

Karadeniz Bölgesinde Yıllık Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall Yöntemleri ile Trend Analizi

Samet TOKGÖZ¹, Turgay PARTAL^{1*}

ÖZET: Yağış ve sıcaklık verileri üzerine yapılan analizler iklim değişikliği çalışmalarını için önemlidir. Bu çalışmada Karadeniz Bölgesinin yağış ve sıcaklık verileri üzerine trend analizi uygulanmıştır. Bu amaçla Mann-Kendall testi ve Yenilikçi Şen yöntemi 1960-2015 veri aralığına sahip olan 16 istasyonun verileri üzerine uygulanmıştır. Sonuçlar, Yenilikçi Şen yöntemine göre sıcaklık verileri için 16 istasyonun tamamında artan trend göstermiştir. Halbuki Mann-Kendall testine göre 7 istasyonda artan trend belirlenmiştir. Benzer sonuçlar yağış verileri üzerine trend analizinde de elde edilmiştir. Bu sonuçlar bize göstermektedir ki Yenilikçi Şen yöntemi yağış ve sıcaklık verileri üzerinde daha çok istatistiksel önemli trend gösterir. Ayrıca, Karadeniz Bölgesinde yıllık yağış ve sıcaklıklar genel olarak artış trendi gösterirler.

Anahtar Kelimeler: Yenilikçi Şen Yöntemi, Mann-Kendall Yöntemi, Yağış, Sıcaklık, Karadeniz Bölgesi.

Trend Analysis with Innovative Sen and Mann-Kendall methods of Annual Precipitation and Temperature data in the Black Sea Region

ABSTRACT: The analysis on precipitation and temperature data is important for climate change researchers. This study has been carried out to trend analysis on precipitation and temperature data of the Black Sea Region. Mann-Kendall test and Innovative Sen's Method was applied on the data of 16 stations spanning from 1960 to 2015. As result, Sen's Method showed increasing trend in all of the stations for temperature data. However, Mann-Kendall test showed only seven increasing trend for temperature data. Similar results was also obtained for the precipitation data. As result, the Innovative Sen's method shows more statistically significance trends in the precipitation and temperature data. Besides, annual precipitations and temperatures in Black Sea Region shows generally increasing trend.

Keywords: Innovative Sen Method, Mann-Kendall Method, Precipitation, Temperature, Black sea Region

¹ Samet TOKGÖZ (Orcid ID: 0000-0002-3724-9358), Turgay PARTAL (Orcid ID: 0000-0002-3779-441X), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Turgay PARTAL, e-mail: turgay.partal@omu.edu.tr

* Bu çalışma Samet TOKGÖZ'ün Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Ülkemizde kişi başına düşen su miktarı bakımından zengin su kaynaklarına sahip ülkeler arasında değildir. Değişen iklim koşulları ve artan nüfus sonucunda su kullanımında meydana gelen artıştan dolayı su sıkıntısı yaşanmaması için su kaynaklarının planlı kullanımı, su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Günümüzde iklim değişimi önemli bir problem olarak kabul edilmektedir. Bu problemin gelecekte ülkemizi ve dünyayı nasıl etkileyeceğini belirlemek, meydana gelecek zararların en az hasarla atlatılmasında ve gerekli önlemlerin alınabilmesinde yarar sağlayacaktır. Özellikle ülkemizin iklim değişiminin etkileri konusunda hassas bir konumda olduğu kabul edilmektedir (Topuz, 2017). Dolayısıyla iklim değişikliğine karşı ülkemizin bu hassasiyet derecesine göre gerekli araştırmaları yapması ve gerekli önlemleri alması önem arz etmektedir. İklim değişikliği ile ilgili çalışmalar içerisinde sıcaklık ve yağış parametreleri üzerinde yapılan trend analizleri önemli bir yere sahiptir. Çünkü trend analizi bölgedeki yağış, sıcaklık ve akış gibi verilerin zamanla nasıl değiştiğini bize gösterir (Yıldırım, 2015). Yağış ve sıcaklık gibi hidrometeorolojik değişkenlere yönelik Türkiye’de ve dünyada pek çok çalışma yapılmıştır (Türkeş ve Erlat, 2005; Xu ve diğ., 2010; Eriş ve Ağralıoğlu, 2012; Gocic and Trajkovic, 2013; Liuzzo and Freni, 2015; Uzunkol ve Kızılelma, 2016; Topuz,2017). Bu çalışmalarda yağış, sıcaklık ve akış gibi parametreler üzerine trendi belirlemek için genellikle Mann-Kendall yöntemi kullanılmıştır. Çünkü parametrik olmayan ve verilerin değerlerinden çok sıraları ile ilgili olan Mann-Kendall testi hidrometeorolojik zaman serilerinde trendin belirlenmesi konusunda çok başarılıdır (Gocic and Trajkovic, 2013). Partal ve Kahya (2006) Türkiye yağışlarını Mann-Kendall testi ile analiz etmişler ve Karadeniz bölgesinin kıyılarında bazı istasyonlarda azalan trend bulmuşlardır.

Şen (2012), kartezyen koordinat sistemi üzerinde verilerin sunumunu esas alan yeni bir trend analizi yaklaşımını literatüre kazandırmıştır. Yenilikçi Şen yöntemi daha sonra başka bazı çalışmalarda da eğilimleri belirlemek için kullanılmıştır (Şen, 2013; Şen, 2015; Güçlü, 2018). Öztöpal ve Şen (2017) Yenilikçi Şen yöntemiyle Türkiye’de 7 bölgeye ait 35 istasyonun aylık yağışlar üzerine eğilim analizini uygulamışlardır. Bu çalışmalarında 35 istasyon için düşük, orta ve yüksek yağışların trendlerini Yenilikçi Şen yöntemiyle araştırmışlar ve bazı trendler belirlemiştirler. Mohorji vd. (2017) Yenilikçi Şen yönteminin yeteneğini, aylık ve yıllık sıcaklık verilerine uygulayarak göstermeyi amaçlamışlardır. Alashan (2018) çalışmasında farklı ülkelerden 3 farklı istasyona ait akım, sıcaklık ve yağış verilerine Yenilikçi Şen yöntemini uygulamış ve farklı veri tiplerinin etkisini araştırmıştır. Güçlü (2018) Türkiye’deki 24 istasyona ait yıllık yağış verileri üzerine Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen yöntemini uygulamış, Yenilikçi Şen yönteminin Mann-Kendall yöntemine göre trendleri daha detaylı belirlediğini söylemiştir. Yılmaz ve Tosunoğlu (2019) Türkiye’deki 153 istasyona ait maksimum akımlara, Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall yöntemlerini uygulamış ve Yenilikçi Şen yönteminin Mann-Kendall testine göre daha çok trend gösterdiğini belirlemiştir.

