



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Mann Kendall, Spearman Rho ve Yenilikçi Şen Yöntemlerinin Meteorolojik Veriler Kullanılarak Değerlendirilmesi: Batman Bölgesi Örneği

Ergun AKBAŞ¹, Recep ÇELİK¹, Musa EŞİT^{*2}

¹Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

²Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü, 12345, Adıyaman, Türkiye

Ergun AKBAŞ, [ORCID No: 0000-0001-6393-2380](https://orcid.org/0000-0001-6393-2380), Recep ÇELİK, [ORCID No: 0000-0002-0739-6146](https://orcid.org/0000-0002-0739-6146),

Musa EŞİT, [ORCID No: 0000-0003-4509-7283](https://orcid.org/0000-0003-4509-7283)

*Sorumlu yazar e-posta: mesit@adiyaman.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 23.08.2022

Kabul: 24.11.2022

Online Nisan 2023

DOI:[10.53433/yyufbed.1165696](https://doi.org/10.53433/yyufbed.1165696)

Anahtar Kelimeler

Batman,
Değişim noktası,
İklim değişikliği,
Meteorolojik veriler,
Trend

Öz: Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen Batman ili merkezinde bulunan 17282 no'lu istasyona ait 1963-2021 yılları arasındaki yıllık toplam yağış, yıllık toplam evapotranspirasyon (PET), yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama nisbi nem verileri kullanılarak trend analizi yapılmıştır. Verilerin trend analizleri Spearman Rho, Mann Kendall ve Yenilikçi Şen yöntemlerine göre yapılmıştır. Sen'in Eğim testi ile de trendin eğimi bulunmuştur. Yıllık toplam yağış verisinde hem Spearman Rho hem de Mann Kendall yöntemlerinde trend belirlenmezken Yenilikçi Şen yönteminde azalan yönde trend belirlenmiştir. Üç yöntem için ortak olarak yıllık ortalama sıcaklıkta ve yıllık toplam buharlaşmada artan, yıllık ortalama nisbi nem verisinde ise azalan yönde trend tespit edilmiştir. Yıllık toplam yağış, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama nisbi nem verilerinde Mann Kendall mertebeye korelasyon testine göre trendin başladığı yıl tespit edilmez iken, yıllık toplam evapotranspirasyon verisinde 1969 yılı trendin başladığı yıl olarak belirlenmiştir.

Assessment of Mann Kendall, Spearman Rho and Innovative Şen Methods Using Meteorological Data: A Case Study of Batman Region

Article Info

Received: 23.08.2022

Accepted: 24.11.2022

Online April 2023

DOI:[10.53433/yyufbed.1165696](https://doi.org/10.53433/yyufbed.1165696)

Keywords

Batman,
Changepoint,
Climate change,
Meteorological data,
Trend

Abstract: In this study, trend analysis was performed by using the annual total precipitation, annual total evapotranspiration (PET), annual mean temperature and annual mean relative humidity data between 1963-2021 of station 17282 in the center of Batman province, obtained from the General Directorate of Meteorology. The Spearman Rho, Mann Kendall, and Innovative Sen methods were used to calculate trend analyses of data. Sen's Slope test was used to assess the trend's slope. While the presence of a trend was not detected in the annual total precipitation data using the Spearman Rho and Mann Kendall tests, a decreasing trend was found using the Innovative Sen test. For the three methods, an increasing trend in annual average temperature and annual total evapotranspiration (PET), and a decreasing trend in annual mean relative humidity data was detected. According to the Sequential Mann Kendall test, the year in which the trend started was not determined in the annual total precipitation, annual mean temperature and annual mean relative humidity data, whereas the year 1969 was determined as the year the trend started in the annual total evapotranspiration data.

1. Giriş

Son zamanlarda, sel ve kuraklık gibi hidrometeorolojik olayların oluşumu, süresi, yoğunluğu ve kapsamı küresel endişe konusu haline gelmiştir. Bu aşırı olayların toplum, ekolojik sistem, su kaynakları ve ekonomi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Toride ve ark., 2018). Yapılan araştırmalara göre Sera gazı emisyonları küresel ısınma ve iklim değişikliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum ise hidro-meteorolojik kayıtlarda trend bileşenlerinde önemli bir artışa neden olmaktadır. İklim değişikliği ile ilgili olarak atmosferde bulunan sera gazlarındaki artış nedeniyle 21.yy da dünya çapındaki hava sıcaklığı ortalamasının 0,6 °C arttığı görülmektedir (Ahmadi ve ark., 2018). Sera gazlarında görülen bu artışın temel nedeni olarak insan faaliyetleri gösterilmektedir.

Küresel ısınma ve buna neden olan alt bileşenler nedeniyle dünyada iklim değişikliği yaşanmaktadır. İklim değişikliği, nedeni farklı değişkenlere dayanan iklimin ortalama durumunda uzunca bir süre boyunca meydana gelen değişiklikler olarak tanımlanmaktadır. (Türkeş, 2008; Aksoy ve ark., 2018; Esit ve ark., 2021). İklim değişikliğinin potansiyel etkilerini ortaya çıkarmak ve bu durumun su kaynakları sistemlerine etkilerinin araştırılması, planlanması ve yönetilmesi bakımından, zaman içerisinde hem meteorolojik hem de hidrolojik verilerin değişiminin bilinmesi oldukça önemlidir. Bu hidrometeorolojik verideki değişim ise trend analizi gibi istatistik yöntemler kullanılarak belirlenmektedir. Trend (eğilim), rastgele bir zaman serisinin değerinde zamanla bir artış ya da azalış olması anlamına gelmektedir (Cebe, 2007; Yuce & Esit, 2021; Topçu, 2021 ve 2022). Bir rastgele değişkenin trend varlığını belirlemek, o değişkenin günümüzden geçmişe kadar nasıl bir davranış gösterdiği hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlamaktadır. Bu bilgiden yola çıkılarak da değişkenin gelecekteki davranışları ile ilgili olarak öngörüler yapılabilmektedir (Doğan ve ark., 2016; Dabanlı ve ark., 2016; Çetin ve ark., 2018; Zamani ve ark., 2018; Eriş ve ark., 2019). Yapılan trend varlığı araştırmaları neticesinde küresel ısınma ve bunun sonucu olarak karşımıza çıkan iklim değişikliğinin en önemli parametrelerinden biri olan yağış, sıcaklık, nisbi nem ve evapotranspirasyon verilerinin geçmişteki davranışını saptamak amacıyla gerçekleştirilen trend analizi verileri doğrultusunda ileriki dönemlerde nasıl bir değişim olacağı ile ilgili varsayımlar yapılabilmektedir. Bunun neticesinde sıcaklıkta ileri dönemlerde meydana gelebilecek artış öngörülüp bu durumun olumsuz etkilerinden en az etkilenmesi için çeşitli planlamalar yapılabilmektedir. Trend analizleri yöntemlerinden en sık başvurulan yöntemler, Spearman Rho ve Mann – Kendall testi yöntemleridir. Şen (2012), son yıllarda yeni bir trend analiz yöntemi olan Yenilikçi Şen Yöntemini geliştirmiştir (Şen, 2012, 2013 ve 2018; Ali & Abubaker, 2019). Yenilikçi Şen Yöntemini, Spearman Rho ve Mann-Kendall yöntemlerinden ayıran özellikler arasında; zaman serilerine bağlı ve kısa olan veri kümelerini analiz edebilmesi ve bulunan trendi; yüksek, orta ve düşük olacak şekilde grafiksel olarak ifade edilebilmesidir.

