

Van Gölü Havzasında Hidrometeorolojik Verilerin Eğilim Analizi

Mahsum AYDIN^{*1}, Arif ÖZ²

¹Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Van

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Öğrencisi,
Kahramanmaraş

Geliş tarihi: 28.04.2021

Kabul tarihi: 30.06.2021

Öz

Bu çalışmada, Türkiye'nin en büyük ikinci kapalı havzası olan Van Gölü Havzası ele alınmaktadır. Çalışmada havza sınırları içerisinde ve yakınında bulunan 9 adet meteoroloji gözlem istasyonuna ait 1968-2017 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verilerinin eğilimleri incelenmiştir. Eğilimlerin belirlenmesi için 3 farklı trend analizi metodu (Şen-YEÇ, Mann-Kendall (M-K) Testi ve Spearman'ın Rho (S-R) Testi) uygulanmıştır. Bunun yanı sıra M-K mertebeye korelasyon testi yardımı ile eğilim başlangıç yılı belirlenmiştir. Yağış verileri üzerinde yapılan analizler incelendiğinde, Erciş ve Ahlat istasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu, geriye kalan istasyonlarda eğilim olmadığı tespit edilmiştir. Sıcaklık verilerinin incelemesi sonucunda ise Erciş ve Ahlat istasyonlarında eğilim olmadığı ancak diğer tüm istasyonlarda artan yönde eğilim olduğu tespit edilmiştir. Yapılan eğilim analizleri sonucu havza üzerine düşen yağışta azalma, sıcaklıkta ise artış eğilimi olduğu, bu durumun ise gelecek yıllarda havza üzerinde kuraklık riskini artırabileceği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, havzanın gelecek dönemlerde ciddi kuraklık riski ile karşılaşabileceğini gösterdiğinden gerekli önlemlerin alınması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Trend analizi, Van Gölü Havzası, Yağış, Sıcaklık

Trend Analysis of Hydrometeorological Data in the Van Lake Basin

Abstract

In this study, the Van Lake Basin, which is the second largest closed basin in Turkey, is discussed. In the study, the trends of precipitation and temperature data between 1968-2017 belonging to 9 meteorology observation stations located in and near the basin boundaries were examined. In order to determine the trends, 3 different trend analysis methods (Şen-YEÇ, Mann-Kendall (M-K) Test and Spearman's Rho (S-R) Test) were applied. In addition, the trend starting year was determined with the help of the M-K rank correlation test. When the analysis of the precipitation data was examined, it was determined that there was a statistically significant decrease in Erciş and Ahlat stations, and there was no trend in the remaining stations. As a result of the examination of the temperature data, it was determined that there was no trend in Erciş and Ahlat stations, but there was an increasing trend in all other stations. As a result of the trend analysis, it has been determined that there is a decreasing trend in precipitation and an increasing trend in temperature on the basin, and this situation may increase the risk of drought in the basin in the coming years. Since the findings obtained show that the basin may face a serious risk of drought in the future, it is recommended to take necessary precautions.

Keywords: Trend analysis, Van Lake Basin, Precipitation, Temperature

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Mahsum AYDIN, maydin@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

Yaşamsal önemi çok büyük olan suyun, insan ve toplum unsurları ile çok yakından ilişkili olmasının yanında, tüm canlılar için gerekliliği tartışılmaz bir gerçektir. Fakat su kaynaklarının kirletilmesi ve plansız kullanılması, küresel ısınmaya bağlı iklimsel değişiklikleri, yer küre üzerindeki su kaynaklarının sürdürülebilirlik özelliklerinde ve kullanılabilirliğinde azaltıcı yönde eğilim (trend) oluşmasına sebebiyet verecektir.

Tüm Dünya üzerinde yapılan ölçüm kayıtları incelendiğinde, küresel ölçekte ortalama yüzey sıcaklığının, 1901 yılından günümüze kadar $0,89^{\circ}\text{C}$ yükselmiş olduğu, küresel yüzey sıcaklığının ise halen artan eğilim yönünde olduğu görülmüştür. Dünya üzerindeki mevcut buzulların yılda yaklaşık 275 milyon tonu yok olmaktadır. Küresel ölçekte deniz seviyesindeki yükselme miktarı ise, 1901 yılından günümüze 19 cm'ye kadar ulaşmıştır ve yıllık olarak bakıldığında ise 3,2 mm artış gözlenmektedir. Olağan üstü hava olaylarında, 1950'li yıllardan günümüze kadar bazı alanlarda sıcak hava dalgalarının frekansında artış ve şiddetli yağışların meydana gelmesi gibi birçok değişiklik meydana gelmektedir [1].

