



Makale / Research Paper

Yağışların Mevsimsel Değişimlerinin Trend Analiz Yöntemleri ile Araştırılması: Bingöl İli Örneği

Ufuk YÜKSELER^{1a*}, Ömerul Faruk DURSUN^{1b}, Sadık ALASHAN^{2c}

¹ İnönü Üniversitesi , Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. Malatya/TÜRKİYE

² Bingöl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl/TÜRKİYE

^a[ufukyuksele12@gmail.com.tr](mailto:ufukyuksele12@gmail.com)

Received/Geliş: 15.07.2020

Accepted/Kabul: 12.10.2020

Öz: İklim olaylarında meydana gelen ve gelmesi muhtemel değişimleri incelemek için pek çok bilimsel çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar, geçmişte meydana gelen değişimlerin istatistiksel çözümlenmelerinin yapılması ve gelecekte yaşanabilecek değişimlerin tahmin edilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Üretilen tahmin senaryoları arasında trend analiz yöntemleri önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada, Bingöl ili sınırları içinde bulunan yağış gözlem istasyonlarına ait 1960-2017 yılları arasındaki ölçülmüş değerler, yıllık ve mevsimsel dönemlerde Mann-Kendall (MK) ve Şen yenilikçi yönelim çözümlenme (Şen-YYÇ) yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Sonuçlar, yıllık ölçekte bazı istasyonların toplam yağış değerlerinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde azalış trendleri meydana gelmiştir. Mevsimsel değişimler incelendiğinde ise istasyonların konumları ve mevsimler arasında farklı trend durumlarının ortaya çıktığı görülmüştür. Özellikle Şen-YYÇ yöntemindeki bulgular birçok toplam yağış verisinde anlamlı düzeyde değişimler olduğunu sergilemektedir. Bu bulgulara göre, yıllık toplam yağışlarda 0-2 mm/yıl arasında azalış trendleri hesaplanmış ve bu sonuçlar Mann-Kendall test sonuçları tarafından da desteklenmiştir. Ayrıca mevsimsel test bulguları incelendiğinde, bazı istasyonlara ait değerlerde mevsimsel bir geçişin olduğu da belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, yağış, mevsimsel trend analizi, Şen-YYÇ, Mann-Kendall.

Investigation of Seasonal Changes of Rainfall with Trend Analysis Methods: The Case of Bingöl Province

Abstract: Many scientific studies have been carried out to examine the changes that occur and are likely to come in climates. These studies consist of statistical analysis of the changes in the past and estimating the changes that may occur in the future. Trend analysis methods have an important place among the forecast scenarios produced. In this study, the measured values between the years of 1960-2017, belonging to precipitation observation stations within the borders of Bingöl province, were analyzed by using Mann-Kendall (MK) and Şen innovative trend analysis (Şen-ITA) methods in annual and seasonal periods. The results showed that there were statistically significant decreasing trends in the total precipitation values of some stations on an annual scale. In terms of seasonal changes, it was observed that different tendency situations emerged between the locations of the stations and the seasons. In particular, the findings in the Şen-ITA method show significant changes in many total precipitation data. According to these findings, decreasing trends calculated between 0-2 mm/year in total annual precipitation were determined and these results were supported by Mann-Kendall test results. In addition, when the seasonal test findings are examined, it is determined that there is a seasonal transition in the values of some stations.

Keywords: Climate change, precipitation, seasonal trend analysis, Şen-ITA, Mann-Kendall

Bu makaleye atıf yapmak için

Yükseler, U., Dursun, Ö.F., Alashan, S., "Yağışların Mevsimsel Değişimlerinin Trend Analiz Yöntemleri İle Araştırılması: Bingöl İli Örneği", El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2021, 8(1); 45-59.

How to cite this article

Yükseler, U., Dursun, Ö.F., Alashan, S., "Investigation of Seasonal Changes of Rainfall with Trend Analysis Methods: The Case of Bingöl Province", El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2021, 8(1); 45-59.

ORCID ID: ^a 0000-0002-7233-0821, ^b 0000-0003-3923-5205, ^c 0000-0003-1769-4590

1. Giriş

İklim değişikliği hidro-meteorolojik olayların zamansal ve konumsal dağılımını etkilemektedir. İklim değişikliğinin varlığı birçok araştırmacı tarafından çalışılmakta ve varlığı konusunda bugün araştırmacılarda genel bir kanı oluşmaktadır. Ancak bu durumun dünya üzerindeki tüm alanları ve iklimsel olayları aynı şekilde etkilediğini söylemek mümkün görülmemektedir. İklim değişikliği olayının hangi meteorolojik olaylar üzerinde ne kadar etkili olduğunu veya olmadığını belirlemek üzere trend analiz yöntemleri kullanılmaktadır [1].

Literatürde iklim değişikliğinin yağış olayları üzerindeki etkisini araştırmak üzere birçok çalışma yapılmıştır. Toros (1993), iklim değişikliğinin Türkiye genelindeki yağış ve sıcaklık parametrelerine etkisini değerlendirmiş, yaptığı çalışma bulgularında kış mevsiminde sıcaklık ve yağış parametrelerinde azalma, diğer mevsimlerde sıcaklıklarda artış ve yağış değerlerinde azalma trendleri elde etmiştir [2]. Demir ve diğ. (2017), Bingöl iline ait 1975-2016 yıllarına ait yıllık, mevsimlik ve aylık yağışlarla birlikte sıcaklık verileri üzerinde Mann-Kendall ve Spearman rho testlerini kullanarak trend analizi yapmıştır. Çalışma sonucunda, elde edilen değerlerin istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı, sıcaklık verilerindeki artış ve yağış verilerindeki azalış trendinin ilin tarım sektörünü etkilemeyeceği bildirilmiştir. Çalışmada Mann-Kendall ve Spearman Rho yöntemleri kullanıldığından sadece monotonik (tek-düzenli) trendler incelenebilmiştir. Ayrıca bu çalışmada sadece Bingöl ilinin merkezinde bulunan bir adet istasyon verileri kullanılmıştır [3]. Alashan tarafından Bingöl ili rüzgâr potansiyeli üzerindeki iklim değişikliğinin etkisi doğrusal regresyon, Mann-Kendall ve yenilikçi yönelim çözümlenmesi yöntemleri kullanılarak incelenmiş ve tüm aylarda azalış trendi tespit edilmiştir [4].

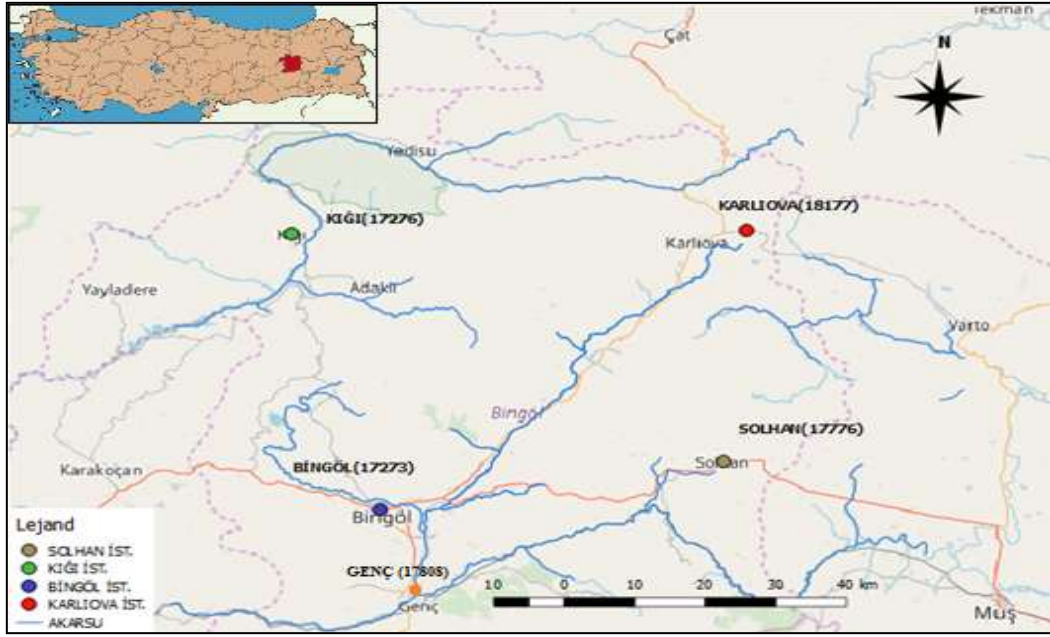
Bu çalışma kapsamında Bingöl ili, Karlıova, Solhan, Kiğı ve Genç ilçelerinin toplam yağış verileri Mann-Kendall (MK) ve Şen_YYÇ yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Şen_YYÇ yöntemi non-monotonik (çok-düzenli) trendlerin görsel olarak incelenebilmesine imkân vermiştir. Söz konusu yöntem vasıtasıyla veriler hem non-monotonik (çok-düzenli) hem de monotonik (tek-düzenli) olarak incelenmekte ve daha sağlıklı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca yağış verileri üzerindeki mevsimsel kaymalar mevsimsel Mann-Kendall yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