Türkeş (1996), Karadeniz ve Akdeniz’de bulunan 91 adet meteorolojik istasyonun aylık toplam yağış verilerini 1930-1993 dönemlerini dikkate alarak Mann- Kendall yönteminde 0.1 anlamlılık seviyesinde azalan yönde trend varlığı tespit etmiştir. Bu çalışmada, önemli derecedeki azalma eğilimlerinin birçoğunun son 20-25 yıllık zaman diliminde meydana geldiğini belirtmiştir. Kadioğlu (1997), Mann-Kendall trend testini Türkiye’deki 18 istasyonun sıcaklık verilerine uygulamış, yıllık ortalama sıcaklıkta 1939-1989 zaman diliminde artan yönde, 1955-1989 yılları arasında ise azalan yönde trend varlığı belirlemiştir. Ren ve ark. (2012), Çin’in Hailar bölgesinde meteorolojik değişkenlerin trend analizi ve potansiyel buharlaşmaya etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, Sonuçlar, yıllık ve mevsimlik potansiyel buharlaşma ve hava sıcaklığının artan eğilimler gösterdiğini, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi ve bağıl nemin ise azalan eğilimler gösterdiğini incelenmiştir. Bacanlı & Çukurluoğlu (2018), Antalya ili meteoroloji istasyonuna ait 1965-2017 yılları arasında kaydedilen aylık ortalama yağış, sıcaklık, nem ve buharlaşma verilerini Mann-Kendall, Şen, Lineer Regresyon, Sen’in T testlerini kullanarak trend analizleri yapılmıştır. Mann-Kendall ve Sen testi sonuçlarına göre yıllık nem verilerinde azalma, sıcaklık verilerinde artma ve yağış verilerinde azalma trendi belirlenmiştir. Ancak buharlaşmada trendin varlığına saptanmamıştır. Şimşek ve ark. (2013), Hatay ilinde bulunan 1970-2010 yılları arasında kaydedilen ortalama sıcaklık, toplam yağış, ortalama nem, ortalama rüzgâr hızı verilerinin mevsimsel ve yıllık trend analizi Spearman Rho ve Mann-Kendall yöntemleri ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, yıllık ortalama sıcaklık verilerinde artan, yıllık ortalama rüzgâr hızında ise azalan trend tespit edilmiştir. Yenilikçi Şen yöntemi ile Sakarya ilinin meteorolojik verilerinin trend analizi Ceyhunlu & Aydın (2020) tarafından yapılmıştır. İklim değişikliği üzerindeki

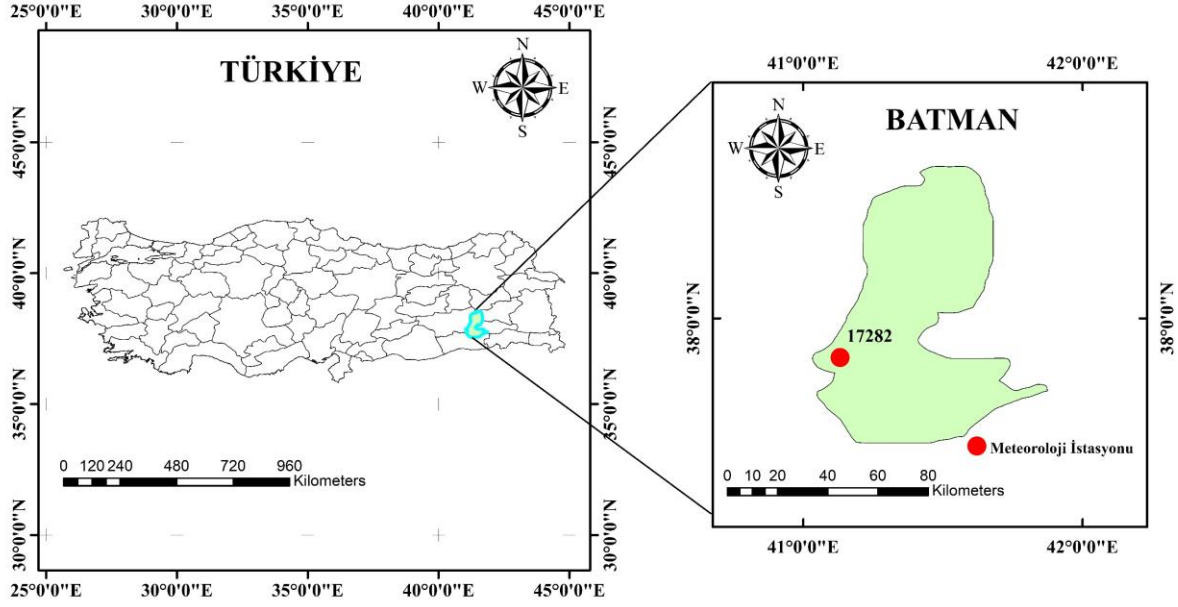
etkisi Hidrometeorolojik verilerde şiddetli yağışlarda, yüksek basınç değerlerinde nisbi nem değerlerinde, sıcaklıklarda ve rüzgâr hızlarında yükselen bir trend olacağı öngörülmektedir.