Geçmişten günümüze insan yaşamı boyunca doğal afetlerin en önemlilerinden biri olarak kuraklık olayı gösterilmektedir. Özellikle ülke ekonomisi ve canlı yaşamı üzerinde en büyük etkiye sahip olan doğal afet kuraklık olarak gösterilebilir ve kuraklık olayı değişik meteorolojik ve çevresel şartlar altında gelişebilme özelliğine sahiptir.

Kuraklık etkilerinin azaltılması ve bu tehdit ve tehlikenin önlenmesi, kuraklıkla ilgili bilimsel çalışmalar sonucu elde edilen bulguların doğru olarak değerlendirilmesiyle mümkün olmaktadır.

Emek [2] yaptığı çalışmada, Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesi içerisinde seçilen bazı istasyonlara ait aylık ve yıllık toplam yağış verilerinin eğilimlerini belirlemek amacıyla Spearman'ın Rho (S-R) ve Mann-Kendall (M-K) testlerini uygulamıştır. Eğilim belirleme yöntemi sonuçlarına göre; %95 güven aralığında yıllık

toplam yağışların Sivrice, Doğanşehir, Baskil ve Erciş istasyonları olmak üzere 4 adet istasyonda azalan yönde eğilim gösterdiğini tespit etmiştir. %90 güven aralığında bakıldığında ise bulunan istasyonlara ilave olarak Ağın ve Elazığ yağış istasyonları dâhil 6 istasyonun azalan yönde bir eğilim gösterdiğini tespit etmiştir. Doğu Anadolu bölgesinin, analiz sonuçları genel olarak incelendiğinde ise, Batı ve Güney kesimlerinde azalan yönde bir eğilim hâkim iken Kuzey kesimlerinde ise artan yönde bir eğilimin görüldüğü tespit edilmiştir.

Ercan ve Yüce [3] yapmış oldukları çalışmada, Kızılırmak havzası içerisinde bulunan 36 istasyona ait 1975-2015 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verilerine M-K testi uygulamışlardır. Yapılan hesaplamalar neticesinde istasyonların çoğunda yağış verilerinde herhangi bir yönde eğilim gözlemlenmez iken, sıcaklık verilerinde artan bir eğilim olduğu tespit edilmiştir.

Soydan ve arkadaşları [4] yaptıkları çalışmada, Seyhan Havzasında yer alan iki farklı gözlem istasyonundan elde edilen aylık ortalama akım değerleri ve iki yağış gözlem istasyonundan elde edilen aylık ortalama yağış verilerine M-K ve S-R testlerini uygulamışlardır. Ayrıca eğilimlere ait eğimlerin belirlenmesi amacıyla Şen'in Eğim metodu kullanılmıştır. Yağış gözlem istasyonlarına ait verilerde herhangi bir yönde eğim görülmemiştir. Ancak Akım gözlem istasyonlarına ait verilerde 5 aylık dönemde azalan yönde bir eğilim olduğu sonucuna varılmıştır.

Tokgöz ve Partal [5] yapmış oldukları çalışmada, Karadeniz bölgesinde yer alan 16 adet istasyona ait yağış ve sıcaklık verilerinin eğilimlerini belirleyebilmek amacıyla M-K ve Yenilikçi Şen eğilim analizi yöntemlerini uygulamışlardır. Analizler sonucunda Yenilikçi Şen (Şen-YEÇ) yöntemine göre 16 istasyonun tamamında sıcaklık verilerinin artan yönde eğilime sahip oldukları, M-K testine göre ise bu istasyonlardan sadece 7 tanesinde artan eğilim olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık verileri için elde edilen sonuçlara benzer şekilde eğilimler yağış verileri için de elde edilmiştir.