Bu çalışmada, Karadeniz Bölgesinde yer alan belirli istasyonlara ait yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall yöntemleri ile trend analizleri incelenmiştir. Her iki yöntem için trend analizleri ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış böylece iki yöntemin birbirine göre farkları ortaya konmuştur. Mann-Kendall yöntemi verilerin uzunluğu, dağılımı ve serisel korelasyonu gibi bazı sınırlayıcı kabullere bağlıdır. Yenilikçi Şen yöntemi kabullere ihtiyaç duymayıp verilerin ilk ve ikinci yarısı arasındaki anlamlı farkı belirleyerek azalma ya da artma trendini belirleme esasına dayanır. Ayrıca Yenilikçi Şen yöntemi, görsel olarak eğilimdeki değişikliklerin belirlenmesi açısından da faydalı olduğundan bu çalışmada kullanılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Yenilikçi Şen Yöntemi

Yenilikçi Şen yöntemi için uygulama aşamaları aşağıda verilmiştir (Şen, 2012);

1) İçerisinde n adet veri olan bir zaman dizisi

$$(x_1, x_2, \dots, x_n), \{y_{1,n/2}\} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n/2}\} \text{ ve } \{y_{2,n/2}\} = \{x_{n/2+1}, x_{n/2+2}, \dots, x_n\} \quad (1)$$

şeklinde zamana göre iki parçaya ayrılır.

2) Elde edilen veriler büyükten küçüğe veya küçükten büyüğe sıralanarak aşağıdaki gibi;

$$\{r_1\} = \{\min(y_{1,n/2}), \dots, y_i, \dots, \max(y_{1,n/2})\} \quad (1 < i < n/2) \quad (2)$$

$$\{r_2\} = \{\min(y_{2,n/2}), \dots, y_j, \dots, \max(y_{2,n/2})\} \quad (1 < j < n/2) \quad (3)$$

veya

$$\{r_1\} = \{\max(y_{1,n/2}), \dots, y_i, \dots, \min(y_{1,n/2})\} \quad (1 < i < n/2) \quad (4)$$

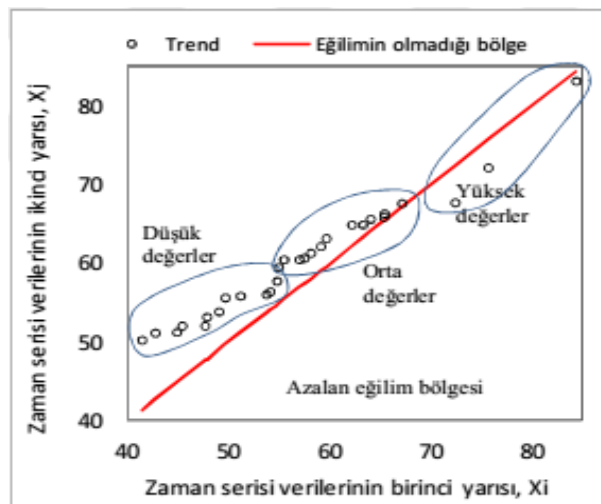
$$\{r_2\} = \{\max(y_{2,n/2}), \dots, y_j, \dots, \min(y_{2,n/2})\} \quad (1 < j < n/2) \quad (5)$$

Olarak yeni seriler elde edilir.

3) Daha sonra $\{r_1\}$ kümesindeki değerlere karşılık olmak üzere $\{r_2\}$ veri kümesindeki değerler bir grafik üzerinde noktalanarak saçılma diyagramı elde edilir. Yatay ve düşey eksenini de aynı ölçeğe sahip olan bu diyagram, $\{r_1\}$ kümesinin en küçük değerine karşılık $\{r_2\}$ kümesinin en küçük değerini $[\min(y_{1,n/2}), \min(y_{2,n/2})]$ içerirken $\{r_1\}$ kümesinin en büyük değerine karşılık $\{r_2\}$ kümesinin en büyük değerini $[\max(y_{1,n/2}), \max(y_{2,n/2})]$ içerir. Burada $\{r_1\}$ verileri serinin ilk yarım bölümünü yatay ekseninde, $\{r_2\}$ verileri ise serinin ikinci yarım bölümünü düşey ekseninde temsil eder.

4) Aynı saçılma grafiği içinde 45° açısına yani 1:1 eğime sahip doğru, grafik üzerinde orijinden geçecek şekilde yerleştirilir.

5) Grafik üzerinde saçılma değerlerin 1:1 doğrusuna göre durumuna bakılarak eğilim hakkında karar verilir. Eğer verilerin çoğunluğu doğrunun üst tarafında kümelenmişse artan eğilim, alt tarafında kümelenmişse azalan eğilim olduğu yönünde karar verilir. Eğer değerler doğru boyunca dağılmış ise bu durum eğilimin olmadığını göstermektedir (Güçlü, 2018)



Şekil 1.Şen yöntemi saçılım sonuç diyagramı

Ayrıca, çalışılan hidrolojik parametrenin düşük, orta ve yüksek değerlerine göre ayrılarak grafiksel olarak değerlendirme yapılabilir (Şen, 2012). Buna göre, kartezyen koordinat sisteminde, oluşan iki veri sütununun ilki (X_i) X-eksenine, diğeri (X_j) ise Y-eksenine yerleştirilir (Şekil 1). Oluşan iki boyutlu grafik üzerinde veri noktaları 1:1 (45°) çizgisinin üzerine toplanmış ise bir eğilim yoktur denir. Verilerin düşük değerleri, orta değerleri ve yüksek değerleri için kartezyen koordinat sistemindeki 1:1 doğrusunun alt yada üst tarafında yer almasına göre ayrı ayrı azalan yada artan trend olduğu yorumu yapılabilir (Şen, 2012).