2. Veri ve Uygulama Alanı

Araştırma alanı olarak seçilen Bingöl ili Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer almakta ve denizden ortalama yüksekliği 1030 metredir (Şekil 1). Bingöl il merkezi 38.99° Kuzey enleminde ve 40.45° Doğu boylamında yer almaktadır. İlin aylık sıcaklık ortalamaları -2.4 °C (Ocak) ile 26.6 °C (Temmuz) arasında değişmektedir. Ortalama aylık sıcaklıklar Ocak ve Şubat aylarında negatif diğer aylarda ise pozitif değerlere sahiptir. İl üzerinde karasal iklim hâkim olup en düşük sıcaklık -23.2 °C ile Ocak ayında ölçülürken en yüksek sıcaklık 42.0 °C ile Temmuz ayında ölçülmüştür. Ortalama toplam aylık yağış miktarları 3.1 mm (Ağustos) ile 138.4 mm (Ocak) arasında değişmektedir.

TUİK raporunda 2018 yılında ilin nüfusu 281205 kişi olarak gösterilmiştir. Nüfusun yaklaşık %65'i şehirde yaşarken %35'i kırsal alanlarda yaşamaktadır. Çalışmada kullanılan veriler 1960-2017 yılları arasına aittir. Kullanılan ortalama toplam yağış verileri ile alakalı daha fazla bilgi Tablo 1'de verilmiştir. İstasyonların konumları birbirine yakın olmasına rağmen incelenen bölgede yükselti kısa mesafelerde çok fazla değiştiğinden istasyonlar arasında iklim değişkenlik göstermektedir. Çalışma alanındaki istasyonlardan Bingöl ve Genç istasyonlarında en yağışlı dönem kış

mevsiminde yaşanırken diğer 3 istasyonda en yağışlı mevsim ilkbahar mevsimi olarak görülmektedir.



Şekil 1. Çalışma Alanı (Bingöl ili ve bağlı ilçeler).

Tüm istasyonlar içinde yağışın en az yaşandığı mevsim yaz mevsimi olarak görülmektedir. Ayrıca maksimum yağış değerleri de ilkbahar ve kış aylarında istasyonlar arasında değişkenlik göstermektedir. En yüksek yağış değerlerine sahip istasyon toplam 533.30 mm ile Bingöl istasyonu iken, en düşük toplam yağış değerine sahip istasyon 221.80 mm ile Genç istasyonudur.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan istasyonların aylık toplam yağış verileri ve bazı istatistik bilgileri [13].

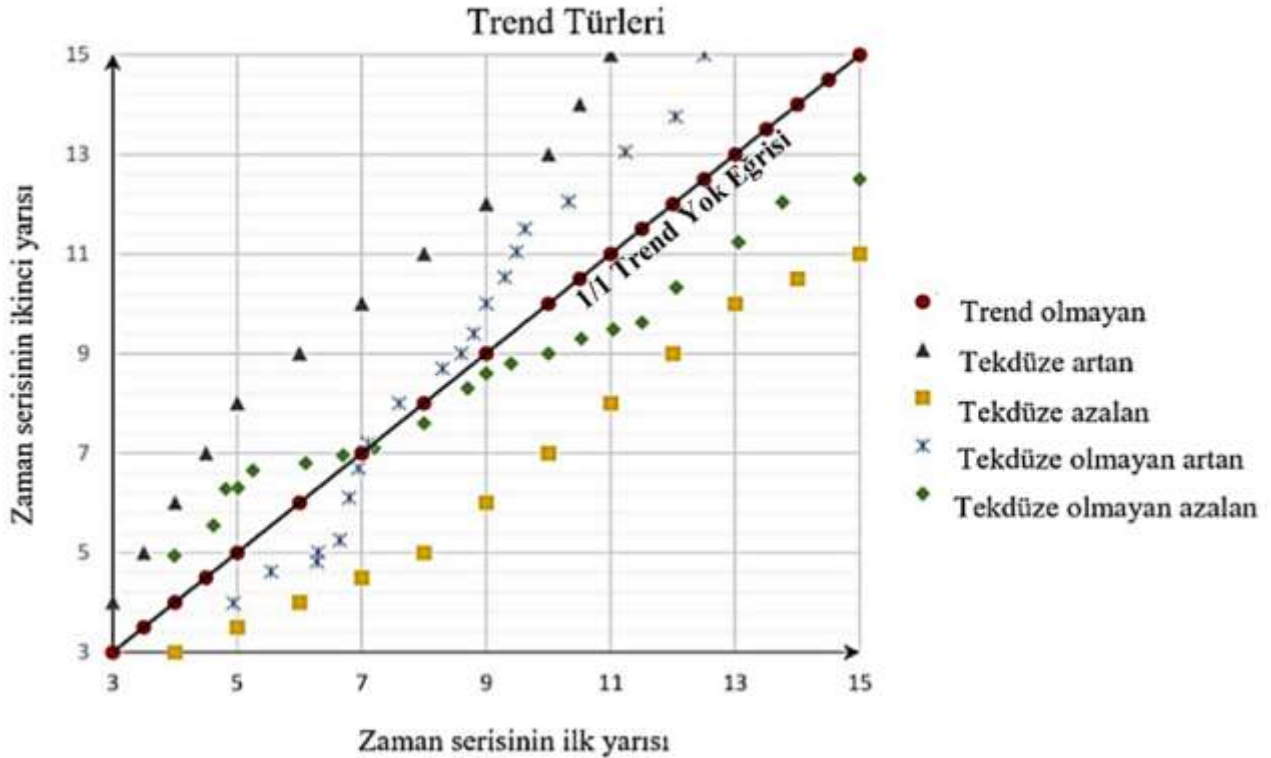
	Sezonlar	Minimum (mm)	Ortalama (mm)	Maksimum (mm)	Çarpıklık (mm)	Otokorelasyon (lag-1)
Bingöl	Yıllık	533.30	960.72	1579.10	0.80	0.009
	Sonbahar	37.90	187.40	392.20	0.51	-0.022
	Kış	136.00	411.70	817.50	0.57	-0.038
	İlkbahar	77.90	331.84	724.70	0.60	-0.182
	Yaz	1.80	29.79	92.90	0.85	-0.170
Genç	Yıllık	221.8	799.20	1284.10	0.12	0.350
	Sonbahar	14.40	170.7	387.90	0.35	0.165
	Kış	113.70	315.59	609.0	0.57	-0.022
	İlkbahar	37.40	285.91	547.80	0.10	0.119
	Yaz	0.80	27.63	71.10	0.94	-0.019
Kiğı	Yıllık	375.90	777.18	1477.20	1.10	0.364
	Sonbahar	70.80	173.98	173.98	0.81	-0.440
	Kış	99.60	262.65	634.50	1.11	0.270
	İlkbahar	129.80	286.54	512.30	0.49	0.292
	Yaz	7.30	52.98	172.60	1.23	0.778
Solhan	Yıllık	349.54	665.14	993.40	0.03	0.280
	Sonbahar	47.52	172.88	372.20	0.76	0.001
	Kış	99.60	262.65	634.50	1.10	0.270
	İlkbahar	129.80	286.40	512.32	0.49	0.292
	Yaz	7.31	55.51	172.60	2.25	-0.241
Karlıova	Yıllık	353.70	663.38	1191.10	0.60	0.160
	Sonbahar	50.40	154.79	335.50	0.71	0.092
	Kış	76.60	221.59	458.10	0.51	0.133
	İlkbahar	85.00	254.15	426.40	0.21	0.047
	Yaz	7.30	52.92	172.60	0.71	0.092

3. Kullanılan Yöntemler

Mann-Kendall yöntemi literatürde çok kullanılan bir trend belirleme yöntemidir. Ancak bu yöntem verilerin normal dağıldığını ve korelasyon etkisinden bağımsız olduğunu varsayar. İklim değişikliğiyle birlikte hidro-meteorolojik seriler minimum ve maksimum değerlerde daha fazla ortaya çıkmakta ve veriler normal dağılımından sapmaktadır. Ayrıca birçok hidro-meteorolojik zaman serisi otokorelasyon etkisine sahiptir yani söz konusu zaman serileri kendi içinde bağımlıdır. Pozitif otokorelasyon etkisinin zaman serilerinde trend bulma olasılığını artırdığı ve negatif korelasyon etkisinin trend bulma olasılığını azalttığı ifade edilmektedir. Bu durum araştırmacıları MK yöntemini otokorelasyon etkisine karşı güçlendirmek için yöntemi iyileştirmeye yönlendirmiştir. Otokorelasyon etkisi zaman serilerden çıkarılmaya çalışılmış (pre-whitening) ancak bu durum otokorelasyon ile birlikte trend değerlerinin de kaldırılmasına neden olmuştur. Şen yenilikçi yönelim çözümü (Şen_YYÇ) yöntemi zaman serilerinde olası otokorelasyon etkisine karşı güçlü ve kullanılması kolay bir yöntemdir. Yöntem, Şen tarafından literatüre kazandırılmış olan bu yöntem pek çok çalışmada başarıyla uygulanmıştır [5-11].