Öztürk ve Cebeci [6], yapmış oldukları çalışmada Ege Bölgesinde yer alan Büyük Menderes Havzası içerisinde bulunan 3 istasyona ait yağış, sıcaklık ve akım verileri için M-K eğilim analizi yöntemini uygulamışlardır. En anlamlı artış eğilimi yedi ay ile Denizli’de olurken Uşak’ta da yaz aylarındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aydın ilinde ise sıcaklıklarda bir artış tespit edilmiş ancak bu artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır, yağış verilerinde artış eğilimi anlam teşkil etmez iken, akım değerlerinde önemli düzeyde azalış eğiliminin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gümüş ve arkadaşları [7] yapmış oldukları çalışmada Şanlıurfa bölgesi hidrometeorolojik verilerin eğilim analizi için M-K ve S-R testini uygulamışlardır. Analiz sonuçlarında hidrometeorolojik verilerden sıcaklık verileri için tüm sezonlarda %5 anlamlılık düzeyinde artan eğilim olduğu, yıllık periyotta bakıldığında ise maksimum sıcaklık verilerinde artan bir eğilim olduğu tespit edilmiştir. Yıllık toplam yağış miktarında ise 1,5 mm/yıl azalma olduğu tespit edilmiştir.

Coşkun [8] tarafından yapılan çalışmada, Van Gölü Kapalı Havzası üzerinde bulunan 7 istasyona ait yağış verileri üzerinde mevsimlik ve yıllık eğilimler incelenmiştir. Bu incelemede yöntem olarak M-K Testi, S-R Testi ve Şen-YEÇ Testi kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde havza genelinde yağışlarda azalma eğilimi görülmüştür.

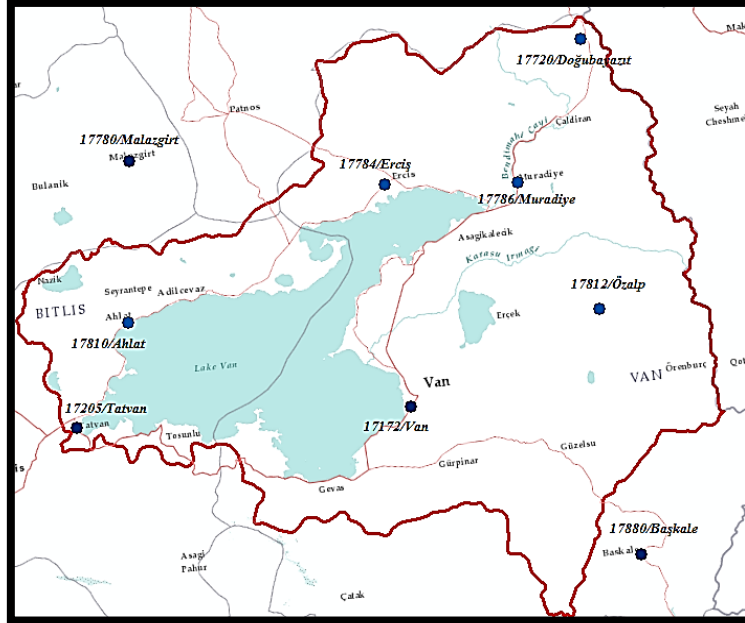
Artan nüfus ve büyük iklimsel değişiklikler nedeniyle Türkiye’nin su kaynakları bakımından olumsuz etkiler ile karşı karşıya olduğu bilinmektedir. Özellikle su ihtiyacının büyük bir kısmının yağışlardan karşılanması sebebiyle yağış ve yağışı olumsuz yönde etkilediği düşünülen sıcaklık verilerinin zaman içerisindeki eğilimlerinin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle Van Gölü havzasının bu olumsuz etkilerden ne kadar etkilendiğinin belirlenebilmesi için yağış ve sıcaklık verilerinin eğilimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan

literatür taraması sonucunda eğilimlerin belirlenmesi amacıyla M-K ve S-R testlerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmüş, bu nedenle bu çalışmada M-K, S-R testleri ile yakın zamanda Şen tarafından geliştirilen Şen-YEÇ yöntemi kullanılarak Van Gölü havzasının yağış ve sıcaklık verilerinin yıllık bazda eğilimleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kullanılan yöntemlerin sonuçları birbiriyle karşılaştırılmak suretiyle farklılıkları tespit edilmeye çalışılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilerek son dönemlerde etkisi hissedilen iklim değişikliği nedeniyle Van Gölü havzasının olumsuz etkilere maruz kalıp kalmayacağı irdelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca Türkiye’nin farklı bölgeleri için yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular ile bu çalışmada ele alınan Van Gölü havzası için elde edilen bulgular karşılaştırılarak aynı olumsuz etkilerin ele alınan bölgede de görülüp görülmediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada inceleme alanı olarak IPCC (International Panel on Climate Change) raporlarına göre kuraklık tehlikesi içerisinde bulunan Doğu Anadolu bölgesi sınırlarında bulunan Van Gölü Havzası seçilmiştir.