Ay & Özyıldırım (2017) yaptıkları çalışmada Yozgat ilindeki Meteorolojik istasyona ait yağış ve sıcaklık değişkenlerindeki trend varlığını belirlemek için Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall Testi yöntemleri uygulanmıştır. Sıcaklık ve yağış değişkenlerinde Mann-Kendall yönteminde anlamlı bir trend varlığı bulunmadığını; Yenilikçi Şen yönteminde ise 1970-1992 yılları arasında yağış değişkeninde artan trend, 1993-2016 zaman diliminde ise sıcaklık değişkeninde artan eğilim olduğunu belirlemişlerdir. Tokgöz & Partal (2020), Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen yöntemi kullanarak Karadeniz Bölgesi'ndeki 16 adet meteoroloji istasyonunun yağış ve sıcaklık verilerine eğilim analizi yapmışlardır. Yenilikçi Şen yönteminde sıcaklık verilerinde tüm istasyonlarda, Mann-Kendall Testinde ise yedi istasyonda artan eğilim saptadıklarını, yağış verilerinde ise yine Yenilikçi Şen yönteminde tüm istasyonlarda, Mann-Kendall yöntemine göre ise 7 istasyonda artan yönde eğilim varlığı belirlemişlerdir. Demir ve ark. (2017) Bingöl ilinde 1975-2016 yılları arasında 42 yıllık döneme ait yağış ve sıcaklık verilerinin minimum, maksimum ve ortalama değerlerine Spearman ve Mann-Kendall testleri uygulayarak eğilim analizi yapmışlardır. İki test sonucuna göre, sıcaklık verisinde artan yönde, yağış verisinde ise azalan yönde trend varlığını belirlemiş bu değişimlerin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Öztürk & Cebeci (2021) de yaptıkları çalışmada Büyük Menderes Havzası içerisinde yer alan Aydın, Uşak ve Denizli illerinin sıcaklık, yağış ve akış parametrelerine Mann-Kendall yöntemiyle eğilim analizini belirlemeye çalışmışlardır. Aydın ilinde sıcaklıklarda trend bulunmadığını, Uşak ilinde yaz aylarında artan trend bulunduğunu, Denizli ilinde ise yedi ayda artan trend geri kalan aylarda ise trend bulunmadığını ifade etmişlerdir. Yağış verisinde ise Denizli ve Aydın'da anlamlı bir eğilim varlığı bulunmazken, Nisan ayında sadece Uşak'ta artış eğilimi belirlenirken, geri kalan aylarda ise eğilim olmadığını saptamışlardır. Akım parametresinde ise iki istasyonda da azalan yönde trend varlığı bulunmuştur. Coşkun (2020), Van Gölü kapalı havzasında bulunan meteoroloji istasyonlarındaki yağış verilerine Spearman Rho, Mann-Kendall ve Şen metodlarını dikkate alarak eğilim analizi uygulanmıştır. Gevaş ve Ahlat istasyonlarında yıllık toplam yağış verilerinde azalan trend olduğunu, Erciş ve Ahlat istasyonlarında mevsimsel olarak azalan yönde trend varlığı bulunduğunu belirtmiştir. Ayrıca Muradiye istasyonunda kış mevsimi dışındaki dönemlerde ve Tatvan istasyonunda trend varlığı bulunmadığını belirtmiştir.

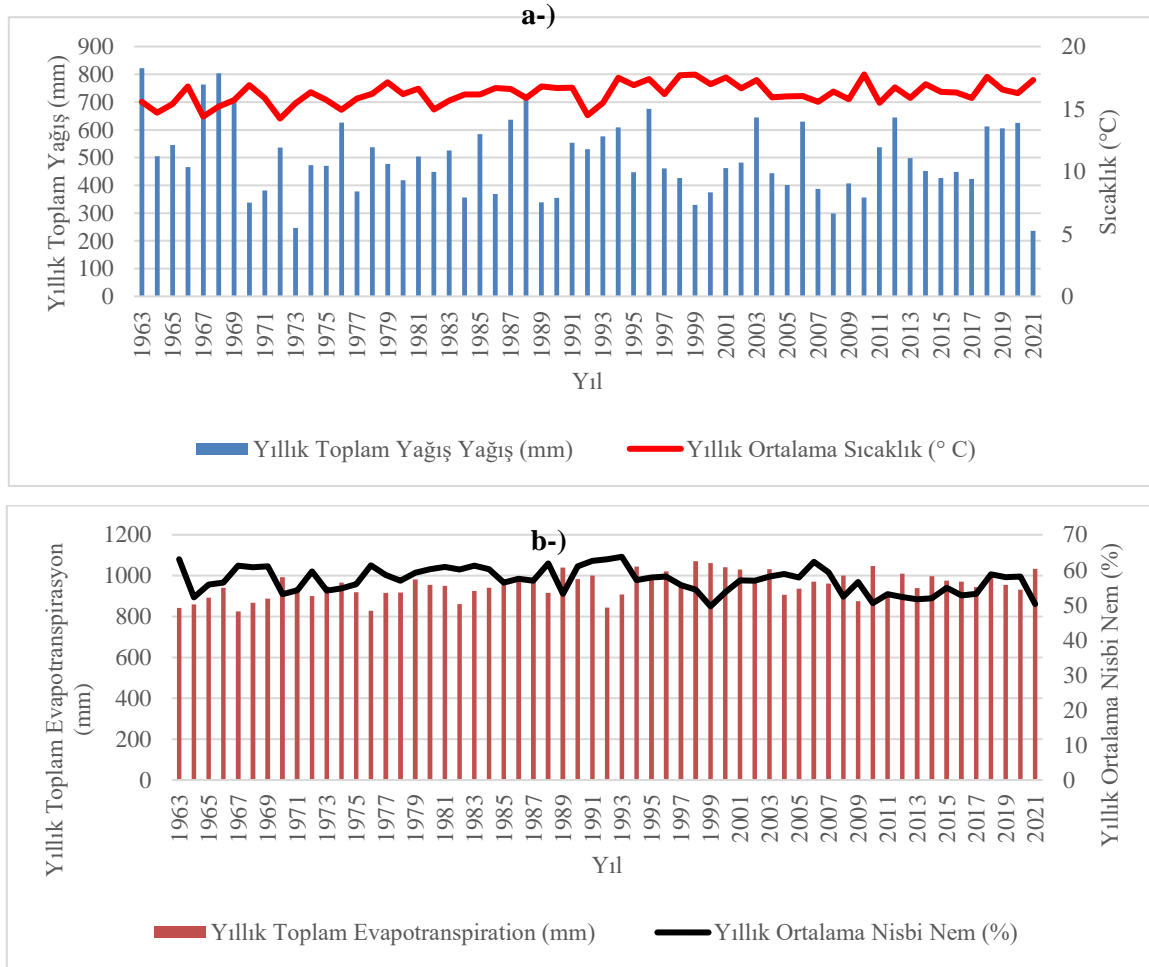
Yapılan bu çalışmada, küresel ısınma sonucu belirgin bir hal alan iklim değişikliğinin ülkemizin doğusunda bulunan Batman ilindeki etkileri İlin meteorolojik verilerine trend analizi uygulayarak araştırılmıştır. Trend analizi, Batman ilinin meteorolojik verilerine Mann Kendall, Spearman Rho ve Yenilikçi Şen yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Mann Kendall mertbe korelasyon testi ile trendin başladığı yıl belirlenmiştir. Çalışmada yıllık toplam yağış ve evapotranspirasyon ile yıllık ortalama sıcaklık ve nisbi nem meteorolojik değişkenleri veri olarak kullanılmıştır.

2. Çalışma Alanı ve Veri

Türkiye'de Batman ili merkezinde bulunan Batman İstasyonu, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kurulmuş olup istasyon numarası 17282 dir. Şekil 1'de konumu verilen istasyon "41.1562-37.8636" koordinatlarında bulunmaktadır. Veriler sırasıyla yıllık toplam yağış, yıllık ortalama nisbi nem, yıllık ortalama sıcaklık, yıllık toplam buharlaşmadır. Bu meteorolojik veriler 59 yıllık kayıtlar olup 1963-2021 yılları arasında eksiksiz olarak bulunmaktadır. Şekil 2'de meteorolojik verilerin zaman içerisindeki dağılımını göstermektedir. En yüksek toplam yağışın 1963 yılında, en düşük toplam yağışın ise 2021 yılında olduğu tespit edilmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık verisinde, en yüksek ve en düşük yıllar sırasıyla 2010 ve 1972'de hesaplanmıştır. Yıllık toplam evapotranspirasyon verisinde, 1998 ve 1967 sırasıyla en yüksek ve en düşük değerler belirlenmiştir. Yıllık ortalama nem verisinde ise, 1993 ve 1999 yıllarında en yüksek ve en düşük değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 1. Batman şehrinin harita üzerinde gösterimi.