3.1 Şen_YYÇ Yöntemi

Şen_YYÇ yöntemi bir zaman serisinin iki eş veya daha fazla alt gruba bölünerek birbiri içerisinde kıyaslanmasına dayanır. Alt gruplara ayrılan her seri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve bu serilerin ilk yarısı yatay eksene ve diğer yarısı dikey eksene gelecek şekilde bir kare grafik çizilir. Aynı grafik üzerinde 1:1 eğim çizgisi çizilir. Eğer bu iki alt seriden elde edilen saçılma noktaları 1:1 çizgisinin üzerinde ise artan, altında ise azalan trend var demektir. Bazen minimum değerlerde saçılma noktaları 1:1 çizgisinin altında (üstünde) ve maksimum değerlerde üstünde (altında) olursa o zaman çok-düzenli artan (azalan) trendler ortaya çıkar (Şekil 2).



Şekil 2. Şen_YYÇ yönteminde azalan, artan ve trendsiz zaman serisinin gösterimi [7]

Şen_YYÇ yönteminde trend değerleri Denklem 1 kullanılarak hesaplanır. Burada \bar{y} , \bar{x} ve n sırasıyla ikinci yarım serinin ortalamasını, birinci yarım serinin ortalamasını ve tüm veri sayısını göstermektedir.

$$s = \frac{2}{n}(\bar{y} - \bar{x}) \quad (1)$$

3.2 Mann-Kendall Testi

Mann-Kendall testi korelasyon değerinin hesaplanması prensibine dayanır ve çalışma algoritması olarak, $1 < i < n - 1$ ve $2 < j < n$ olmak üzere $\forall j > i$ için $x_i < x_j$ olan (x_i, x_j) sıralı çiftlerinin sayısı P, $x_i > x_j$ çiftlerinin sayısı ise M olarak tanımlanır. $S=P-M$ olmak üzere Kendall korelasyon katsayısı (τ), Denklem 2 ile hesaplanır.

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

Bu denklemde bulunan değer -1 ve 1 arasında değişkenlik gösterir. Veri sayısının 10'dan büyük olmasıyla S'nin beklenen değeri ve varyansı Denklem 3 ve 4 ile hesaplanır:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^k t_p(t_p-1)(2t_p+5)]}{18} \quad (4)$$

Denklem 4' de belirtilen t_p değeri bağımlı gözlemlerdeki veri sayısını ifade etmektedir. Denklemde verilen k ise bağımlı serilerin sayısını ifade etmektedir. Yapılan uygulamada bağımlı değişkenler bulunmadığı takdirde Denklem (4) yerine Denklem (5) kullanılır. Çalışmada kullanılan veri sayısının 10'dan büyük olduğu durumlarda Mann-Kendall test istatistik değerini (z), hesaplamak için Denklem 6 kullanılır.

$$\text{Var}(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5)]}{18} \quad (5)$$

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}}} & S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Mann- Kendall istatistik anlamlılık testi H0 hipotezinin kabul ya da reddedilmesi prensibine dayanır. Başlangıçta seride trend olmadığı (H0 hipotezi) kabul edilmektedir. Bulunan z istatistik değeri standart normal z değerinden (z_{kritik}) mutlak değer olarak büyük olması halinde bu hipotez reddedilmektedir (H1 hipotezi kabul edilir). Bir hipotezin kabul veya reddedilmesinde seçilen önem düzeyinin önemi büyüktür. Bu çalışmada önem düzeyi trend analiz çalışmalarında tercih edilen 0.05, 0.10 ve 0.20 olarak seçilmiştir [14]. Buna göre incelenen seride trendin olmadığı sonucuna varılırsa, trendin bulunma olasılığı %5, %10 ve %20'dir. $\alpha=0,05$ önem düzeyi için standart normal dağılım tablosundan kritik değer 1.96 , $\alpha=0.10$ önem düzeyi için 1.65 ve $\alpha=0.20$ önem düzeyi için 1.28 olarak alınır. Hesaplanan MK test istatistik değeri z'ye göre H0 hipotezi kabul veya reddedilir. Hesaplanan z değeri mutlak değerce kritik z değerinden büyükse hipotez kabul edilir, bu değer altında kalırsa seçilen istatistik önem seviyesinde bir trendin olmadığı sonucuna varılır. Çalışmada bulunan S değerinin pozitif olması artan, negatif oluşu azalan bir trendin olduğunu ifade etmektedir.

Burada bulunan MK test istatistik z değerleri hem Mann-Kendall hem de mevsimsel Mann-Kendall uygulamalarında kullanılmıştır.

3.3 Mevsimsel Mann-Kendall Testi

İklim değişikliğinin mevsimsel etkilerini belirlemek üzere mevsimsel Mann-Kendall (MK_M) yöntemi literatürde kullanılmaktadır. Bu çalışmada seriler, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine ayrılmaktadır. W matrisi bir istasyonda n yıl için tüm mevsimlerin veri matrisini göstermektedir (Tablo 1). Burada n yıl sayısını, X_{ij} i. yıl ve j. mevsim için akım değerini göstermektedir. Yıl değişkeni, $1 < i < n$ arasında değerler alabilmekte ve mevsim değişkeni, $1 < j < 4$ arasında değişmektedir. X_i i. yıldaki yağışların ortalamasını ve X_j ise j. mevsimdeki yağışların ortalamasını göstermektedir. MK yöntemi zamana göre sıralı verilerin kendi içinde kıyaslanması esasına dayanır. Eğer belli bir mevsim için bir sonraki yılın değeri bir önceki yıldan büyükse +1, küçükse -1 ve eşitse 0 işareti konulur (Denklem 7). Tüm işaret değerleri toplanarak S_j değerini (Denklem 8), S_j değerlerinin tüm mevsimler için toplamı mevsimsel MK_M test istatistiğini, S^* (Denklem 9) değerini verir. MK_M test istatistiğinin ortalaması sıfır (Denklem 10) ve varyansı Denklem 11'deki gibi bulunur. MK_M test istatistik değeri, z, Denklem 12 ile hesaplanır. Bu çalışma için yıllık Mann-Kendall testine benzer şekilde %80, %90 - %95 güven seviyesi için kritik değerler sırasıyla 1.28, 1.65 ve 1.96 olarak kullanılmıştır.