Van Gölü Havzası, Türkiye’nin doğusunda ve Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Aynı zamanda etrafı yüksek dağlarla çevrili kapalı havza özelliği taşımaktadır. Havzamızın ortalama yükseltisi 2022,3 m olarak hesaplanmıştır. Van gölü havza haritası Şekil 1’de gösterilmiştir. Van Gölü havzası içerisinde; başta Van ili olmak üzere, Adilcevaz, Ahlat, Bitlis, Tatvan, Gevaş, Erciş ve Muradiye gibi önemli yerleşim birimleri bulunmaktadır. Kapalı havza özelliği taşıyan inceleme alanında, dünyadaki en büyük sodalı göl olan Van Gölü bulunmaktadır. Van Gölü havzası sınırları içerisinde yer alan meteoroloji istasyonlarında 1968-2018 yılları arasında kaydedilen en düşük, en yüksek ve uzun yıllar yıllık ortalama sıcaklık değerleri, sırası ile 7,65°C, 16,20°C ve 11,60°C olarak ölçülmüştür.



Şekil 1. Van Gölü Havzası

2.1. Materyal

Bu çalışmada Van Gölü Havzası içerisinde ve yakınında yer alan istasyonların yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Çalışmada havzayı konumsal olarak en iyi temsil eden istasyonlar seçilmiş olup, 50 yıllık ve kesintisiz kayıt tutulmuş istasyonlara ait yağış ve

sıcaklık verileri Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Havza içerisinde bu ölçütlere uyan 7 adet istasyon seçilmiştir. Ayrıca havza sınırlarına yakın olan 2 istasyonda hesaplamalara dâhil edilmiştir. Bu sayede havza genelinde daha hassas bir sonuç elde edilmesi amaçlanmıştır. Tüm bu istasyonlarla ilgili bilgiler Çizelge 1'de gösterilmiştir

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ile ilgili bilgiler

No	İl	İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
1	Ağrı	Doğubayazıt	17720	39.9222	44.0104	1560
2	Bitlis	Ahlat	17810	38.7486	42.4750	1720
3	Bitlis	Tatvan	17205	38.5032	42.2815	1668
4	Muş	Malazgirt	17780	39.1434	42.5305	1515
5	Van	Başkale	17880	38.0435	44.0173	2286
6	Van	Erciş	17784	39.0198	43.3386	1678
7	Van	Muradiye	17786	38.9899	43.7630	1706
8	Van	Özalp	17812	38.6573	43.9764	1989
9	Van	Van Bölge	17172	38.4693	43.3460	1675

2.2. Eğilim Analizi

İklim değişikliğinin atmosfer ve hidroloji değişkenleri üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerinin herhangi bir havza üzerinde afet

boyutlarında olabilmesi mümkündür. Özellikle son yüzyılda dünyanın birçok bölgesinde kuraklık ve taşkın gibi afetlerin meydana gelme sıklığında bir artış gözlenmektedir. Genelde, gözlem istasyonlarına ait veriler ortalama değerler

üzerinden hesaplandığından, bu verilerin taşkın ve kuraklık gibi ekstrem değerleri tanımlamakta yetersiz kaldığı görülmektedir. Ölçülen gözlem verilerinin veya değişkenlerin sınıflandırılması kuraklık ve taşkın olaylarının tanımlaması açısından oldukça önemlidir [9].

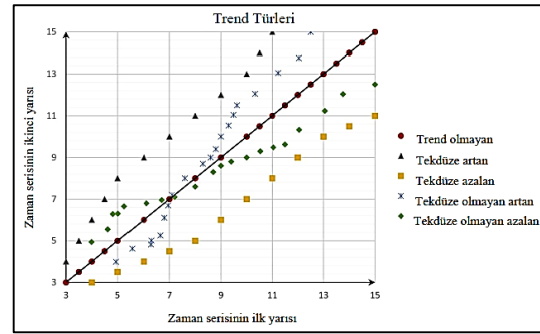
Van Gölü havzasında bulunan meteorolojik gözlem istasyonları tarafından kayıt altına alınan meteorolojik verilere Şen-YEÇ, M-K ve S-R yöntemleri uygulanmıştır. Bu uygulamalar neticesinde yağış ve sıcaklık verilerinde artan veya azalan bir eğilim olup olmadığı hesaplanmıştır. Ayrıca çıkan sonuçlara göre eğilim yöntemleri karşılaştırılmıştır. M-K mertebeli korelasyon testi ile birlikte eğilimin olduğu istasyonlardaki eğilimin başlangıcı bulunmuştur.