Şekil 2. Meteorolojik verilerin zaman serisi, a-) yıllık toplam yağış-yıllık ortalama sıcaklık, b-) yıllık toplam evapotranspirasyon-yıllık ortalama nisbi nem.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Mann-Kendall testi

Bir zaman serisindeki trendi test etme yöntemlerinden olan ve parametrik olmayan bu yöntem Mann (1945) ve Kendall (1975) tarafından geliştirilmiştir. Mann-Kendall test istatistiği;

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır. Burada n veri sayısıdır, x_j ve x_k (j>k) zamanlarındaki veri noktasıdır ve sgn(x_j - x_k) işaret işlevidir. Normal dağılım ve sıfır ortalamaya sahip S'in varyansı,

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

formülü ile hesaplanır. Örneklem büyüklüğünün n ≥ 10 olduğu durumlarda, S'nin varyansı

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_i^r t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanır. Varyansı bu formülle belirlenen Mann-Kendall testinin anlamlı olup olmadığı standart normal değişken z'nin aşağıdaki eşitlikle hesaplanıp kritik z değeriyle karşılaştırılmasıyla belirlenmektedir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Yapılan çalışma hangi α anlamlılık düzeyinde inceleniyorsa, |z| ≤ z_α şartı sağlanıyorsa hipotez kabul edilir, sağlanmıyorsa reddedilir. Yukarıda bulunan eşitlikteki S pozitif ise artan, negatif ise azalan eğilim olduğu kabulü yapılır. Bu yöntem diğer yöntemlere kıyasla, herhangi bir dağılıma uyma zorunluluğu olmadığından, araştırmacılar arasında kullanışlı olarak görülmektedir (Yu ve ark., 1993).

3.2. Spearman Rho testi

Parametrik olmayan trend testlerinden biride Spearman'ın Rho testidir. Bu test ile iki veri kümesi arasında korelasyon olup olmadığı belirlenir. Spearman Rho test istatistiği,

$$r_s = 1 - 6 \frac{[\sum_{i=1}^n (R(X_i) - i)^2]}{(n^3 - n)} \quad (6)$$

şeklinde hesaplanır. Burada R_(xi) sıra istatistiği olmakla beraber verilerin ya büyükten küçüğe ya da küçükten büyüğe doğru sıralanması ile belirlenmektedir. Formüldeki i verilerin gözlem sırasını, n ise toplam gözlem sayısını ifade etmekte olup r_s 'nin test istatistiği Z ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (7)$$

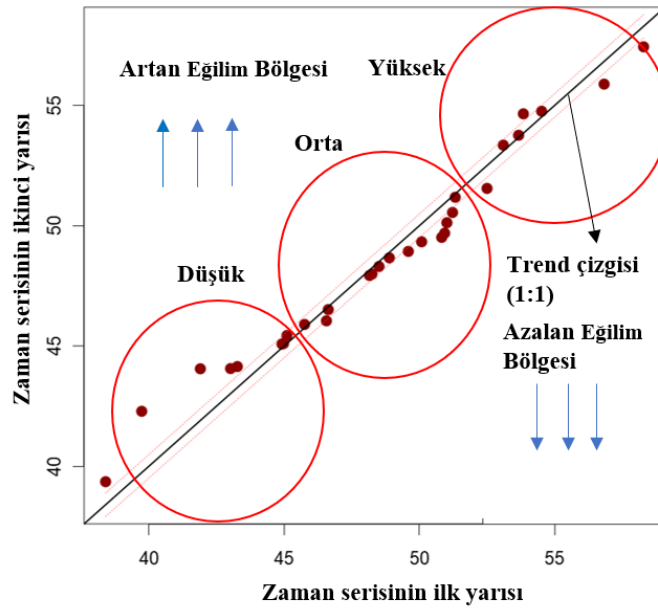
Buradan elde edilen Z değeri α anlamlılık seviyesinde standart normal dağılım tablosundan tespit edilen z_α değerinden büyükse ($Z > Z_{tablo}$) ise H_0 hipotezi reddedilir ve belirli bir eğilimin varlığı kabul edilir (Gümüş, 2006).

3.3. Yenilikçi Şen yöntemi

Şen (2012) tarafından geliştirilen ITA (Yenilikçi Şen Yöntemi) analiz sonuçlarını doğrusal grafik formunda da sunan bir metottür. Yöntemde diğer parametrik olmayan trend analiz yöntemlerinden, verilerin normal dağılıma uymaması, veri uzunluğunun kısa olması, verilerin içsel bağımlılığının bulunması halinde dahi sonuç vermesi bakımından ayrılmaktadır. (Şen, 2012). Bu yöntemin analiz aşamaları şu şekildedir.

- Veri kümesi iki parçaya (eşit olacak şekilde) ayrılır.
- Yarıya ayrılan iki eşit parça ayrı ayrı olmak üzere küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sonra ilk parça (X_i) X-ekseni üzerinde, ikinci parça (X_j) Y-ekseni üzerinde yer almak üzere kartezyen koordinat sistemi üzerinde yerleştirilir.
- Grafik üzerinde 45° doğrusu çizilir.
- Eğer veri 45° doğrusunun üzerinde ise trend yok, 45° doğrusunun altında yer alıyor ise azalan, 45° doğrusunun üstünde yer alıyorsa artan eğilim sonucuna varılır

Şen (2012) tarafından önerilen bu yöntemi parametrik olmayan diğer yöntemlerden ayıran bir üstünlüğü de hidrometeorolojik verilerin zaman serilerinin “düşük”, “orta” ve “yüksek” olmak üzere üç kategoriye ayrılabilmesidir (Şekil 3). Böylelikle verinin trendinin hangi yönde olduğunun yanında bunun şiddeti hakkında da bilgi vermektedir. Örneğin yağış verisi ele alındığında yüksek kategoride artan bir trend varlığı taşkın riskine işaret ederken, sıcaklıkta kuraklık durumuna işaret eder.



Şekil 3. Yenilikçi Şen Yönteminin grafiksel olarak gösterimi.