Şen (2015) tarafından bu yönteme eklenen istatistikî süreç ile sonuçların istatistiksel olarak kontrol edilmesi sağlanmıştır. Belirtilen istatistiksel sürecin işlem basamakları aşağıdaki denklemlerde belirtilmiştir.

$$E(s) = \frac{2}{n} \left[E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1) \right] \quad (6)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{4}{n^2} \left[E(\bar{y}_2^2) - 2E(\bar{y}_2 \bar{y}_1) + E(\bar{y}_1^2) \right] \quad (7)$$

$$\rho_{\bar{y}_1 \bar{y}_2} = \frac{E(\bar{y}_1 \bar{y}_2) - E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1)}{\sigma_{\bar{y}_2} \sigma_{\bar{y}_1}} \quad (8)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{8}{n^2} \frac{\sigma^2}{n} (1 - \rho_{\bar{y}_2 \bar{y}_1}) \quad (9)$$

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

$$CL_{(1-\alpha)} = 0 \mp s_{critical} \sigma_s \quad (11)$$

Denklemlerde; (y_1) ilk verinin ortalaması, (y_2) ikinci verinin ortalaması, (ρ) birinci ve ikinci veriler arasındaki korelasyon, s eğim değeri, n veri sayısı, σ tüm verilerin standart sapması, σs eğim standart sapmasını göstermektedir.

S_{kritik} tek yönlü hipotezde (örneğin %95 güven düzeyinde) Z_{kritik} değerleri göstermektedir. Eşitlik 11 ile hesaplanan kritik üst ve alt limit değerleri, hipotez testinin sınırlarını belirlemek için oluşturulmuştur. Her istasyonun eğim değeri s 'nin alt ve üst güven limitlerinin dışındaysa zaman serisinde bir eğilim vardır şeklinde değerlendirilir. Eğilim yönü s 'nin işaretine bağlı olarak belirlenir. Eğim değeri s pozitif veya negatif olabilir. Bu, zaman serilerinde artan (+) veya azalan (-) bir eğilim olduğu anlamına gelir (Sen, 2015).

Mann-Kendall Yöntemi

Mann-Kendall testi Mann (1945) ve Kendall (1975) tarafından geliştirilmiştir. Bu test rastgele değişkenin dağılımından bağımsız olup parametrik olmayan bir testtir. Bu özelliğinden dolayı Mann-Kendall testi özellikle hidrometeorolojik veriler üzerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teste göre H_0 hipotezi bir zaman serisinde trend olmadığını, H_1 karşıt hipotezi ise trend olduğunu kabul etmektedir (Bayazıt, 1996).

Zaman serisinde x_1, x_2, \dots, x_n x_i ve x_j çiftleri iki gruba ayrılır. $i < j$ için $x_i < x_j$ olan çiftlerin sayısı P , ve $i > j$ için $x_i > x_j$ olan çiftlerin sayısı M ile gösterilirse test istatistiği (S), aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$S = P - M \quad (12)$$

Kendall korelasyon katsayısı τ ;

$$\tau = S/[n(n-1)/2] \quad (13)$$

$n \geq 10$ için S asimtotik olarak ortalaması sıfır, standart sapması ;

$$\sigma_s = n(n-1)(2n+5)/18 \quad (14)$$

olan normal dağılım gösterir. Dolayısıyla,

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases}$$

olarak tanımlanan Z istatistiğinin dağılımı standart normal dağılımdır. Eğer seride birbirine eşit olan değerler varsa Varyans S aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\sigma_s = \sqrt{[n(n-1)(2n+5) - \sum_i t_i(t_{i-1})(2t_i+5)]/18} \quad (16)$$

Burada t_i , sayısal değeri eşit olan eleman sayılarını göstermektedir. Z'nin mutlak değeri seçilen α anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın $Z_{\alpha/2}$ kritik değeri ile karşılaştırılır. Eğer bulunan değer kritik Z değerinden küçükse sıfır hipotezine göre incelenen zaman serisinde trend olmadığı aksi halde trend olduğu kabul edilmektedir. Buna göre trend belirlenmişse ve S değeri pozitif ise trendin artan yönde, negatifse azalan yönde olduğu sonucuna varılmaktadır (Bayazıt ve Önöz, 2004). Bu çalışmada kritik z değeri 1,96 olarak belirlenmiştir.

İçsel bağımlılık, hidrolojik zaman serilerinin trend analizinde önemli bir problemdir. Anlamlı bir içsel korelasyon varsa trend sonucunda belirli bir önem seviyesinde gerçekte olması gerekenden daha önemli bir trend bulunabilir (Partal ve Kahya, 2006). Bu nedenle bu çalışmada Mann-Kendall testi uygulanmadan önce içsel bağımlılığın önemi araştırılacak ve bulunan içsel bağımlılığın etkisini giderdikten sonra elde edilen veriye Mann-Kendall testi uygulanacaktır.

İçsel korelasyon katsayısı aşağıdaki denklemlerle belirlenir.

$$r(k) = \frac{\sum (x(t) * x(t+k)) - \frac{1}{n-k} \sum x(t) * \sum x(t+k)}{\left(\sum x^2(t) - \frac{1}{n-k} (\sum x(t))^2 \right)^{1/2} \left(\sum x^2(t+k) - \frac{1}{n-k} (\sum x(t+k))^2 \right)^{1/2}} \quad (17)$$

Burada öteleme sayısı (k) 1 olarak alınır. X(t) ise zaman serisinin herhangi bir andaki değeridir. Bulunan içsel korelasyonun %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için r'nin üst ve alt limitleri aşağıdaki gibi bulunur (Partal ve Kahya, 2006).

$$r_{üst} = \frac{1}{n-k} (-1 + z_{1-\alpha/2} \sqrt{n-k-1}) \quad (18)$$

$$r_{alt} = \frac{1}{n-k} (-1 - z_{1-\alpha/2} \sqrt{n-k-1}) \quad (19)$$

Burada n, toplam veri sayısı k, öteleme sayısı ve z normal dağılım tablosundan belirli bir güven aralığında ($\alpha=0,05$) okunan kritik değerdir.