2.2.1. Şen Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi Yöntemi

Eğilim (gidiş) analizi (çözümlemesi) birçok yöntem önerilmektedir. Yakın zamanda Şen [10] tarafından Şen Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi (Şen-YEÇ) yöntemi 1:1 (45°) önerilmiştir. Bu yöntem doğrusal grafik yöntem olarak eğilimleri değerlendirmektedir ve en önemli özelliği hiçbir varsayım içermemesidir. Bu yeni yöntem S-R ve M-K yöntemleri ile kıyaslandığında en önemli avantajının incelemeye alınan zaman serilerinin bağımlı ve bağımsız olmasına bakılmaksızın tüm verilere uygulanabilmesidir. Bu uygulama esnekliği ve kolaylığı nedeni ile Şen-YEÇ yöntemi çoğu araştırmacı tarafından hidrolojik ve iklimsel verilerin zaman serilerinin analizi için uygulanmıştır [11-14].

Bu yöntemde meteoroloji istasyonlarına ait ölçülen verileri başlangıç tarihinden başlamak üzere iki eşit parçaya ayrılarak küçükten büyüğe doğru sıralanır. İkiye ayrılan veri setinin ilk yarısı yatay eksene, diğer yarısı ise dikey eksene denk getirilerek Şekil 2'de gösterildiği gibi konumlandırılır. Şekilde gösterilen grafik üzerinden incelenen veriler 1:1 (45°) doğrusu üzerinde ya da bu doğruya çok yakın bir noktada ise, basit bir şekilde incelenen seride eğilimin olmadığı kararına varılır [10]. Eğer veriler 1:1 (45°) doğrusunun üstünde veya altında olursa bu

eğilim türüne tek-düzenli (monotonik) artan veya azalan eğilim ismi verilmektedir. Eğer düşük değerlerde saçılma noktaları 1:1 doğrusunun altında (üstünde) ve yüksek değerlerde 1:1 doğrusunun üstünde (altında) ise buna çok-düzenli (non-monotonik) artan (azalan) eğilime sahip seriler denilmektedir [15].



Şekil 2. Azalan, artan ve eğilim olmayan serilerin gösterimi [14]

2.2.2. Mann- Kendall Testi

M-K Eğilim Testi [16-17], nonparametrik (parametrik olmayan) bir testtir ve bundan dolayı tesadüfi değişkenin dağılımına bağımlı değildir. Bu testin sayesinde göz önüne alınan bir zaman serisinin eğilime sahip olup olmadığına dair sıfır hipotezi: “H₀: Eğilim yok” ile kontrolü sağlanmaktadır [18].

Testin uygulanması için seçilen zaman serisi x_1, x_2, \dots, x_n 'de olmak üzere; x_i, x_j çiftleri iki gruba ayrılır. $i < j$ için $x_i < x_j$ olan çiftlerin sayısı P olarak gösterilmektedir. $x_i > x_j$ olan çiftlerin sayısı M ile gösterilirse test istatistiği (S), aşağıdaki şekilde hesaplanır (Eşitlik 1):

$$S = P - M \quad (1)$$

Kendall korelasyon katsayısı τ (Eşitlik 2):

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

$n \geq 10$ için varyans (σ_s), Eşitlik 3'te görüldüğü gibi hesaplanır;

$$\sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (3)$$

M-K standart test parametresi Z olmak üzere (Eşitlik 4):

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sigma_s & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ (S+1)/\sigma_s & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Eşitlik 4'te tanımlanan Z test istatistiğinin dağılımı standart normal dağılımdır. Birbirine eşit gözlemler olması durumunda σ_s , Eşitlik 5'deki bağıntı ile hesaplanır.

$$s = \sqrt{\left[n(n-1)(2n+5) - \sum_i t_i(t_i-1) \right] (2t_i+5) / 18} \quad (5)$$

Bu eşitlikte t_i ile ifade edilen değer, aynı değeri taşıyan kaç gözlem olduğunu ifade etmektedir. Mesela, 5 gözlem aynı ise, $t_i=5$, 3 gözlemin aynı olması durumunda ise $t_2=3$ ve bununla birlikte aynı değere sahip 2 gözlem grubu varsa $t_3=2$, $t_4=2$ olarak dikkate alınır.