3.4. Sen'in eğim testi

Sen (1968), belirli bir veri setinin trend eğimini tahmin etmek için parametrik olmayan bir yöntem sunmuştur. Bu yöntemde, her veri çifti için trend eğimi (T_i) aşağıdaki formülle hesaplanır.
 $i = 1, 2, \dots, n$ için

$$T = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (8)$$

$$\beta = \begin{cases} \frac{T_{N+1}}{2} & n \text{ (tek)} \\ \frac{1}{2} \left(T_{\frac{x}{2}} + T_{\frac{N+2}{2}} \right) & n \text{ (çift)} \end{cases} \quad (9)$$

3.5. Değişim noktası

3.5.1. Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi (SQ-MK)

Önemli bir trendin yaklaşık başlangıç yılını belirlemek için sıralı Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi (SQ-MK) kullanılmıştır. Bu test aynı zamanda zaman içinde eğilimde meydana gelen dalgalanmayı da gösterir. Bu uygulama, aşamalı bir u(t) ve geriye dönük bir u'(t) olmak üzere iki seri meydana gelir. SQ-MK testinin uygulanması sırayla aşağıdaki dört adımdan oluşmaktadır (Tabari ve ark., 2012).

1. Her karşılaştırmada, $x_i > x_j$ durumlarının sayısı sayılır ve n_i ile gösterilir; burada $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ ve $x_j (j = 1, \dots, i-1)$ serideki ardışık değerlerdir.
2. SQ-MK testinin test istatistiği olan t_i aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$t_j = \sum_{1}^i n_j \quad (10)$$

3. Test istatistiğinin ortalaması ve varyansı

$$E_{(t)} = \frac{n(n-1)}{4} \quad (11)$$

$$Var(t_j) = \frac{[j(j-1)(2j-5)]}{72} \quad (12)$$

u(t) istatistiklerinin sıralı değerleri daha sonra şu şekilde hesaplanır:

$$u(t) = \frac{t_j - E_{(t)}}{\sqrt{Var(t_j)}} \quad (13)$$

Benzer şekilde, MK testinin sıralı geriye doğru (u'(t)) analizi, zaman serisi verilerinin sonundan başlayarak hesaplanır.

4. Bulgular

Çalışma yeri olarak belirlenen Batman iline ait 17282 no'lu meteoroloji istasyonundaki yıllık toplam yağış ve evapotranspirasyon ile yıllık ortalama nisbi nem ve sıcaklık verileri üzerine trend analizi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen istasyon verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiştir. Trend varlığı incelenen istasyondaki 1963-2021 yılları arasındaki 59 yılı kapsamaktadır. Hem meteorolojik hem de hidrolojik verilerde trend varlığını belirlemek için oldukça sık başvurulan ve non-parametrik olan Spearman Rho ve Mann-Kendall testleri bu çalışmada kullanılmıştır. Eğilim analizi 0.01, 0.05 ve 0.1 anlamlılık seviyesinde, diğer bir ifadeyle %90, %95 ve %99 güven aralığında değerlendirilmiştir. Ayrıca Şen'in yenilikçi yönteminde Trend varlığını araştırmak için kullanılmıştır. Trendin başladığı yılı saptamak için ise Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi uygulanmıştır.

Batman iline ait yıllık ortalama sıcaklık ve nisbi nem ile yıllık toplam evapotranspirasyon ve yağış değerlerinin istatistiksel sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. İstatistiksel verilere bakıldığında, evapotranspirasyon verisinin en düşük değeri 824.20 mm olarak hesaplanırken, en yüksek değeri ise

1070.50 mm olarak saptanmıştır. Evapotranspirasyon verileri arasındaki standart sapma ise 60.78 mm olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama yağış verileri incelendiğinde, en düşük ve en yüksek yağış değerleri sırasıyla 236.70 mm ve 822.70 mm olarak hesaplanmıştır. Standart sapma ve ortalama değerler ise sırasıyla 132.23 mm ve 497.51 mm olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı buharlaşma, sıcaklık ve nisbi nem değerlerinde sıfırın altında görülürken, yağış verilerinde sıfırın üstünde tespit edilmiştir. Spearman Rho, Mann-Kendall test sonuçları Tablo 2’te, Yenilikçi Şen yönteminin ait sonuçlar ise Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 1. 17282 no’lu meteorolojik istasyona ait verilerin istatistiksel olarak incelenmesi

Değişkenler	Buharlaşma(mm)	Sıcaklık (C)	Yağış (mm)	Nisbi Nem (%)
Min	824.20	14.23	236.70	49.58
Max	1070.50	17.77	822.70	63.71
Standart Sapma	60.78	0.86	132.23	3.64
Çarpıklık Katsayısı	-0,18	-0.25	0.43	-0.14
Ortalama	953.07	16.25	497.51	57.04
Değişim	0.06	0.05	0.27	0.06

Tablo 2. Mann-Kendall ve Spearman Rho test sonuçları

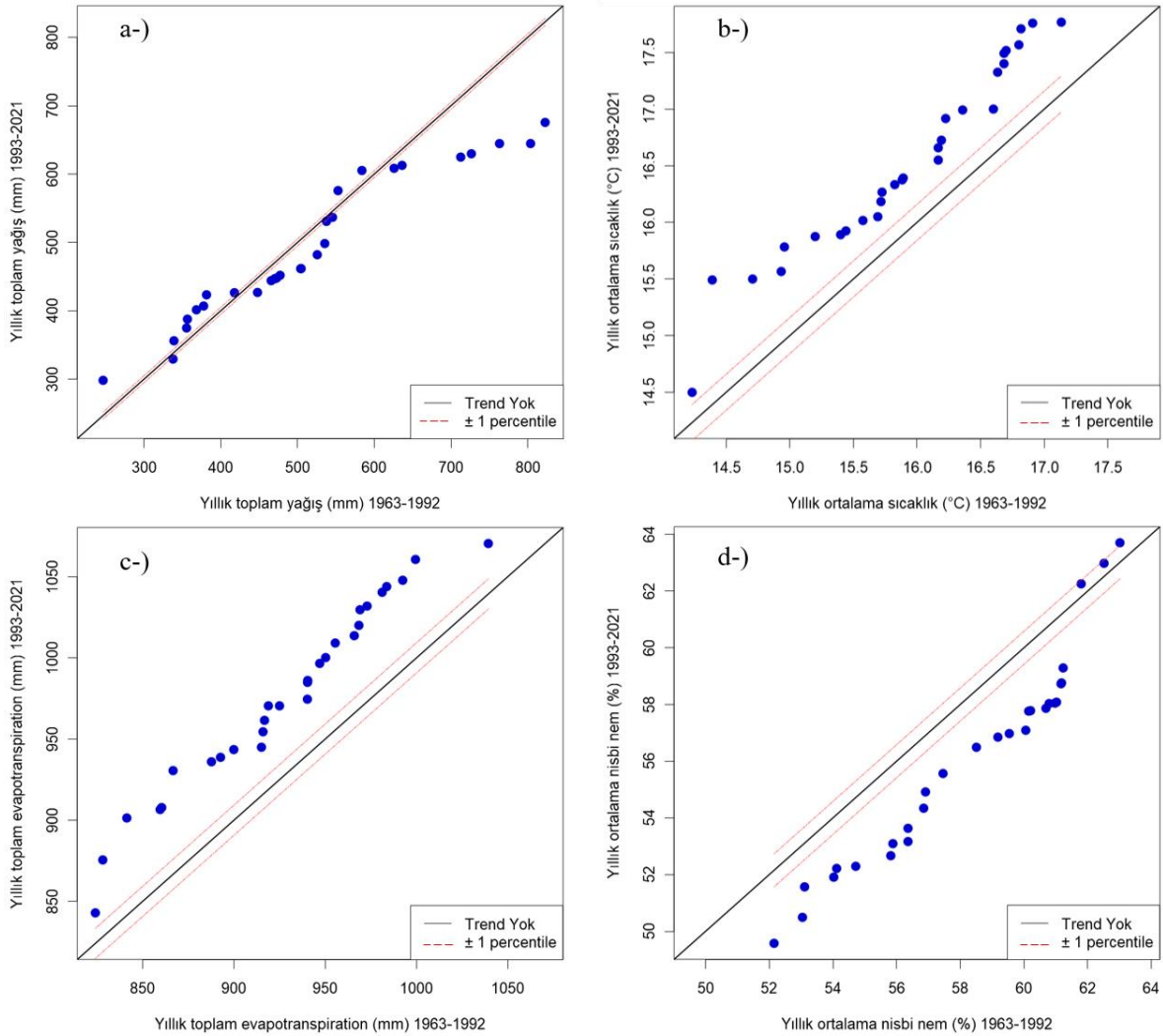
Meteorolojik Değişkenler	Mann-Kendall	Spearman Rho	$\alpha = \%10$	$\alpha = \%5$	$\alpha = \%1$
Yıllık Toplam Yağış	-1.22	-1.26	Yok	Yok	Yok
Yıllık Toplam Evapotranspirasyon	3.64	3.57	Artan	Artan	Artan
Yıllık Ortalama Sıcaklık	3.25	3.19	Artan	Artan	Artan
Yıllık Ortalama Nisbi Nem	-2.28	-2.48	Azalan	Azalan	Azalan