Eğer bulunan içsel korelasyon %5 önem seviyesinde önemli değil ise zaman serisine Mann-Kendall testi aynen uygulanır. Aksi halde (X_1, X_2, \dots, X_n) orijinal zaman serisinden içsel bağımlılığı gidermek için önce aşağıdaki düzeltme yapılır. Elde edilen yeni veriye Mann-Kendall testi uygulanır.

$$(X_2 - r^*X_1, X_3 - r^*X_2, \dots, X_n - r^*X_{(n-1)}) \quad (20)$$

Çalışma Alanı



Şekil 2. Çalışma alanı meteoroloji gözlem istasyonları.

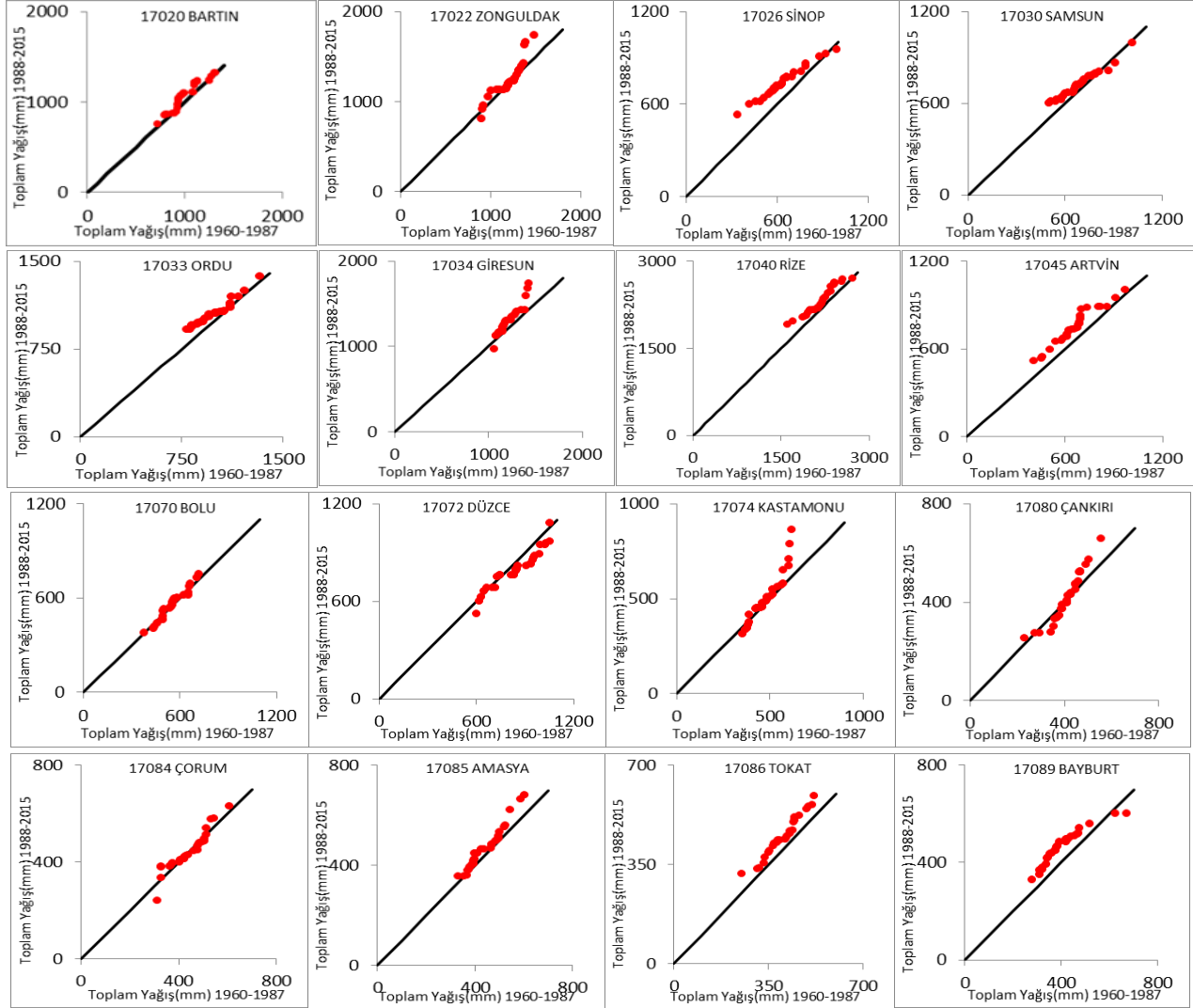
Bu çalışmada Karadeniz Bölgesinde yer alan 16 adet istasyona ait yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi ve Mann-Kendall Yöntemi kullanılarak trend analizleri yapılmıştır. Kullanılan veriler 1960 ile 2015 yılları arasındaki 55 yıllık dönemi kapsamaktadır. Bu bölgede Karadeniz iklimi etkilidir. Her mevsimde yağış görülür. Yıllık sıcaklık farkları azdır ve yazları serin, kışları ise ılıktır. Türkiye’de en fazla yağış alan bölge Karadeniz Bölgesi’dir. Çizelge 1 de 16 adet istasyona ait istasyon numarası, yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık, standart sapma, değişim katsayısı ve çarpıklık katsayıları gibi bazı veriler tablo halinde gösterilmiştir.