Yukarıda belirtildiği gibi hesaplanmış Z parametrelerinin mutlak değerleri seçilmiş olan α anlamlılık seviyesine denk gelen normal dağılım $Z_{\alpha/2}$ değerinden küçük olması durumunda, sıfır hipotezi kabul edilmektedir ve bu sayede dikkate alınan zaman serisinde eğilimin olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Büyük olası durumunda eğilimin mevcut olduğu ve S değerinin pozitif değerleri için eğilimin artan yönde, negatif değerleri için de azalan yönde olduğu belirlenmektedir. Ayrıca incelenen veri setinin belirli bir dağılıma uyması aranmadığından kullanışlı bir yöntemdir [19].

2.2.3. Spearman-Rho Testi

Bu test, incelenen iki gözlem serisi arasında korelasyonun var olup olmadığını tespit edebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca Lineer eğilimin olması durumu bu test yardımıyla hızlı bir şekilde belirlenebilmektedir. Sıra istatistiği olan R_{x_i}

verilerin büyükten küçüğe ya da küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla belirlenir. Gözlem serisi $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ vektörü olmak üzere; iki yönlü test ile tanımlanan H_0 hipotezine göre x_i , ($i=1,2,3, \dots, n$) değerleri eş olasılıklı dağılımlardır. H_1 hipotezine göre ise x_i ($i=1,2, \dots, n$) değerleri zamanla artar veya azalır. S-R testi istatistiği (r_s), Eşitlik 6 ile hesaplanmaktadır [20].

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

$n > 30$ için r_s dağılımı Normal dağılıma yaklaşıcağından Normal dağılım tabloları kullanılır [21]. Bunun için r_s 'nin test istatistiği (Z), Eşitlik 7'de görüldüğü gibi hesaplanmaktadır.

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

Verilen eşitlik ile hesaplanan $|Z|$ değerinin, standart normal dağılım tablolarına bakılarak α önem seviyesi için belirlenen $Z_{\alpha/2}$ değerinden büyük olması durumunda, H_0 hipotezi reddedilmek suretiyle, belirli bir eğilimin olduğuna karar verilir.

2.2.4. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Bu test parametrik olmayan bir testtir ve uygulamanın yapılacağı seride zamanla artma veya azalma olup olmadığını hesaplamak için kullanılmaktadır. Uygulanan bu test yardımıyla sonuçlar grafiksel olarak ifade edilebilmektedir, ayrıca eğilimin başlangıç noktasını da belirlemeyi sağlayabilmektedir.

Hidrometeorolojik zaman serilerinde veriler x_i soldan başlanarak, tek tek dikkate alınmak suretiyle veri yerine kendisinden önceki veriler içinde kaç adedinin dikkate alınan veriden büyük olduğu hesaplanır. Bu hesaplanan sayıya n_i denilirse x_i veri değerleri bu değerler ile değiştirerek tam sayıya sahip örnek bir fonksiyon elde edilir.

Bu tam sayı değerlerin ardışık toplamlarını, t_i ile ifade edilir ise, yöntemi sınamak için gerekli büyüklük olan (t), Eşitlik 8'de ki gibi hesaplanır.

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (8)$$

Bunun ortalaması $E(t)$ (Eşitlik 9):

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (9)$$

Varyans değeri $Var(t)$ (Eşitlik 10):

$$Var(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (10)$$

$u(t)$ fonksiyonu ise Eşitlik 11 ile belirlenir [22].

$$u(t) = \frac{[t - E(t)]}{\sqrt{Var(t)}} \quad (11)$$

$u(t)$ 'nin sıfıra yakın değerleri ile zaman içerisinde değişimin olmadığı varsayımı ifade edilirken $u(t)$ 'nin büyük değerleri ile zamanla değişim olduğu gösterilmektedir. $u(t)$ 'nin $\pm 1,96$ 'ya eşit veya büyük olması eğilimin anlamlılık düzeyinin %95'lere ulaştığını ifade eder. $u'(t)$ ise seri içinde geri yönde $u(t)$ 'ye benzer şekilde hesaplanır. Grafikselsel olarak $u(t)$ ve $u'(t)$, değişimin başladığı