Tablo 1. n yıldaki aylık verileri W matrisi [12]

Yıl	Mevsim				Ortalama
	1	2	3	4	
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	$X_{1.}$
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	$X_{2.}$
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	$X_{3.}$
-	-	-	-	-	-
n	X_{n1}	X_{n2}	X_{n3}	X_{n4}	$X_{n.}$
Ortalama	$X_{.1}$	$X_{.2}$	$X_{.3}$	$X_{.4}$	$X_{..}$

$$\text{sign}(X_{j,i+1} - X_{j,i}) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } X_{j,i+1} > X_{j,i} \\ 0 & \text{eğer } X_{j,i+1} = X_{j,i} \\ -1 & \text{eğer } X_{j,i+1} < X_{j,i} \end{cases} \quad (7)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sign}(X_{j,k} - X_{j,i}) \quad (8)$$

$$S^* = \sum_{j=1}^m (S_j) \quad (9)$$

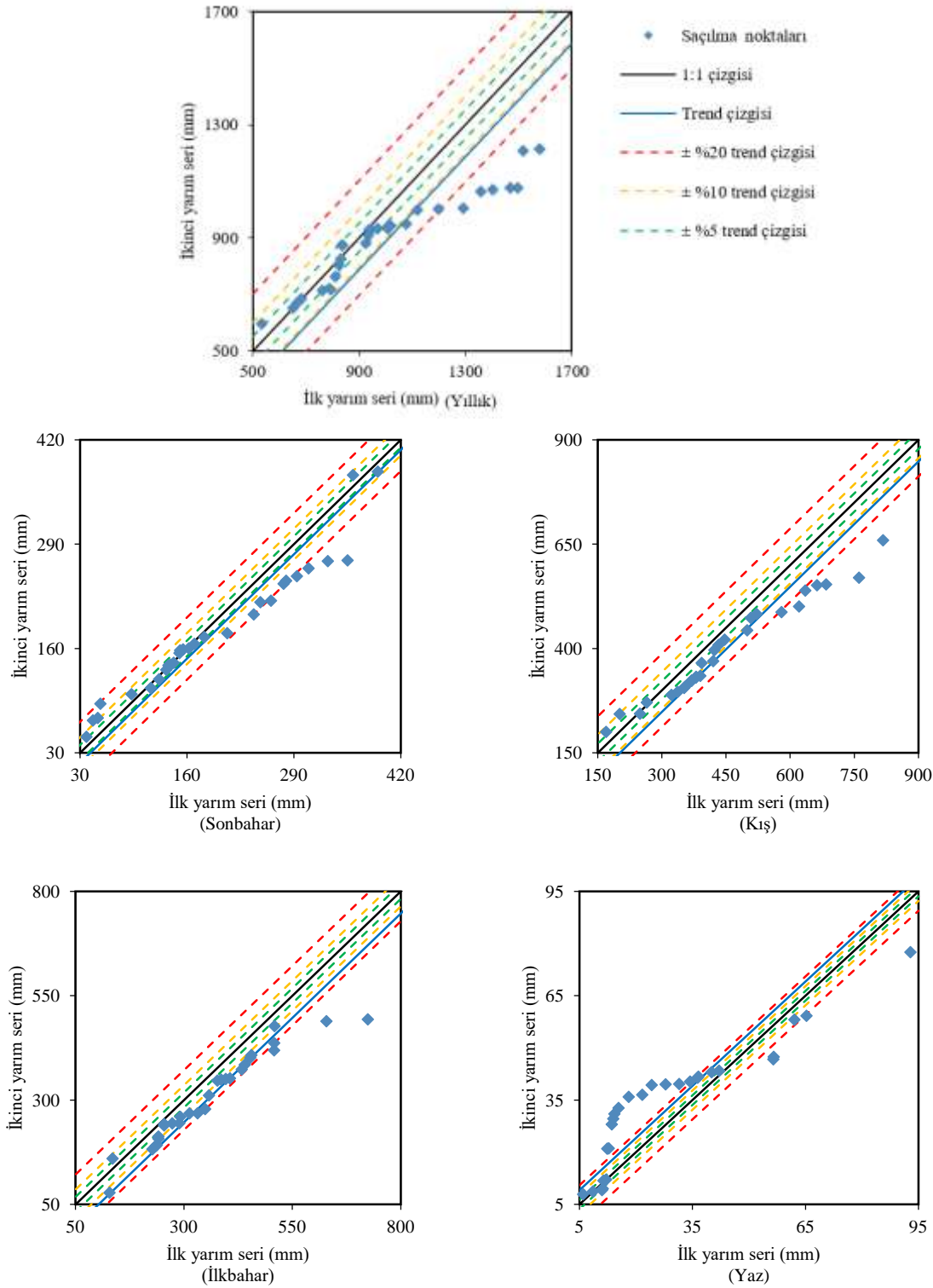
$$E(S^*)=0 \quad (10)$$

$$\text{Var}(S^*) = \sum_{j=1}^m \text{Var}(S_j) = \sum_{j=1}^m \frac{[n(n-1)(2n+5)]}{18} \quad (11)$$

$$z^* = \begin{cases} \frac{S^*-1}{\sqrt{\text{Var}(S^*)}} & S^* > 0 \\ 0 & S^* = 0 \\ \frac{S^*+1}{\sqrt{\text{Var}(S^*)}} & S^* < 0 \end{cases} \quad (12)$$

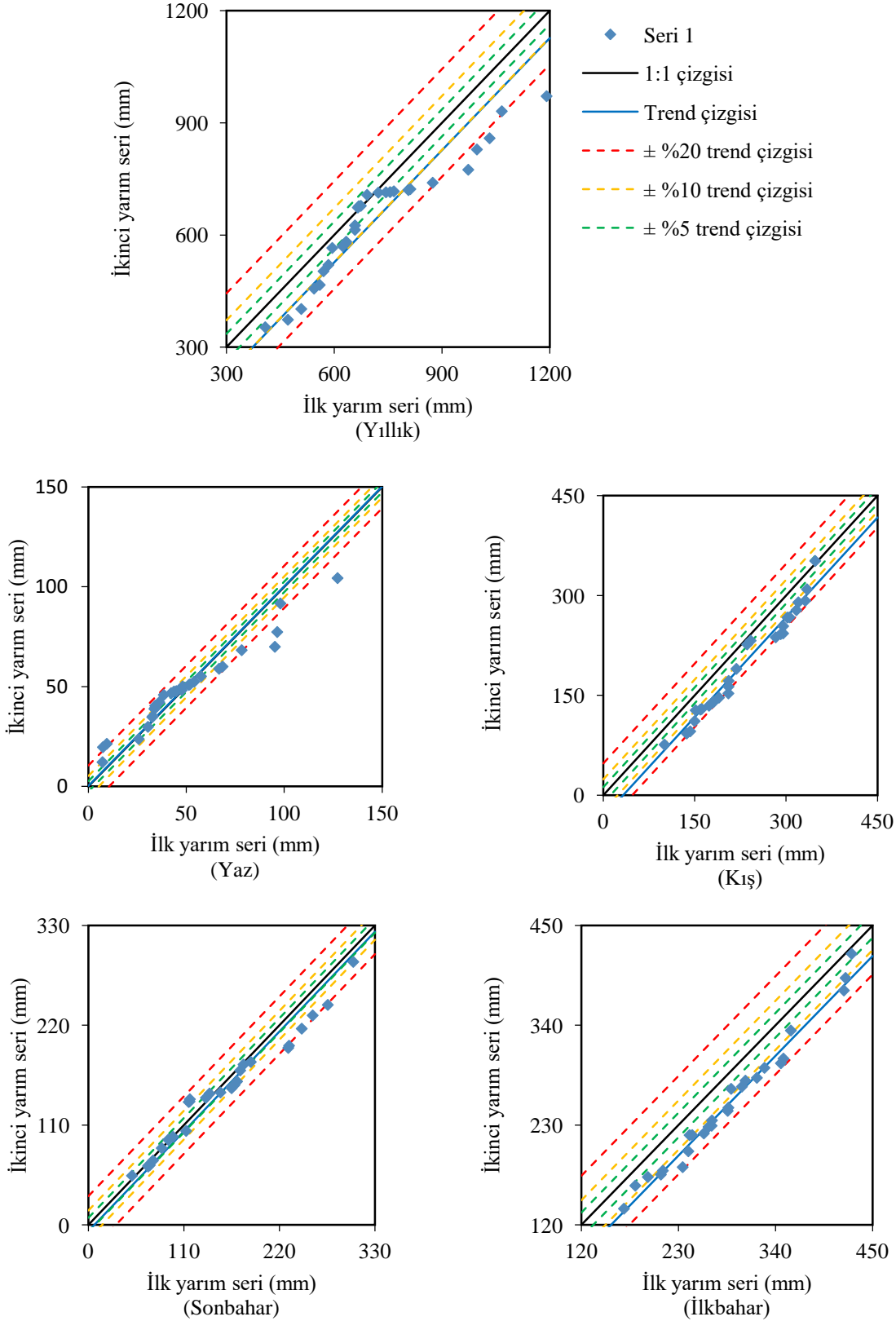
4. Bulgular

Bingöl ili, Karlıova, Kiğı, Solhan ve Genç ilçelerinin yağış verileri üzerindeki iklim değişikliğinin mevsimsel etkilerini belirlemek üzere Şen_YYÇ ve MK_M yöntemleri kullanılmıştır. Şen_YYÇ yöntemi, 5 zamansal (Sonbahar, Kış, İlkbahar, Yaz ve Yıllık) ve 5 konumsal (Bingöl ili, Karlıova, Kiğı, Solhan ve Genç ilçeleri) yağış istasyon değerleri için 25 seri üzerinde uygulanmıştır. Yıllık zaman periyodunda, tüm bölgelerde toplam yağış değerlerinde azalma trendi tespit edilmiştir.