Çizelge 1. İstasyonlara ait bazı veriler

İstasyon no	Yıllık Toplam Yağış (mm)				Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)				
	Ortalama (mm)	S.Sapma	Değişim	Çarpıklık	Ortalama (°C)	S.Sapma	Değişim	Çarpıklık	
Bartın	17020	1039,24	161,58	15,55	0,132	12,73	0,66	5,17	0,478
Zonguldak	17022	1218,35	181,53	14,90	0,383	13,68	0,66	4,84	0,529
Sinop	17026	686,32	135,92	19,80	0,026	14,22	0,72	5,04	0,372
Samsun	17030	706,39	107,74	15,25	0,583	14,54	0,73	5,04	0,483
Ordu	17033	1023,86	124,79	12,19	0,449	14,32	0,79	5,49	0,642
Giresun	17034	1259,59	147,87	11,74	1,102	14,55	0,75	5,16	0,665
Rize	17040	2236,89	252,28	11,28	0,017	14,28	0,75	5,26	0,571
Artvin	17045	710,11	134,26	18,91	0,026	12,20	0,85	6,93	0,535
Bolu	17070	557,37	87,21	15,65	0,111	10,61	0,83	7,84	0,434
Kastamonu	17074	498,59	109,01	21,86	1,009	9,81	0,67	6,85	0,287
Düzce	17072	821,56	134,22	16,34	-0,064	13,28	0,76	5,71	0,420
Çankırı	17080	411,19	86,64	21,07	0,251	11,26	0,72	6,44	0,308
Çorum	17084	442,02	77,37	17,50	0,110	10,73	0,82	7,63	0,413
Amasya	17085	457,61	81,14	17,73	0,110	13,77	0,81	5,90	0,471
Tokat	17086	427,47	72,21	16,89	0,018	12,53	0,83	6,62	0,374
Bayburt	17089	436,51	85,65	19,62	0,465	7,04	1,03	14,66	0,406

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada ilk önce Sen yöntemi ile trend analizi uygulanmıştır. Aşağıda Karadeniz Bölgesinde bulunan 16 adet istasyona ait yıllık toplam yağış verilerinin Yenilikçi Şen testi saçılma grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 3. Karadeniz Bölgesindeki istasyonların yıllık toplam yağış verilerinin Şen Yöntemi ile saçılma diyagramı

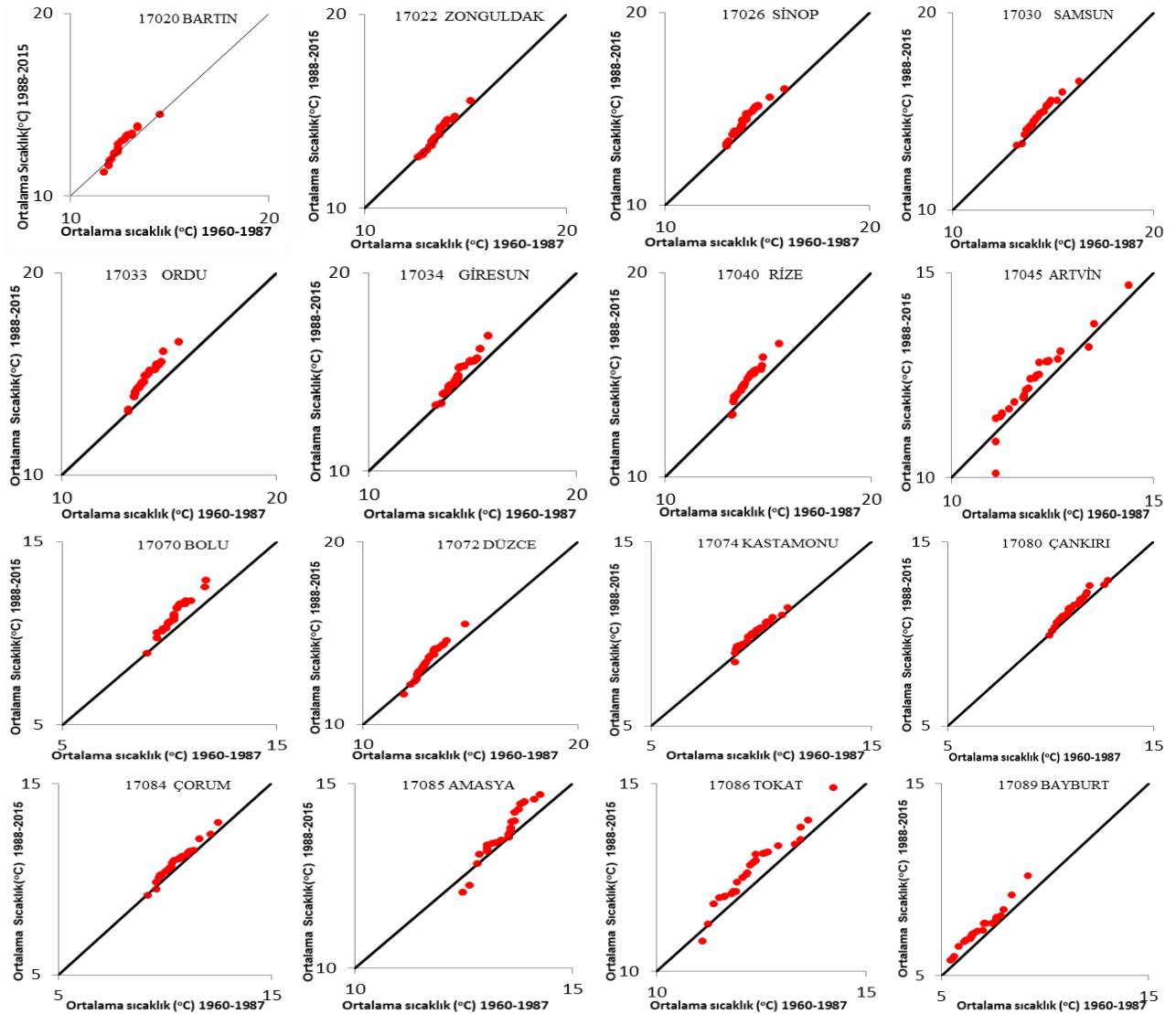
Şekil 3 'deki diyagramlara bakıldığında noktaların daha çok 1:1 doğrusunun üst üçgensel alanında toplandığı görülmektedir. Bu da bize Bartın, Zonguldak, Sinop, Samsun, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Kastamonu, Çankırı, Çorum, Amasya, Tokat ve Bayburt istasyonlarındaki yıllık toplam yağış verilerinde artan eğilim olduğunu göstermektedir. Düzce istasyonunda ise yıllık toplam yağış verileri daha çok 1:1 doğrusunun alt kısmında yer aldığı için eğilimin azalan yönde olduğu gözükmemektedir.