Batman istasyonuna ait meteorolojik değişkenlerin trendleri incelendiğinde Mann-Kendall ve Spearman Rho yöntemlerine göre %90, %95 ve %99 güven aralıklarına göre yıllık toplam yağış verisi için trend bulunamamıştır. Yıllık toplam yağış verisinde trend aşağı yönde olmasına rağmen anlamlılık seviyelerinde trendin varlığı söz konusu değildir. Yine aynı güven aralıklarına göre yıllık toplam evapotranspirasyon ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri için anlamlı sonuçlar bulunmuş ve artan yönde trend varlığı tespit edilmiştir. Yıllık ortalama nisbi nem değeri için ise azalan yönde bir trend varlığı görülmüştür. Mann Kendall ve Spearman Rho test sonuçları meteorolojik verilerde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, yıllık ortalama sıcaklık verisinde, Mann Kendall test sonucuna göre 3.25 artan bir eğilim tespit edilirken, aynı meteorolojik veride Spearman Rho test sonucuna göre 3.19 olarak saptanmıştır. Bu iki test sonucuna göre, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam evapotranspirasyon verilerinde uzun dönem veri analizine göre keskin bir şekilde artan bir şekilde trendin varlığından söz edilirken, yıllık ortalama nisbi nem değerinde ise keskin bir şekilde azalan trend tespit edilmiştir.

Tablo 3. Yenilikçi Şen Yöntemi 99% güven aralığına göre test sonuçları

Meteorolojik Değişkenler	Standart Sapma	Korelasyon	Eğim(s)	Üst Sınır	Alt Sınır	Trend
Yıllık Toplam Yağış (mm)	0.1500	0.970	-0.800	0.2900	-0.290	Azalan
Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)	0.0009	0.970	0.0200	0.0017	-0.002	Artan
Yıllık Toplam Evapotranspirasyon (mm)	0.0476	0.984	1.6300	0.0900	-0.090	Artan
Yıllık Ortalama Nisbi Nem (%)	0.0042	0.965	-0.070	0.0080	-0.008	Azalan

Yenilikçi Şen yöntemiyle yapılan trend çalışmasında ise parametrik olmayan yöntemlerle aynı olarak yıllık toplam evapotranspirasyon ve yıllık ortalama sıcaklıkta artan trend yıllık ortalama nisbi nem ve yıllık toplam yağış için ise azalan trend olduğu görülmüştür. Meteorolojik veriler arasındaki korelasyon 0.9'un üzerinde tespit edilmiş olup, yüksek standart sapma değerleri gözlemlenmemiştir. Spearman Rho ve Mann Kendall test sonuçlarına göre yıllık toplam yağış verilerinde herhangi bir trend tespit edilmez iken, Yenilikçi Şen yöntemi ile %99 güven aralığına göre azalan bir trend elde edilmiştir. Yenilikçi Şen yöntemine ait grafiksel sonuçlar ise Şekil 4' te gösterilmiştir. Tablo 4'da ise meteorolojik verilerin trendin eğimi gösterilmiştir. Tabloya göre, meteorolojik verilerin azalan ve artan yönde bulunan trendin eğimi hesaplanmıştır. Örneğin, yıllık toplam evapotranspirasyon verilerinde Mann-Kendall testine göre elde edilen artan trend 3.64 olarak hesaplanırken, bu trendin eğimi Sen'in eğim testine göre 1.71 olarak saptanmıştır. Yıllık toplam yağış verisinde ise bu değer -1.31 olarak hesaplanmıştır. Negatif değer trendin aşağı doğru olduğu anlamına gelmektedir.