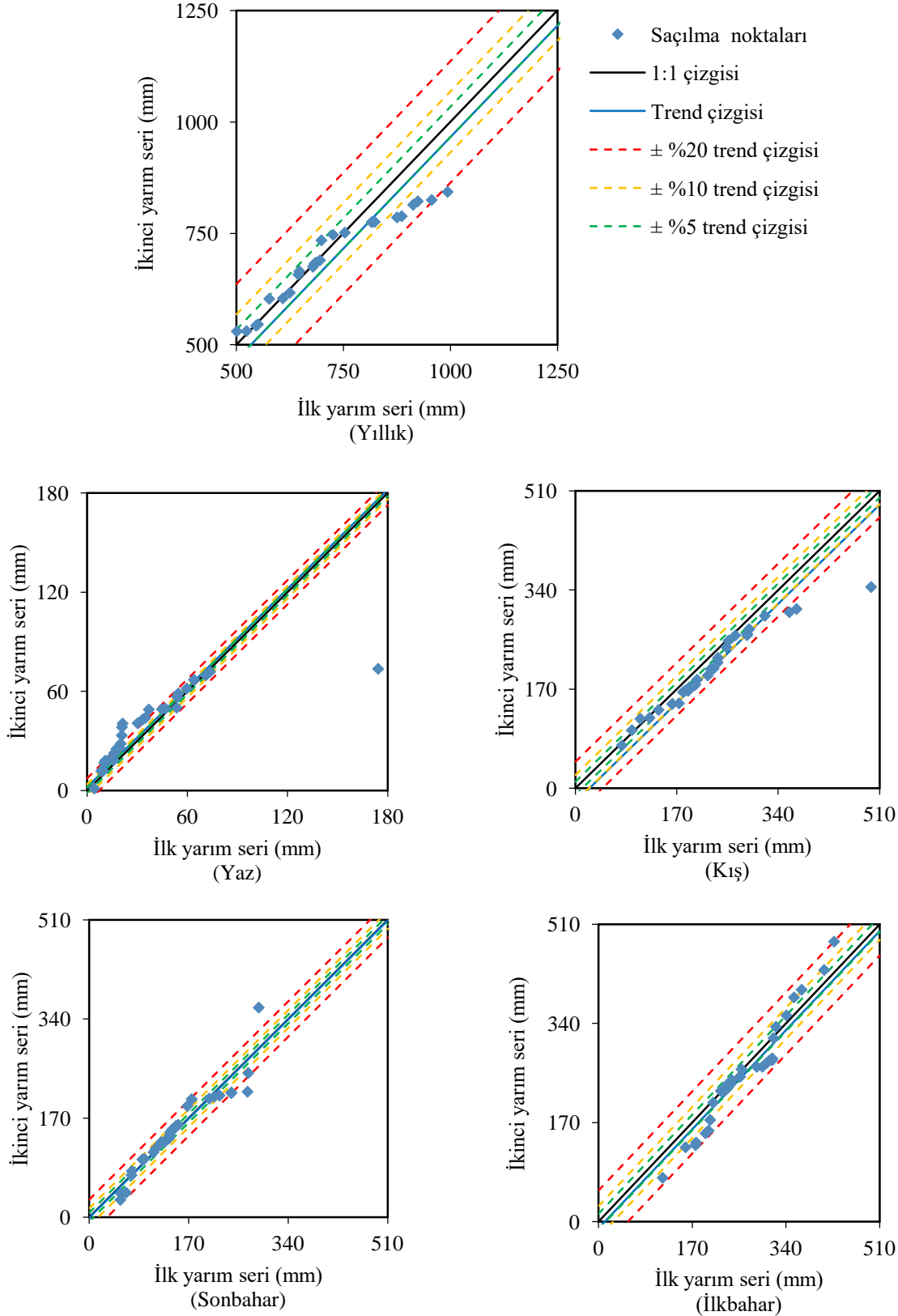
Şekil 3. Toplam Yağış Verilerinin Şen-YYÇ Trend Grafiği (Bingöl İstasyonu)

Bingöl ilinin merkezinde bulunan istasyonun yıllık toplam yağış değerlerinin azalma trendi, $s, -3.905$ mm/yıl olarak bulunmuştur. Bu azalma trendi ortanca ve yüksek değerlerde kendini daha fazla göstermektedir. Sonbahar mevsiminde, -0.433 mm/yıl trend değeri hesaplanmış, bu istasyona ait sonbahar toplam yağış değerlerinin düşük değerlerinde hafif artış, ortanca ve yüksek değerlerinde azalma ile birlikte çok-düzenli (non-monotonik) azalma trendi görülmektedir.



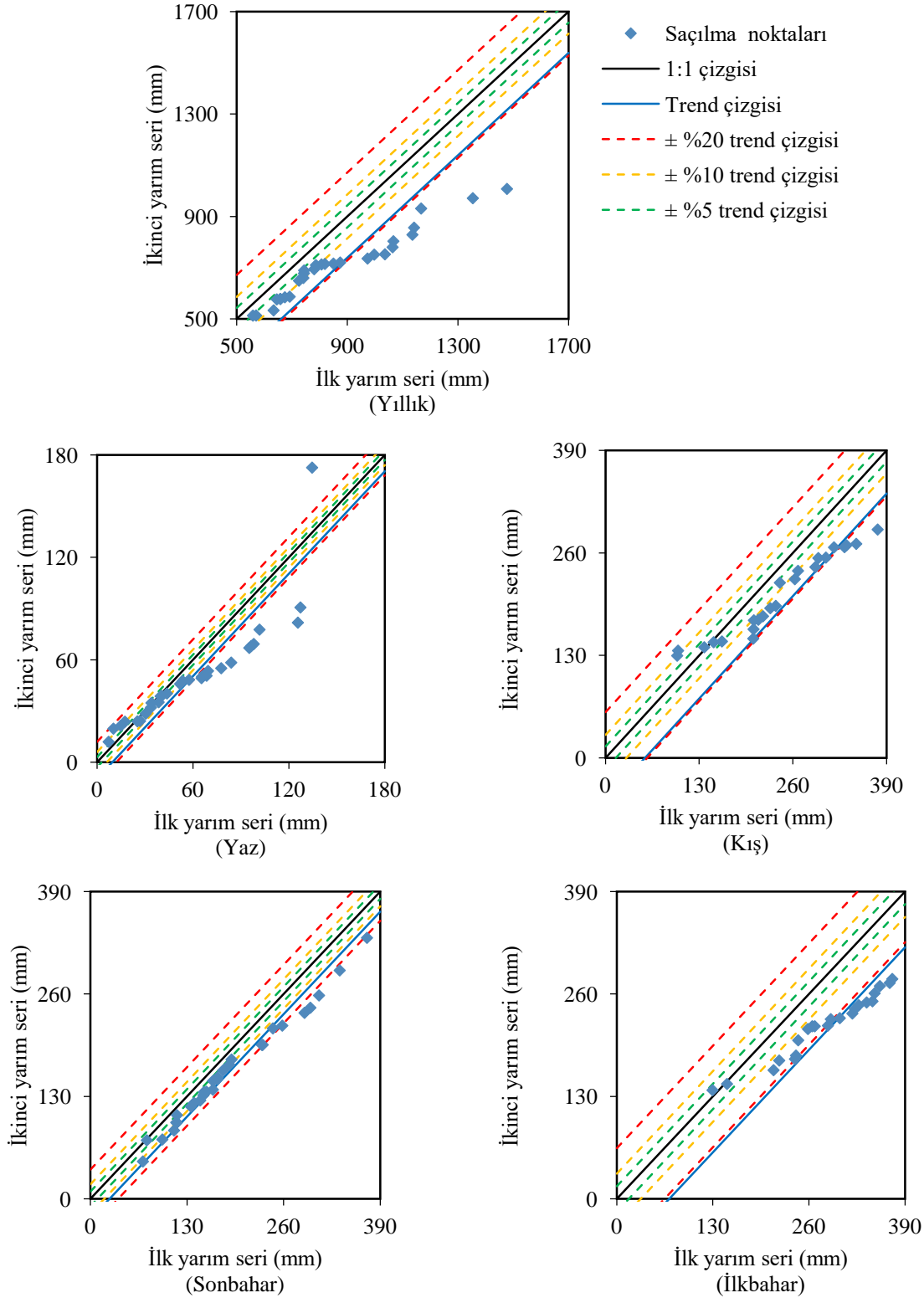
Şekil 4. Toplam Yağış Verilerinin Şen-YYÇ Trend Grafiği (Karlıova İstasyonu)

Kış mevsimi toplam yağış değerlerinin trend değeri, -1.78 mm/yıl ve ilkbahar mevsiminin trend değeri, -1.83 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Her iki mevsimde de tüm değerlerde azalan monotonik trend görülmektedir. Yaz mevsimi toplam yağış değerlerinde, düşük değerlerde ciddi artış, ortanca ve yüksek değerlerde azalış tespit edilerek, çok-düzenli azalış trendi gözlemlenmiştir. Bu mevsimin trend değeri 0.141 mm/yıl olarak artış yönünde bulunmuştur. (Şekil 3.)



