- [9] S. Nabi, M. A. Ahanger, ve A. Q. Dar, *Spatio-temporal variability of temperature and precipitation in a Himalayan watershed*. Natural Hazards, 2022: p. 1-18.
- [10] S. Yue, P. Pilon, ve G. Cavadias, *Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series*. Journal of Hydrology, 2002. **259**(1-4): p. 254-271.
- [11] O. Yagbasan, V. Demir, ve H. Yazicigil, *Trend Analyses of Meteorological Variables and Lake Levels for Two Shallow Lakes in Central Turkey*. Water, 2020. **12**(2): p. 1-16.
- [12] Z. Şen, *Innovative trend analysis methodology*. Journal of Hydrologic Engineering, 2012. **17**(9): p. 1042-1046.
- [13] Z. Şen, *Innovative trend significance test and applications*. Theoretical and Applied Climatology, 2017. **127**(3-4): p. 939-947.
- [14] Y. Wang, Y. Xu, H. Tabari, J. Wang, Q. Wang, S. Song, ve Z. Hu, *Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China*. Atmospheric Research, 2020. **231**: p. 1-14.
- [15] T. Caloiero, R. Coscarelli, ve E. Ferrari, *Assessment of seasonal and annual rainfall trend in Calabria (southern Italy) with the ITA method*. Journal of Hydroinformatics, 2020. **22**(4): p. 738-748.
- [16] E. Şişman ve B. Kizilöz, *The application of piecewise ITA method in Oxford, 1870–2019*. Theoretical and Applied Climatology, 2021. **145**(3-4): p. 1451-1465.
- [17] P. Z. Seenu ve K. V. Jayakumar, *Comparative study of innovative trend analysis technique with Mann–Kendall tests for extreme rainfall*. Arabian Journal of Geosciences, 2021. **14**(7): p. 1-15.
- [18] Z. Şen, E. Şişman, ve I. Dabanli, *Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) and applications*. Journal of Hydrology, 2019. **575**: p. 202-210.
- [19] G. Ceribasi ve A. I. Ceyhunlu, *Analysis of total monthly precipitation of Susurluk Basin in Turkey using innovative polygon trend analysis method*. Journal of Water and Climate Change, 2021. **12**(5): p. 1532-1543.
- [20] M. Achite, G. Ceribasi, A. I. Ceyhunlu, A. Wałęga, ve T. Caloiero, *The Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) as a Simple Qualitative Method to Detect Changes in Environment—Example Detecting Trends of the Total Monthly Precipitation in Semiarid Area*. Sustainability, 2021. **13**(22): p. 1-17.

- [21] M. Şan, F. Akçay, N. T. T. Linh, M. Kankal, ve Q. B. Pham, *Innovative and polygonal trend analyses applications for rainfall data in Vietnam*. Theoretical and Applied Climatology, 2021. **144**(3-4): p. 809-822.
- [22] N. Ahmed, G. Wang, M. J. Booij, G. Ceribasi, M. S. Bhat, A. I. Ceyhunlu, ve A. Ahmed, *Changes in monthly streamflow in the Hindukush–Karakoram–Himalaya Region of Pakistan using innovative polygon trend analysis*. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2021. **36**(3): p. 811-830.
- [23] J. Mallick, S. Talukdar, M. Alsubih, R. Salam, M. Ahmed, N. B. Kahla, ve M. Shamimuzzaman, *Analysing the trend of rainfall in Asir region of Saudi Arabia using the family of Mann-Kendall tests, innovative trend analysis, and detrended fluctuation analysis*. Theoretical and Applied Climatology, 2020. **143**(1-2): p. 823-841.
- [24] R. N. Singh, S. Sah, B. Das, S. Potekar, A. Chaudhary, ve H. Pathak, *Innovative trend analysis of spatio-temporal variations of rainfall in India during 1901–2019*. Theoretical and Applied Climatology, 2021. **145**(1-2): p. 821-838.
- [25] M. Arab Amiri ve M. Gocić, *Innovative trend analysis of annual precipitation in Serbia during 1946–2019*. Environmental Earth Sciences, 2021. **80**(23): p. 1-15.
- [26] T. Hirca, G. Eryılmaz Türkkkan, ve M. Niazkar, *Applications of innovative polygonal trend analyses to precipitation series of Eastern Black Sea Basin, Turkey*. Theoretical and Applied Climatology, 2022. **147**(1-2): p. 651-667.
- [27] P. K. Sen, *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau*. Journal of the American statistical association, 1968. **63**(324): p. 1379-1389.
- [28] M. Gocic ve S. Trajkovic, *Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia*. Global and Planetary Change, 2013. **100**: p. 172-182.
- [29] R. Atta Ur ve M. Dawood, *Spatio-statistical analysis of temperature fluctuation using Mann–Kendall and Sen's slope approach*. Climate Dynamics, 2016. **48**(3-4): p. 783-797.
- [30] S. Ray, S. S. Das, P. Mishra, ve A. M. G. Al Khatib, *Time Series SARIMA Modelling and Forecasting of Monthly Rainfall and Temperature in the South Asian Countries*. Earth Systems and Environment, 2021. **5**(3): p. 531-546.
- [31] Y. R. Liu, Y. P. Li, X. Yang, G. H. Huang, ve Y. F. Li, *Development of an integrated multivariate trend-frequency analysis method: Spatial-temporal characteristics of climate extremes under global warming for Central Asia*. Environmental Research, 2021. **195**: p. 1-14.
- [32] M. Shadmani, S. Marofi, ve M. Roknian, *Trend Analysis in Reference Evapotranspiration Using Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests in Arid Regions of Iran*. Water Resources Management, 2011. **26**(1): p. 211-224.
- [33] T. Tonkaz, M. Çetin, ve K. Tülücü, *The impact of water resources development projects on water vapor pressure trends in a semi-arid region, Turkey*. Climatic Change, 2007. **82**(1-2): p. 195-209.
- [34] J. D. Salas, J. W. Delleur, V. M. Yevjevich, ve W. L. Lane, *Applied modeling of hydrologic time series*. 1980: Water Resources Publications. 498.
- [35] H. Von Storch ve A. Navarra, *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques: Proceedings of an Autumn School Organized by the Commission of the European Community on Elba from October 30 to November 6, 1993*. Vol. 2. 1995: Springer.
- [36] Y.-S. Yu, S. Zou, ve D. Whittemore, *Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas*. Journal of Hydrology, 1993. **150**(1): p. 61-80.
- [37] V. Gumus, *Spatio-temporal precipitation and temperature trend analysis of the Seyhan-Ceyhan River Basins, Turkey*. Meteorological Applications, 2019. **26**(3): p. 369-384.
- [38] V. Gumus, Y. Avsaroglu, ve O. Simsek, *Streamflow trends in the Tigris river basin using Mann–Kendall and innovative trend analysis methods*. Journal of Earth System Science, 2022. **131**(1): p. 1-17.
- [39] F. Akçay, M. Kankal, ve M. Şan, *Innovative approaches to the trend assessment of streamflows in the Eastern Black Sea basin, Turkey*. Hydrological Sciences Journal, 2022. **67**(2): p. 222-247.
- [40] S. Gul ve J. Ren, *Application of non-parametric innovative trend analysis of different time scale precipitation during (1951–2016) in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan*. Acta Geophysica, 2022. **70**(1): p. 485-503.