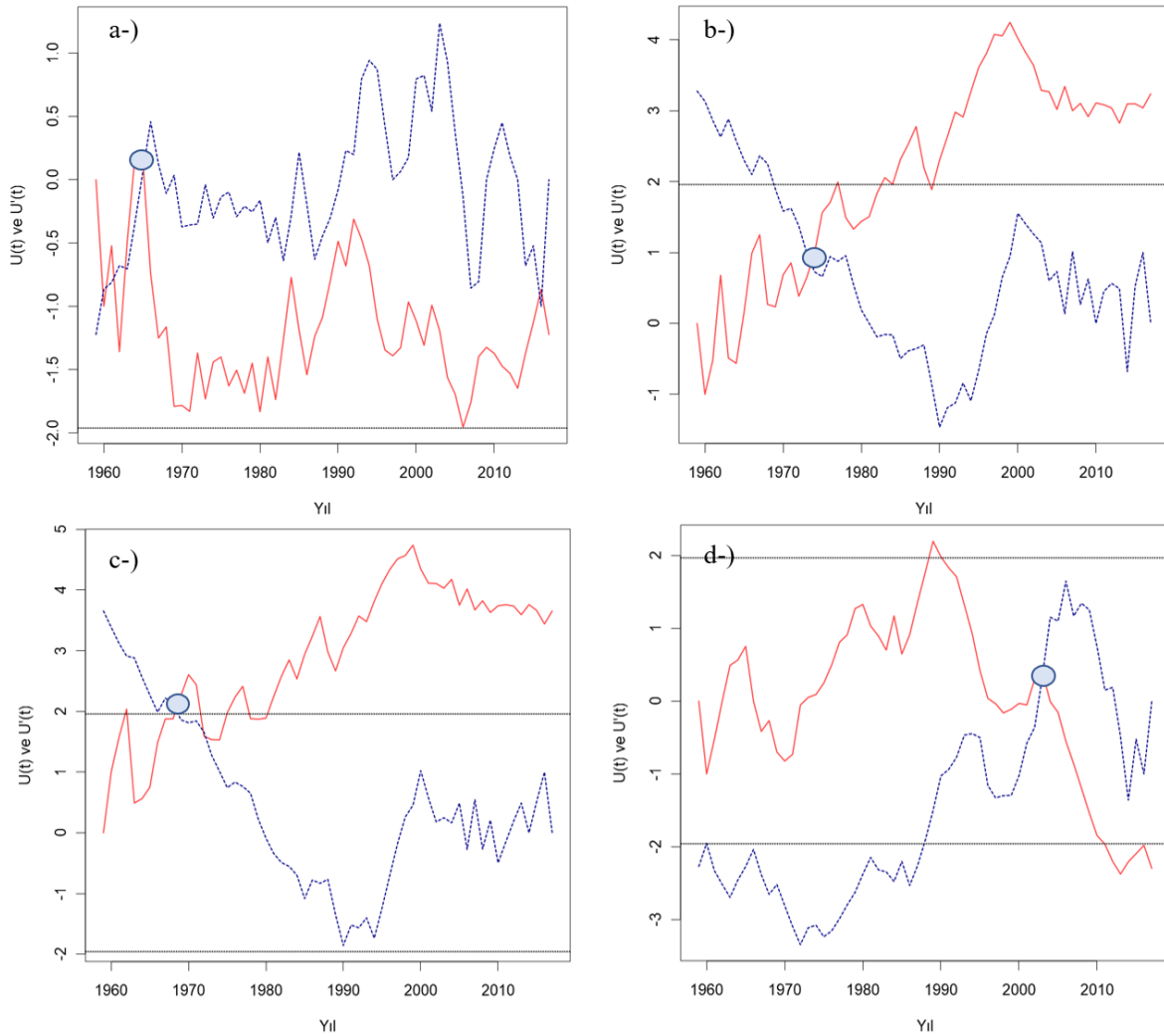


Şekil 4. Yenilikçi Şen Yöntemi ile elde edilen farklı değişkenlere ait trend analiz grafikleri a) yıllık toplam yağış b) yıllık ortalama sıcaklık c) yıllık toplam evapotranspirasyon d) yıllık ortalama nisbi nem.

Tablo 4. Sen'in Eğim test sonuçları

Meteorolojik Değişkenler	Sen'in Eğim Testi
Yıllık Toplam Yağış	-1.31
Yıllık Toplam Evapotranspirasyon	1.71
Yıllık Ortalama Sıcaklık	0.02
Yıllık Ortalama Nisbi Nem	-0.07

SQ-MK yöntemi neticesinde elde edilen grafikler ise Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5 a-), b-) ve d-) kesişimler meydana gelmiş fakat %95 güven aralığına göre bir anlamlılık elde edilmemiştir. Eğer verilerin kesiştiği nokta ± 1.96 (%95 güven aralığı) üzerinde belirlenirse değişimin başladığı yıl olarak kabul edilir. Bu sebeple, yıllık toplam yağış, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama nisbi nem verilerinin kesiştiği noktalar yukarıda belirtilen güven aralığını aşmadığından dolayı, bu parametreler için değişimden bahsedilemez. Ancak, yıllık toplam evaporasyon verisinin 1.96 güven aralığının üzerinde kesiştiğinden dolayı kesişimin 1969 yılında başladığı görülmektedir.



Şekil 5. Mann-Kendall mertebeli korelasyon test sonuçları a) yıllık toplam yağış b) yıllık ortalama sıcaklık c) yıllık toplam evapotranspirasyon d) yıllık ortalama nisbi nem.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Batman ilindeki 17282 no'lu meteorolojik istasyona ait yıllık toplam yağış ve evapotranspirasyon ile yıllık ortalama sıcaklık ve nispi nem verilerinin trend analizleri Mann Kendall,

Spearman Rho ve Yenilikçi Şen Yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır. Ayrıca Mann Kendall sıra korelasyon testi uygulayarak da trendin başladığı yıl belirlenmeye çalışılmıştır.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan 17282 no'lu Batman Meteorolojik İstasyonu değişkenleri incelendiğinde, yıllık toplam yağış için Spearman Rho ve Mann-Kendall yöntemlerine göre trend görülmezken Yenilikçi Şen yöntemine göre azalan trende rastlanılmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık için her üç yöntem için de artan yönde trend görülmüştür. Yıllık toplam evapotranspirasyon için yine her üç yöntemde de artan trend görülürken yıllık ortalama nisbi nem değerinin üç yöntemde azalan yönde trend varlığı belirlenmiştir. Eldeki verilerin trend analizi neticesinde sıcaklık ve evapotranspirasyon da artan, yağış ve nispi nem verilerinde bulunan azalan trendler ileride yağışların azalacağı buna karşın sıcaklıkların artacağı tahminleri yapılabilir. Bu durumdan yola çıkarak da hâlihazırdaki su kaynaklarının bu durumdan olumsuz etkileneceği tahmini yapılabilir. Bu olumsuz durumun önüne geçilebilmesi amacıyla aşağıdaki önlemler alınabilir.

- Küresel iklim modelleri oluşturulması ve iklim değişikliği ile ilgili projeksiyon çalışmaları yapılması,
- Yüzeysel su kaynaklarındaki buharlaşmaların belli oranda önüne geçilmesi amacıyla gerekli tedbirlerin alınması,
- Tarımda salma sulama uygulamasından vazgeçilip, yağmurlama ve damla sulama gibi sistemler yaygınlaştırılmalıdır,
- Kaçak sulama kuyuları iptal edilmelidir,
- İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin sadece yağış gibi iklim değişkenlerinde olmayacağını farkına varılması, sosyal, kültürel, enerji, tarım ve sağlık gibi alanlarında da etkilerinin olacağını ifade edilip bu durum ile ilgili kamuoyu bilinçlendirilmelidir (Dabanlı, 2017).
- Su israfı engellenmeli ve atık suların değerlendirilmesi teşvik edilmelidir.
- Her havzanın iklim değişikliği etkilerinin belirlenip havza yönetim planlarına kuraklık analizi ile birlikte dâhil edilmelidir.