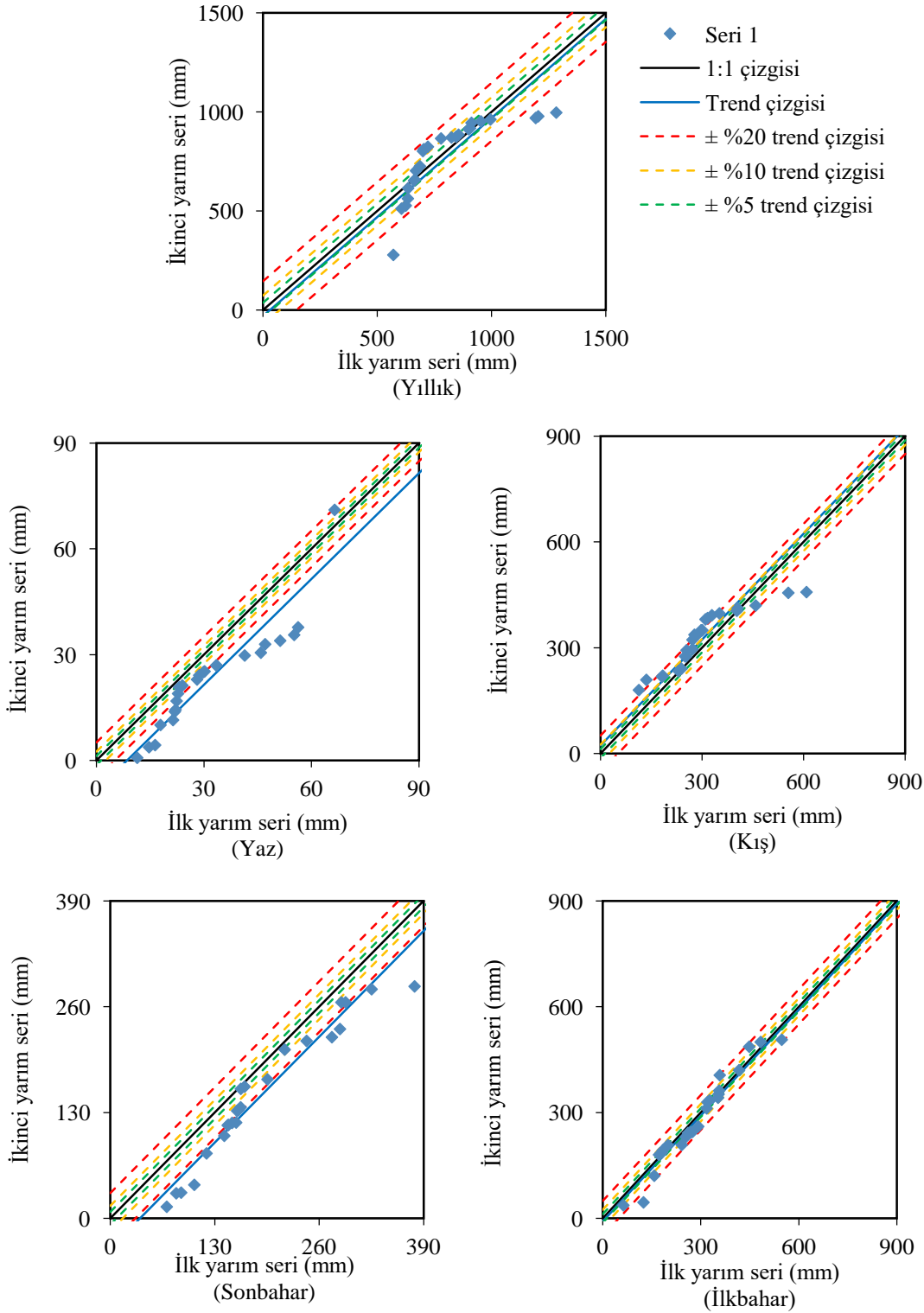
Şekil 5. Toplam Yağış Verilerinin Şen-YYÇ Trend Grafiği (Solhan İstasyonu)

Bingöl ilinde 1960-2017 yılları arasında yıllık toplam yağış değerinde bir azalış trendinin olduğu ve bu azalış trendi kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde meydana gelen azalma trendinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca Bingöl istasyonunun yaz mevsimi toplam yağış değerlerinde diğer mevsimlerin aksine artan yönde trend meydana gelmektedir.



Şekil 6. Toplam Yağış Verilerinin Şen-YYÇ Trend Grafiği (Kiğı İstasyonu)

Bingöl ilinin Karlıova ilçesinde bulunan istasyon değerlerinin yıllık toplam yağış değerlerinde, -1.96 mm/yıl trend değeri elde edilmiştir. Bu değerlerin grafiği incelendiğinde düşük değerlerde hafif artış; ortanca ve yüksek değerlerde ciddi azalma ile birlikte çok-düzenli azalan trend mevcuttur. Kış mevsimi toplam yağış değerlerinin trend değeri, -0.73 mm/yıl; ilkbahar mevsiminin trend değeri, -1.07 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Her iki mevsimde de tüm değerlerde hafif azalan tek-düzenli azalma trendi görülmektedir. Yaz ve sonbahar mevsimi Şen-YYÇ trend grafikleri incelendiğinde düşük değerlerde hafif artış, ortanca ve yüksek değerlerde hafif azalış yönünde trend ile birlikte çok-düzenli azalan trend gözlenmiştir.



Şekil 7. Toplam Yağış Verilerinin Şen-YYÇ Trend Grafiği (Genç İstasyonu)

Yaz ve sonbahar mevsimlerinin trend değerleri sırasıyla, -0.05 mm/yıl ve -0.11 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 4).

Solhan ilçesinde bulunan yağış gözlem istasyonunun toplam yağış değerlerindeki trendler yıllık -1.17 mm/yıl değeri olarak azalış yönündedir. Kış mevsiminde, -0.81 mm/yıl, ilkbahar mevsiminde -0.399 mm/yıl ve sonbahar mevsiminde -0.03 mm/yıl olarak azalma trendine sahiptir. Yaz mevsimi diğer mevsimlerin aksine 0.07 mm/yıl ile artış trendine sahiptir (Şekil 5). Yaz mevsimi düşük ve ortanca toplam yağış değerlerinde ciddi artış görülmektedir.

Kiğı ilçesi yağış gözlem istasyonunun toplam yağış değerlerinde yıllık ölçekte, -5.57 mm/yıl değerinde azalış trendi görülmektedir. Kış mevsiminde, -1.89 mm/yıl, ilkbahar mevsiminde -2.44 mm/yıl, sonbahar mevsiminde -0.77 mm/yıl ve yaz mevsiminde -0.47 mm/yıl değerinde azalış trendi tespit edilmiştir (Şekil 6). Yıllık, yaz ve kış mevsimlerinde yüksek toplam yağış değerlerinde ciddi azalış görülmektedir.

Genç ilçesinde bulunan yağış istasyonunun toplam yağış değerlerinde, yıllık -2.62 mm/yıl ilkbahar mevsiminde -0.56 mm/yıl, yaz mevsiminde -0.31 ve sonbahar mevsiminde -2.02 mm/yıl değerinde azalma trendi hesaplanmıştır. Kış mevsimi ise diğer mevsimlerin aksine 0.27 mm/yıl değerinde artış trendi görülmektedir (Şekil 5). Kiğı istasyonundaki gibi yıllık, yaz ve kış mevsimlerinin yüksek toplam yağış değerlerinde ciddi azalış görülmektedir.