Şekil 3 bize eğilimin yönü hakkında önemli bilgiler verir ancak eğilimin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için 0,05 anlamlılık seviyesinde kritik değerler ile karşılaştırılması gerekir. Örnek olarak Bartın istasyonu için s değeri kritik alt ve üst sınırlar +0,428 ve -0,428 olarak belirlenmiştir. Bulunan s değeri 0,887 değeri +0,428 den büyük olduğundan artan trend olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar için Yenilikçi Şen yöntemine göre elde edilen eğim değerleri ile karşılık gelen kritik değerler Çizelge 2 de verilmiştir. Çizelge 2 ye göre, sadece Zonguldak istasyonunda herhangi bir trend olmadığı

diğer 15 istasyonda istatistiksel olarak önemli trend olduğu bulunmuştur. Sadece Düzce istasyonunda azalan trend bulunurken kalan 14 istasyonun hepsinde de yıllık yağışlarda artan trend bulunmuştur.

Çizelge 2. Yıllık toplam yağışların Yenilikçi Şen yöntemi sonuçları

Yenilikçi Şen Yöntemi İle Trend Analizi								
	Yıl. Top. Yağış (mm)	S.Sapma	Korelasyon	Eğim(s)	Üst sınır	Alt sınır	Karar	Trend yönü
Bartın	1039,24	161,58	0,960	0,887	0,428	-0,428	Evet	Artan
Zonguldak	1218,35	181,53	0,926	-0,258	0,635	-0,635	Hayır	Yok
Sinop	686,32	135,92	0,992	2,393	0,180	-0,180	Evet	Artan
Samsun	706,39	107,74	0,985	0,893	0,239	-0,239	Evet	Artan
Ordu	1023,86	124,79	0,975	2,640	0,261	-0,261	Evet	Artan
Giresun	1259,59	147,87	0,956	3,378	0,409	-0,409	Evet	Artan
Rize	2236,89	252,28	0,966	3,918	0,615	-0,615	Evet	Artan
Artvin	710,11	134,26	0,972	1,992	0,298	-0,298	Evet	Artan
Bolu	557,37	87,21	0,977	0,275	0,174	-0,174	Evet	Artan
Kastamonu	498,59	109,01	0,950	1,925	0,323	-0,323	Evet	Artan
Düzce	821,56	134,58	0,956	-1,457	0,374	-0,374	Evet	Azalan
Çankırı	411,19	86,64	0,958	0,547	0,235	-0,235	Evet	Artan
Çorum	442,02	77,37	0,945	0,349	0,239	-0,239	Evet	Artan
Amasya	457,61	81,14	0,980	1,181	0,151	-0,151	Evet	Artan
Tokat	427,47	72,21	0,981	1,414	0,131	-0,131	Evet	Artan
Bayburt	436,51	85,65	0,945	1,783	0,267	-0,267	Evet	Artan



Şekil 4. Yıllık ortalama sıcaklık verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemine göre saçılma diyagramları

Daha sonra Karadeniz Bölgesinde yer alan 16 istasyonun yıllık ortalama sıcaklık verilerinin Yenilikçi Şen testi saçılım diyagramları elde edilmiştir (Şekil 4). Saçılma diyagramlarına bakıldığında tüm istasyonların yıllık ortalama sıcaklık verilerinde artan eğilim görülmektedir. Çünkü bu istasyonlara ait saçılım diyagramlarındaki noktalar 1:1 doğrultusunun üst kısmında daha çok yoğunluk göstermektedir.

Karadeniz Bölgesinde bulunan 16 istasyon ait sıcaklık verileri için 0,05 anlamlılık seviyesinde kritik değerler ve trend sonuçları Yenilikçi Şen Yöntemi için Çizelge 3 de verilmiştir. Çizelgedeki verilere göre Yenilikçi Şen yöntemine göre tüm istasyonlarda artan trend belirlenmiştir. Bu sonucun Şekil 4 de görülen saçılma diyagramları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Yıllık ortalama sıcaklıkların Yenilikçi Şen yöntemi sonuçları

Yenilikçi Şen Yöntemi İle Trend Analizi								
	Ort.Sıc. °C	S.Sapma	Korelasyon	Eğim(s)	Üst sınır	Alt sınır	Karar	Trend yönü
Bartın	12,73	0,66	0,958	0,0096	0,0018	-0,0018	Evet	Artan
Zonguldak	13,68	0,66	0,986	0,0067	0,0010	-0,0010	Evet	Artan
Sinop	14,22	0,72	0,970	0,0160	0,0016	-0,0016	Evet	Artan
Samsun	14,54	0,73	0,980	0,0142	0,0014	-0,0014	Evet	Artan
Ordu	14,32	0,79	0,979	0,0290	0,0015	-0,0015	Evet	Artan
Giresun	14,55	0,75	0,982	0,0213	0,0013	-0,0013	Evet	Artan
Rize	14,28	0,75	0,967	0,0243	0,0018	-0,0018	Evet	Artan
Artvin	12,20	0,85	0,946	0,0096	0,0026	-0,0026	Evet	Artan
Bolu	10,61	0,83	0,980	0,0266	0,0016	-0,0016	Evet	Artan
Kastamonu	9,81	0,67	0,973	0,0108	0,0015	-0,0015	Evet	Artan
Düzce	13,28	0,76	0,986	0,0181	0,0012	-0,0012	Evet	Artan
Çankırı	11,26	0,72	0,979	0,0099	0,0014	-0,0014	Evet	Artan
Çorum	10,73	0,82	0,986	0,0102	0,0013	-0,0013	Evet	Artan
Amasya	13,77	0,81	0,974	0,0118	0,0017	-0,0017	Evet	Artan
Tokat	12,53	0,83	0,969	0,0156	0,0019	-0,0019	Evet	Artan
Bayburt	7,04	1,03	0,978	0,0207	0,0020	-0,0020	Evet	Artan