Kaynakça

- Ahmadi, F., Nazeri Tahroudi, M., Mirabbasi, R., Khalili, K., & Jhajharia, D. (2018). Spatiotemporal trend and abrupt change analysis of temperature in Iran. *Meteorological Applications*, 25(2), 314-321. doi:10.1002/met.1694
- Aksoy, H., Onoz, B., Cetin, M., Yuçe, M. I., Eriş, E., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H. I., Esit, M., Orta, S., & Cavus, Y. (2018, September). *SPI-based drought severity-duration-frequency analysis*. 3th International Congress on Advances in Civil Engineering, Izmir, Türkiye.
- Ali, R. O., & Abubaker, S. R. (2019). Trend analysis using Mann-Kendall, Sen's slope estimator test and innovative trend analysis method in Yangtze river basin, China: Review. *International Journal of Engineering & Technology*, 8(2), 110-119.
- Ay, M., & Özyıldırım, Y. (2017). Yozgat'ın aylık toplam yağış ve aylık ortalama hava sıcaklıklarının trend analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2), 65-76. doi:10.21605/cukurovaummfd.358364
- Bacanlı, Ü. G., & Çukurluoğlu, S. (2018). Antalya ilinin bazı meteorolojik verilerinin trend analizi. *SETSCI Conference Indexing System*, 2(2018), 371-375.
- Cebe, E. N. (2007). *Türkiye akarsularında mevsimsel trend analizi*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul, Türkiye.
- Ceyhunlu, A. I., & Aydın, F. (2020). Yenilikçi Şen trend yöntemi ile Sakarya'nın meteorolojik verilerinin eğilim analizi. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 5(2), 1-7.
- Coşkun, S., (2020). Van Gölü Kapalı Havzasında Yağışların Trend Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(2), 521-532. doi:10.21923/jesd.685420
- Çetin, M., Aksoy, H., Önöz, B., Eriş, E., Yuçe, M. I., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H. I., Eşit, M., Çavuş, Y., & Orta, S. (2018, September). Deriving accumulated precipitation deficits from drought severity-duration-frequency curves: A case study in Adana province, Turkey. 1st international and 14th National Congress on agricultural structures and irrigation, Antalya.

- Dabanlı, İ., Şen, Z., Yeleğen, M. Ö., Şişman, E., Selek, B., & Güçlü, Y. S. (2016). Trend assessment by the innovative-Şen method. *Water Resources Management*, 30(14), 5193-5203. doi:10.1007/s11269-016-1478-4
- Dabanlı, İ. (2017). Türkiye'de iklim değişikliğinin yağış-sıcaklığa etkisi ve kuraklık analizi: Akarçay örneği. (Doktora Tezi), *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı İstanbul, Türkiye.
- Demir, A. D., Demir, Y., Şahin, Ü., & Meral, R. (2017). Bingöl ilinde sıcaklık ve yağışların trend analizi ve tarıma etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3), 284-291.
- Doğan, E., Çeribaşı, G., & Akkaya, U. (2016). Investigation for effecting of dam to river flow regime by trend analysis method, case study of Sakarya River. *Karalmas Science and Engineering Journal*, 6(1), 50–55.
- Eris, E., Aksoy, H., Onoz, B., Cetin, M., Yuce, M. I., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H. I., Esit, M., Yildirim, I., & Karakus, E. U. (2019). Frequency analysis of low flows in intermittent and non-intermittent rivers from hydrological basins in Turkey. *Water Supply*, 19(1), 30-39. doi:10.2166/ws.2018.051
- Esit, M., Kumar, S., Pandey, A., Lawrence, D. M., Rangwala, I., & Yeager, S. (2021). Seasonal to multi-year soil moisture drought forecasting. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 4(1), 1-8. doi:10.1038/s41612-021-00172-z
- Gümüş, V. (2006). *Fırat Havzası akımlarının trend analizi ile değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şanlıurfa, Türkiye.
- Kadıoğlu, M. (1997). Trends in surface air temperature data over Turkey. *International Journal of Climatology*, 17(5), 511-520. doi:10.1002/(SICI)1097-0088(199704)17:5<511::AID-JOC130>3.0.CO;2-0
- Kendall MG, (1975). *Rank Correlation Methods*. New York, USA: Oxford University Press.
- Mann, H. B. (1945). Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 163-171. doi:10.2307/1907187
- Öztürk, Ö., Cebeci, İ. (2021). Büyük Menderes havzasında bazı hidroklimatolojik değişkenlerin eğilim analizi. *Toprak Su Dergisi*, 10(1), 43-50. doi:10.21657/topraksu.775654
- Ren, J. L., Li, Q. F., Yu, M. X., & Li, H. Y. (2012). Variation trends of meteorological variables and their impacts on potential evaporation in Hailar region. *Water Science and Engineering*, 5(2), 137-144. doi:10.3882/j.issn.1674-2370.2012.02.002
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389. doi:10.1080/01621459.1968.10480934
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrological Engineering*, 17(9), 1042-1046. doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000556
- Şen, Z. (2013). Trend identification simulation and application. *Journal of Hydrological Engineering*, 19(3), 635-642. doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000811
- Şen, Z. (2018). Crossing trend analysis methodology and application for Turkish rainfall records. *Theoretical and Applied Climatology*, 131(1-2), 285-293. doi:10.1007/s00704-016-1980-x
- Şimşek, O., Gümüş, V., Soydan, N. G., Yenigün, K., Kavşut, M. E., & Topçu, E. (2013). Hatay ilinde bazı meteorolojik verilerin gidiş analizi. *SDU International Journal of Technological Sciences*, 5(2), 132-144.
- Tabari, H., Hosseinzadeh Talaei, P., Ezani, A., & Shifteh Some'e, B. (2012). Shift changes and monotonic trends in autocorrelated temperature series over Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 109(1), 95-108. doi:10.1007/s00704-011-0568-8
- Tokgöz, S., Partal, T. (2020). Karadeniz bölgesinde yıllık yağış ve sıcaklık verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall yöntemleri ile trend analizi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 1107-1118. doi:10.21597/jist.633368
- Topçu, E. (2021). Testing of drought exceedance probability index (DEPI) for Turkey using PERSIANN data for 2000-2021 period. *Italian Journal of Agrometeorology*, 2, 15-28. doi:10.36253/ijam-1308
- Topçu, E. (2022). Appraisal of seasonal drought characteristics in Turkey during 1925–2016 with the standardized precipitation index and copula approach. *Natural Hazards*, 112, 1-27. doi:10.1007/s11069-021-05201-x

- Toride, K., Cawthorne, D. L., Ishida, K., Kavvas, M. L., & Anderson, M. L. (2018). Long-term trend analysis on total and extreme precipitation over Shasta Dam watershed. *Science of the Total Environment*, 626, 244-254. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.01.004
- Türkeş, M. (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 16(9), 1057-1076. doi:10.1002/(SICI)1097-0088(199609)16:9%3C1057::AID-JOC75%3E3.0.CO;2-D
- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 26-37.
- Yu, Y. S., Zou, S., & Whittemore, D. (1993). Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150(1), 61-80. https://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90156-4
- Yuce, M. I., & Esit, M. (2021). Drought monitoring in Ceyhan basin, Turkey. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 9(4), 293-314. doi:10.1080/23249676.2021.1932616
- Zamani, R., Mirabbasi, R., Nazeri, M., Meshram, S. G., & Ahmadi, F. (2018). Spatio-temporal analysis of daily, seasonal and annual precipitation concentration in Jharkhand state, India. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32(4), 1085-1097. doi:10.1007/s00477-017-1447-3