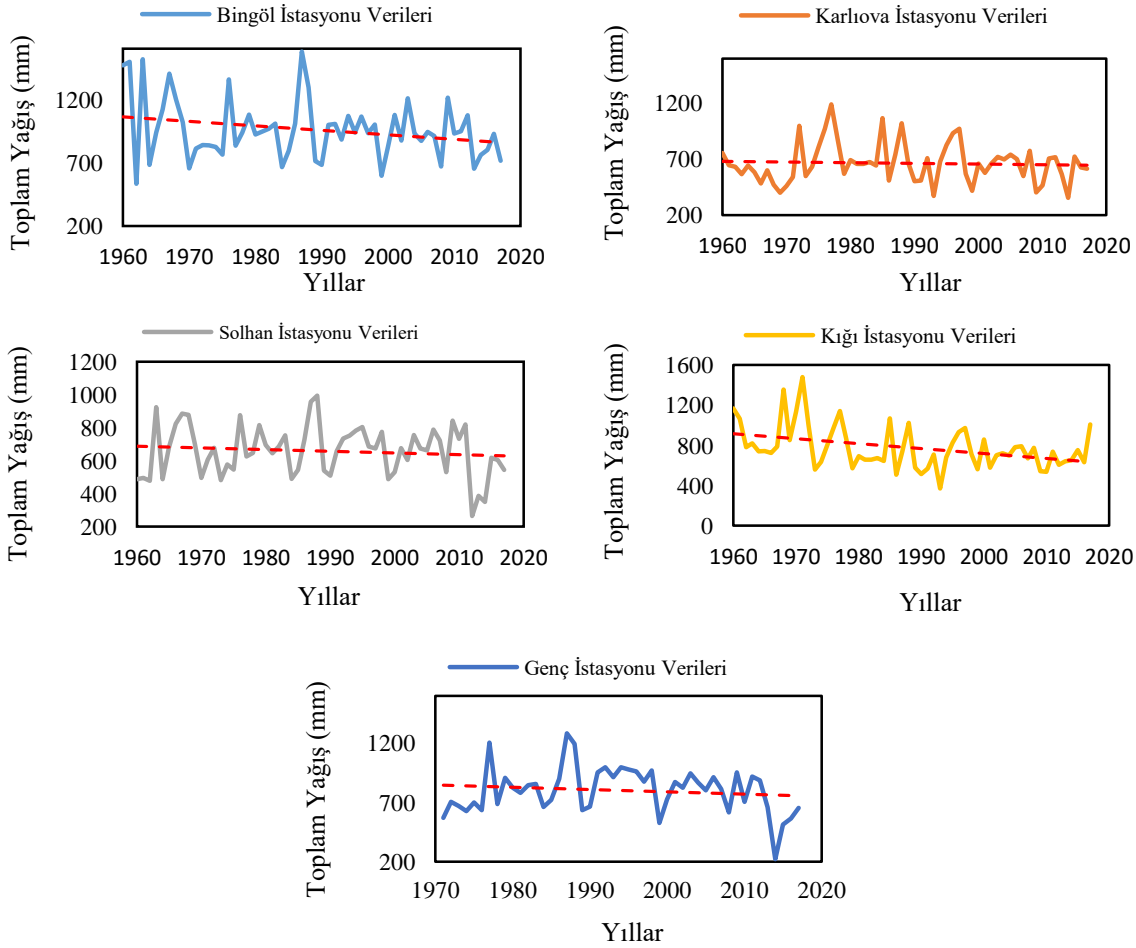
Çalışma alanı olarak seçilen 5 istasyonun 1960-2017 yılları arasındaki toplam yağış değerlerinin zamansal değişim grafiği Şekil 8 üzerinde görülmektedir. Bu istasyonlardan en fazla değişim Kiğı istasyonunda meydana gelmektedir. Bu istasyonda, -2.83 mm/yıl değerinde toplam yağış miktarında azalış trendi görülmektedir. Bu istasyonlardan en az azalma trendi ise Solhan istasyonu verilerinde meydana gelmektedir. Bu azalma trendi Solhan istasyonunda her yıl, -0.69 mm/yıl mertebesinde dir. Diğer istasyonlarda da toplam yağış değerlerinde bir azalış trendi olduğu ve bu değişimin maksimum (Kiğı) ve minimum (Solhan) değerleri arasında olduğu görülmektedir.

Mevsimsel Mann-Kendall (MK_M) yöntemi Bingöl ili, Karlıova, Kiğı, Solhan ve Genç ilçelerinin sonbahar, kış, ilkbahar, yaz ve yıllık toplam yağış istasyon değerlerine uygulanmıştır. %80, %90 ve %95 güven seviyelerine göre kritik standart normal z değeri ± 1.28 , ± 1.65 ve ± 1.96 olarak alınmıştır (Tablo 2). Var kısaltması %80 güven seviyesinde azalış trendi, Var(-) %90 güven seviyesine göre azalış trendi ve Var(--) %95 güven seviyesine göre azalış trendini göstermektedir.

Sonbahar mevsiminde çalışma alanı olarak seçilen istasyon değerlerinde herhangi bir anlamlı azalan trend değeri MK yöntemine göre tespit edilememiştir. Şen_YYÇ yöntemine göre tüm istasyonlarda azalan yönde bir trend olduğu görülmüştür.

Kış mevsiminde Karlıova dışındaki diğer istasyonlarda herhangi bir anlamlı trend görülmemektedir. Karlıova verilerinde %95 anlam seviyesinde azalış trendi görülmektedir. Şen_YYÇ yöntemine göre bu mevsimde Genç istasyonunda artan yönde bir trend görülürken, diğer tüm istasyonlarda azalan yönde bir trend görülmüştür.

İlkbahar mevsiminde, MK yöntemine göre yalnızca Kiğı verilerinde %80 anlam düzeyinde bir azalma trendi görülürken, diğer istasyonlardan alınan verilerde anlamlı bir trend görülmemektedir. Bu mevsimde Şen_YYÇ testinde tüm istasyonlarda azalan yönde trend görülmektedir.



Şekil 8. İstasyonların Toplam Yağış Değerlerinin Zamansal Değişim Grafiği [13]

Yaz mevsiminde, çalışma alanında MK yöntemine göre Kiğı istasyonu toplam yağış değerlerinde %95 anlam düzeyinde azalma trendi görülmekte, Genç istasyonu değerlerinde %80 anlam düzeyinde azalan yönde bir trend görülmektedir. Bingöl, Karlıova ve Solhan istasyonlarında herhangi bir anlamlı trend MK yöntemine göre hesaplanmamıştır.

Yıllık toplam yağış değerlerinde, sadece Kiğı ilçesi için %95 güven seviyesinde anlamlı azalma trendi tespit edilmiştir. Diğer Bingöl ili, Karlıova, Solhan ve Genç ilçelerindeki istasyonlarda anlamlı bir trend bulunamamıştır (Tablo 2.)

Bingöl ili ve çevresindeki ilçelerin (Karlıova, Kiğı, Solhan ve Genç) toplam yağış değerleri MK ve Şen_YYÇ yöntemleri ile analiz edilmiştir. Şen_YYÇ yöntemi ile tüm istasyonların yıllık toplam değerlerinde azalan yönde trend görülmektedir. Mevsimsel incelemelerde sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde tüm istasyonlarda azalış trendi görülmektedir. Kış mevsiminde yalnızca Genç istasyonunda; yaz mevsiminde ise Bingöl ve Solhan istasyonlarında artış trendi görülmektedir. MK yöntemine göre 25 toplam yağış zaman serisinin 3'ünde %95 anlam seviyesinde azalış trendi, 1 tanesinde %80 anlam seviyesinde azalış trendi ve 21'inde herhangi bir trend bulunamamıştır. Şen_YYÇ yönteminde ise tüm istasyonlarda görsel kısmi trendler tespit edilmiştir ve bu durum Şen_YYÇ yönteminin trend belirleme açısından daha hassas olduğunu göstermektedir [15]. Çalışmada toplam yağış değerleri, 4 mevsim olarak incelenmiştir. Mevsimsel Mann-Kendall (MK_M) testi mevsimsel kaymalarını tespit etmek için kullanılmıştır. MK_M testi standart test istatistik değerlerinin sonuçları incelendiğinde; Bingöl istasyonu için, -0.187, Karlıova istasyonu için -2.04, Solhan istasyonu için -0.43, Kiğı istasyonu için -2.89, Genç istasyonu için -1.12 bulunmuştur. Bu bulgular doğrultusunda Bingöl ili ve çevresindeki ilçelerin (Karlıova, Kiğı, Solhan

ve Genç) istasyon verilerinde Mevsimsel Mann-Kendall (MK_M) ve Mann-Kendall (MK) testleri arasında trend değerlerinde ciddi bir farklılık olduğu görülmektedir. Karlıova ve Kiğı istasyonlarında hesaplanan yüksek z istatistik değerleri ($|z| \geq 1.96$), bu istasyonlarda mevsimsel bir kayma (değişim) riskini göstermektedir.