Çizelge 4. Yıllık yağış ve sıcaklık verilerinin Mann-Kendall test sonuçları

İstasyon	YAĞIŞ			SICAKLIK		
	İçsel Kor.	Mann- Kendall		İçsel Kor.	Mann-Kendall	
	r(k)	Z	Trend	r(k)	Z	Trend
Bartın	-0,1591	-0,76	Yok	0,0150	2,97	Var
Zonguldak	-0,0428	-0,94	Yok	0,2185*	1,20	Yok
Sinop	0,4055*	1,98	Var	-0,1224	2,72	Var
Samsun	0,1581	1,32	Yok	-0,1296	0,06	Yok
Ordu	0,0457	2,74	Var	-0,0748	2,34	Var
Giresun	-0,2130	3,29	Var	-0,2229	1,98	Var
Rize	-0,3424*	2,12	Var	-0,0469	0,85	Yok
Artvin	-0,1918	2,25	Var	-0,1441	1,09	Yok
Bolu	-0,1449	0,56	Yok	0,0814	2,55	Var
Kastamonu	0,1601	1,00	Yok	-0,1011	0,46	Yok
Düzce	-0,0922	-1,43	Yok	-0,0348	0,68	Yok
Çankırı	0,1274	0,05	Yok	-0,1712	2,41	Var
Çorum	-0,2631*	0,20	Yok	0,0311	1,18	Yok
Amasya	0,1648	1,73	Yok	-0,1483	2,38	Var
Tokat	0,3645*	1,19	Yok	-0,1467	0,47	Yok
Bayburt	0,1688	2,95	Var	-0,0138	0,45	Yok

r(alt) : -0,24029, r(üst): 0,20325, * içsel korelasyonu önemli

Diğer yandan Mann-Kendall yöntemine göre yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinin trend analizi yapılmıştır (Çizelge 4). Verilerin içsel korelasyonu göz önüne alınmış, içsel bağımlılığı yüksek olan verilerin içsel bağımlılığı giderildikten sonra Mann-Kendall testi yapılmıştır. Buna göre Yağış verileri için 4 istasyonda, sıcaklık verileri içinse sadece 1 istasyonda içsel bağımlılığın

önemli olduğu belirlenmiştir. Mann-Kendall testine göre yıllık yağışlarda Sinop, Ordu, Giresun, Rize, Artvin ve Bayburt istasyonlarında artan trend bulunurken, diğer istasyonlarda istatistiksel önemli bir trend bulunamamıştır. İki yöntemin sonuçları karşılaştırıldığında 6 istasyonda her iki yöntemde aynı trendi belirlemiştir. Ancak Yenilikçi Şen yönteminin trend belirlediği 9 istasyonda Mann-Kendall testi trend belirlememiştir.

Çizelge 5. Şen Trend yöntemi sonuçları.

İstasyon	Şen Trend	Yıllık Toplam Yağış	Yıllık Ortalama Sıcaklık
Bartın	Yüksek Değerli Veriler	0	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	0
Zonguldak	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	0
Sinop	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Samsun	Yüksek Değerli Veriler	0	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Ordu	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Giresun	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Rize	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Artvin	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Bolu	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	0	+
Düzce	Yüksek Değerli Veriler	-	+
	Orta Değerli Veriler	-	+
	Düşük Değerli Veriler	0	0
Kastamonu	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Çankırı	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	0	+
	Düşük Değerli Veriler	0	+
Çorum	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	0	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Amasya	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Tokat	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Bayburt	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+

0: Trend Yok,(-): Azalan Trend,(+): Artan Trend

Sıcaklık verilerinin Mann-Kendall yöntemine göre trend analizi sonuçlarına da bakıldığında tüm istasyonlarda artan eğilim (pozitif z değeri) olmakla beraber, sadece 7 istasyonda 0,05 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak önemli artan trend belirlenmiştir. Bu istasyonlar Bartın, Sinop, Ordu, Giresun, Rize, Bolu, Çankırı ve Amasya istasyonlarıdır. İki yöntemin sonuçları kıyaslandığında ise 7 istasyonda her iki yöntemde artan trendi belirlemiştir. 9 istasyonda ise 0,05 anlamlılık seviyesine göre Yenilikçi Şen yöntemi istatistik önemli trend belirlerken Mann-Kendall testi belirlememiştir.

Çizelge 5'te yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerlerine göre çizilen saçılma diyagramlarında 1:1 doğrultusuna bakarak verileri 3 gruba ayırarak yüksek, orta ve düşük değerli verilerin Yenilikçi Şen yöntemine göre trend analizleri yaklaşık olarak yorumlanmıştır. 1:1 doğrultusuna bakarak verilerin artan, azalan ya da trendin olmadığı durumlar tespit edilmiştir. Buna göre Yağış verileri için Yüksek ve Orta değerli verilerde 13, Düşük değerli verilerde 12 istasyon için artan trend bulunmuştur. Sadece Düzce istasyonunda Düşük ve Orta değerli veriler için azalan trend belirlenmiştir. Yıllık sıcaklık verileri içinse sadece 3 istasyonun düşük verileri için herhangi bir trend belirlenmemiş diğer tüm istasyonların Düşük Orta ve Yüksek verileri içinse artan trend belirlenmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesinde yer alan 16 adet istasyona ait yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinin trend değişimleri Mann Kendall ve Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak 0.05 anlamlılık seviyesinde araştırılmıştır.

Yenilikçi Şen yöntemine göre hem grafiksel saçılma diyagramları ile hem de istatistiksel analiz ile trendler belirlenmeye çalışılmıştır. Genel olarak saçılma diyagramı bize trendin yönü hakkında bilgi verse de istatistik olarak kritik değerler ile karşılaştırarak trendin istatistiksel önemli olup olmadığı belirlenebilmektedir.

Karadeniz Bölgesi yıllık yağışlarında Yenilikçi Şen yöntemine göre 14 istasyonda istatistiksel önemli artan trend bulunmuştur. Mann-Kendall testi ise sadece 6 istasyon için artan trend belirlemiştir. Karadeniz kıyılarındaki 4 istasyonda hem Mann-Kendall hem de Yenilikçi Şen yöntemi artan trend göstermiştir. Yıllık ortalama sıcaklık verileri için ise 0,05 anlamlılık seviyesinde Yenilikçi Şen yöntemi 16 istasyonun tamamında artan trend belirlerken, Mann-Kendall testi 7 istasyonda artan trend belirlemiştir. İki yöntem karşılaştırıldığında Yenilikçi Şen yönteminin istatistiksel olarak anlamlı daha çok trend belirlediği görülmektedir.

Herhangi bir kabule gerek duymayan Yenilikçi Şen yöntemi verilerin ilk ve ikinci yarısı arasındaki kısmı arasındaki farkı belirleyerek trendi ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle Mann-Kendall testinde belirlenemeyen önemli trendler ortaya konmaktadır. Yenilikçi Şen yöntemi hem görsel olarak trendi gösterme hem de düşük, orta ve yüksek veriler için ayrı ayrı trendin görülmesi avantajına sahiptir.

Çalışmanın sonuçları önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında, Partal ve Kahya (2006) Karadeniz Bölgesi kıyılarında yağışlarda azalma eğiliminin hakim olduğunu, Ordu ve Rize'de istatistik önemli azalma trendi olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada ise gerek Mann-Kendall gerekse Yenilikçi Şen yöntemi Karadeniz bölgesi için artan eğilimin hakim olduğunu göstermiştir. Ordu için istatistiksel önemli artan trend bulunmuştur. Bu farklılığın nedeni olarak önceki çalışmanın 1993'e kadar olan verilerle yapılması gösterilebilir. Son 20 yıldaki yağışların bölgedeki yağışların trendini oldukça değiştirdiği görülmektedir.

Sonuçlar göstermiştir ki 1960-2015 periyodu için Karadeniz bölgesinde yıllık toplam yağışlar ve yıllık ortalama sıcaklıklar genel olarak artan trendde sahiptir. Gelecek çalışmalarda yağış ve sıcaklık verilerinin hem bölge hem de Türkiye ölçeğinde daha detaylı analizleri yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alashan S, 2018. An improved version of innovative trend analyses. *Arabian Journal of Geosciences*. 11.50
- Bayazıt M, 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 245.
- Bayazıt M, Önöz B, 2004. Trend Analizi. IV Ulusal Hidroloji Kongresi Hidrolojide Yeni Yöntemler Seminer Kitabı, İstanbul, 79-84.
- Eris E, Agiralioglu N, 2012. Homogeneity and Trend Analysis of Hydrometeorological Data of the Eastern Black Sea Region, Turkey, *Journal of Water Resource and Protection*, 4(2), 99-105.
- Gocic M, Trajkovic S, 2013. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*. 100, 172-182
- Güçlü YS, 2018. Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test. *Journal of Hydrology*. 566.685-704
- Güçlü YS, 2018. Kıyaslamalı Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi Temelleri ve Uygulamaları. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, Artvin Çoruh Üniversitesi, 4(2), 182-191.
- Kahya E, Kalayci S, 2004. Trend Analysis of Streamflow in Turkey, *Journal of Hydrology* 289, 128–144.
- Kendall MG, 1975. Rank correlation methods. Oxford University Press, New York.
- Liuzzo L, Freni G, 2015. Analysis of Extreme Rainfall Trends in Sicily for the Evaluation of Depth-Duration-Frequency Curves in Climate Change Scenarios. *Journal Hydrological Engineering*.20 (12)
- Mann HB, 1945. Non-Parametric Tests Against Trend, *Econometrica*, 13, 163-171.
- Mohorji AM, Şen Z, Almazroi M, 2017. Trend Analyses Revision and Global Monthly Temperature Innovative Multi-Duration Analysis. *Earth Systems and Environment*. 1(9).1-13
- Öztopal A, Şen Z, 2017. Innovative trend methodology applications to precipitation records in Turkey. *Water resources management*, 31(3), 727-737.
- Partal T, Kahya E, 2006. Trend Analysis in Turkish Precipitation Data, *Hydrology Process*, 20, 2011–2026.
- Şen Z, 2012. Innovative Trend Analysis Methodology, *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046.
- Şen Z, 2013. Trend Identification Simulation and Application.”, *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3). 635-642
- Şen Z, 2015. Innovative Trend Significance Test and Applications. *Theoretical and Applied Climatology*, 127(3), 939–947, 2015.
- Topuz M, 2017. Çukurova'da Yağışların Trend Analizi, *Çukurova Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 173-181.
- Türkeş M, Erlat E, 2005. Climatological Responses Of Winter Precipitation in Turkey to Variability of the North Atlantic Oscillation During the Period 1930-2001, *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 45-69.
- Uzunkol M, Kızılelma Y, 2016. Ceyhan Havzası'nın Kuraklık Durumu Ve Eğilimlerinin Belirlenmesi, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(29), 503-519.
- Xu Z, Liu Z, Fu G, Chen Y, 2010. Trends of major hydroclimatic variables in the Tarim River Basin during the past 50 years. *Journal of Arid Environments* 74 (2),256–267.
- Yıldırım A, 2015. Trend Analizi Yöntemleri : Orta Fırat Havzası Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Enerji Enstitüsü, İstanbul, 85
- Yılmaz M, Tosunoğlu F. 2019. Trend assessment of annual instantaneous maximum flows in Turkey. *Hydrological Science Journal*.64(7).820-834