Tablo 2. Çalışma Alanı Yağış Verilerinin Mann-Kendall (MK) Test Sonuçları [13]

Mevsimler	İstasyonlar	Mann-Kendall			Şen-YYÇ		Karar
		Eğim değeri ve yönü	Kritik değer (σ)	Monotonik trend (\pm)	Trend aralığı	Kritik değer	
Sonbahar	Bingöl	-0.003	± 1.280	Yok	-10% ile -5%	$\pm 5\%$	Azalan trend
	Karlıova	-0.924	± 1.280	Yok	-10% ile -5%	$\pm 5\%$	Azalan trend
	Solhan	-0.962	± 1.280	Yok	0% ile -5%	$\pm 0\%$	Azalan önemsiz trend
	Kiğı	-1.255	± 1.280	Yok	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Genç	-1.238	± 1.280	Yok	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
Kış	Bingöl	0.302	± 1.280	Yok	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Karlıova	-2.118	± 1.960	Var (--)	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Solhan	-0.411	± 1.280	Yok	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Kiğı	-1.246	± 1.280	Yok	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Genç	1.201	± 1.280	Yok	5% ile 10%	$\pm 5\%$	Artan önemli trend
İlkbahar	Bingöl	-0.816	± 1.280	Yok	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Karlıova	-0.853	± 1.280	Yok	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Solhan	-0.541	± 1.280	Yok	0% ile -5%	$\pm 0\%$	Azalan önemsiz trend
	Kiğı	-1.403	± 1.280	Var	-20% ile $\pm 20\%$	$\pm 20\%$	Azalan çok önemli trend
	Genç	-0.816	± 1.280	Yok	0% ile -5%	$\pm 0\%$	Azalan önemsiz trend
Yaz	Bingöl	0.714	± 1.280	Yok	20% ile 10%	$\pm 10\%$	Artan önemli trend
	Karlıova	-0.174	± 1.280	Yok	0% ile 5%	$\pm 0\%$	Artan önemsiz trend
	Solhan	1.052	± 1.650	Yok	5% ile 10%	$\pm 5\%$	Artan Trend
	Kiğı	-1.866	± 1.960	Var (-)	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Genç	-1.384	± 1.280	Var	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
Yıllık	Bingöl	-0.516	± 1.280	Yok	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Karlıova	0.447	± 1.280	Yok	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Solhan	-0.076	± 1.280	Yok	-10% ile -5%	$\pm 5\%$	Azalan trend
	Kiğı	-2.623	± 1.960	Var (--)	-20% ile -10%	$\pm 10\%$	Azalan önemli trend
	Genç	-0.674	± 1.280	Yok	0% ile -5%	$\pm 5\%$	Azalan önemsiz trend

Var : %80 güven seviyesinde trend, **Var (-)**: %90 güven seviyesinde trend, **Var (--)**: %95 güven seviyesinde trend

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Bingöl il sınırları içinde bulunan 5 adet istasyondaki toplam yağış değerleri için trend olasılıkları incelenmiştir. Çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan Mann-Kendall testinin yanı sıra son dönemlerde literatüre katılan Şen-YYÇ yöntemleri kullanılmıştır. Bu 5 istasyondaki yıllık toplam yağış değerlerinin trend analizinin yanı sıra mevsimlerdeki değişimlerde incelenmiştir. Bingöl il sınırları içinde tüm istasyonlardaki yağış verilerinde 1960-2017 yılları arasında azalma yönünde bir trend olduğu hesaplanmıştır. Bu azalmanın en çok yaşandığı istasyon Bingöl istasyonunun kuzeybatısına düşen Kiğı istasyonu olmuştur. Çalışma alanında ilk defa işletmeye alınan Özlüce Barajı'na en yakın istasyonun Kiğı istasyonu olması, yapay baraj gölünün söz konusu istasyonunun yağış değerleri üzerinde azalış trendine neden olduğunu düşündürmektedir. Bu ilçedeki istasyonda toplam yağış değerlerindeki azalış trendi -2.83 mm/yıl ile incelenen istasyonlar arasında maksimum azalış trendine sahiptir. Bu istasyonların mevsimsel incelemelerinde genel anlamıyla azalan yönde bir trend olduğu görülmektedir. Diğer istasyonların aksine sadece Bingöl ve Solhan istasyonu için yaz mevsiminde, Genç istasyonunda kış mevsimim toplam yağış değerlerinde artış trendi görülmektedir. Ayrıca çalışmada Karlıova ve Kiğı istasyonların mevsimsel MK değerleri incelendiğinde iklimsel bir kaymanın meydana geldiği görülmektedir. Genel anlamıyla Bingöl ili merkez ve ilçelerdeki istasyonların yağış değerlerinde azalış trendi görülmekte ve bu durumun da kuraklık riski açısından planlamalarda değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Mevsimsel kayma tarım sektörü için toplam yağış değerlerindeki artış veya azalış trendlerine göre çok daha ciddi zararlara neden olabilmektedir. Ayrıca yapılan çalışmada sadece bölgedeki

değişimin yanı sıra yöntemlerinin mukayesesi de görülmekte; Mann-Kendall testi trendin varlık durumu inceleme imkanı sunmasına karşın, Şen_YYÇ yönteminin veri setini çok düzenli inceleme imkanı sunması ve bulunan trend değerlerinin rakamsal değerinin olmasıda bu yöntemin diğer yöntemlere göre en büyük avantajıdır.

KAYNAKLAR

- [1]. Helsel, D. R., & Hirsch, R. M. Statistical methods in water resources. Elsevier, 1992, (Vol. 49)
- [2]. Toros, H., Trend analysis of climatologic series in Turkey. MSc thesis, 1993, Institute of Science Technology, Istanbul Technical University.
- [3]. Demir, A. D., Demir, Y., Şahin, Ü. & Meral, R. Bingöl İlinde Sıcaklık ve Yağışların Trend Analizi ve Tarıma Etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2017, 4(3), 284-291.
- [4]. Alashan, S. Bingöl İli Rüzgâr Potansiyeli ve İklim Değişikliğinin Etkisi. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2020, 6(1), 1-12.
- [5]. Alashan, S.. "Data Analysis in Nonstationary State." Water Resources Management, 2018.
- [6]. Caloiero, T., Aristodemo, F., and Algieri Ferraro, D. "Trend analysis of significant wave height and energy period in southern Italy." Theoretical and Applied Climatology, 2019.
- [7]. Dabanlı, İ., Şen, Z., Yeleğen, M. Ö., Şişman, E., Selek, B., and Güçlü, Y. S. "Trend Assessment by the Innovative-Şen Method." Water Resources Management, 2016, 30(14), 5193-5203.
- [8]. Güçlü, Y. S. "Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test." Journal of Hydrology, Elsevier, 2018, 566, 685-704.
- [9]. Şen, Z. "Innovative Trend Analysis Methodology." Journal of Hydrologic Engineering, 2012, 17(9), 1042-1046.
- [10]. Şen, Z. "Trend Identification Simulation and Application." Journal of Hydrologic Engineering, American Society of Civil Engineers, 2014, 19(3), 635-642,.
- [11]. Wu, H., Li, X., Qian, H., and Chen, J. "Improved partial trend 9method to detect rainfall trends in Hainan Island." Theoretical and Applied Climatology, 2019.
- [12]. Cebe, E. N. Türkiye Akarsularında Mevsimsel Trend Analizi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [13]. Yükseler, Ufuk. Küresel iklim değişikliğinin akarsuların akış potansiyellerine etkisi; Bingöl Göynük Çayı örneği. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi.
- [14]. Y. S. Güçlü, "Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA," J. Hydrol., 2020, doi: 10.1016/j.hydrol.2020.124674.
- [15]. Machiwal, D., Gupta, A., Jha, M. K., and Kamble, T. "Analysis of trend in temperature and rainfall time series of an Indian arid region: comparative evaluation of salient techniques." Theoretical and Applied Climatology, 2019.