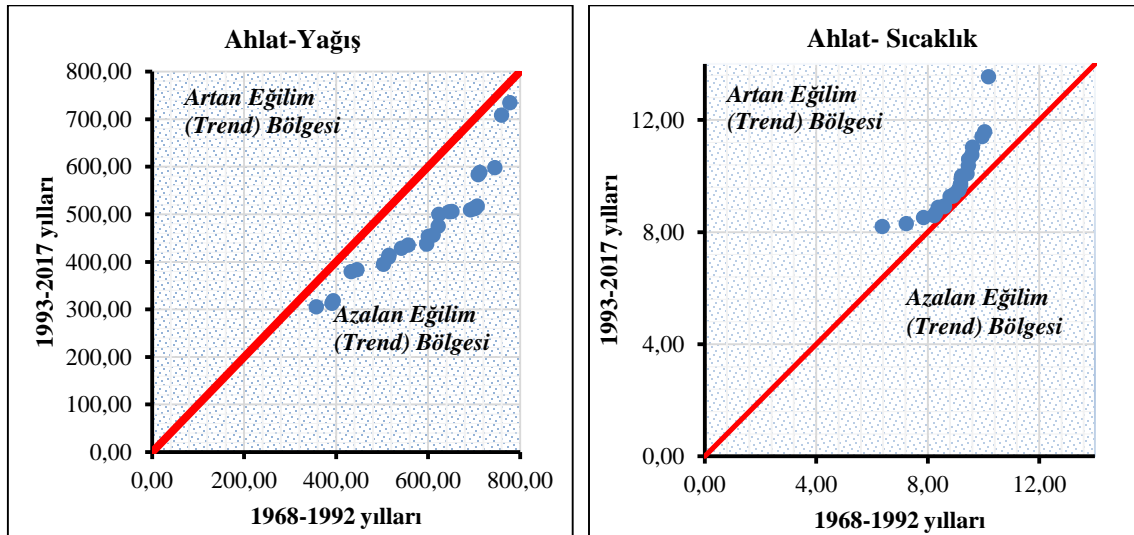
yer ile kuvvetini gösterirler. $u(t)$ ile $u'(t)$ 'nin grafik üzerinde kesişim noktaları eğilimin başladığı zamanı ifade eder [23]

3. BULGULAR

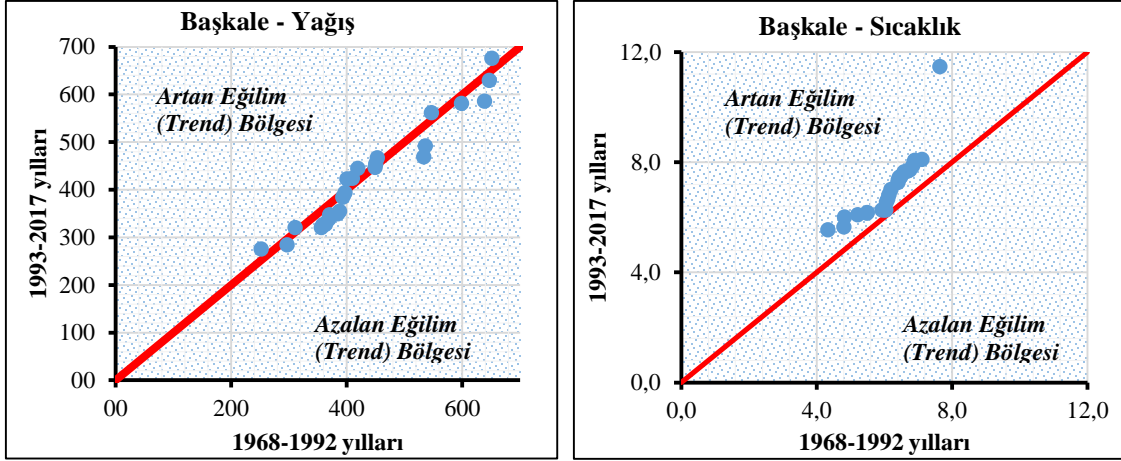
Bu kısımda, Van Gölü havzası çalışmasında kullanılan 9 istasyonun havza içerisindeki konum dağılımı açısından örnek teşkil etmesinden dolayı bu istasyonların eğilim analizi uygulamalarına ait sonuçlar verilmiştir.

3.1. Şen Yenilikçi Eğilim Çözümleme Yöntemi Uygulama Sonuçları

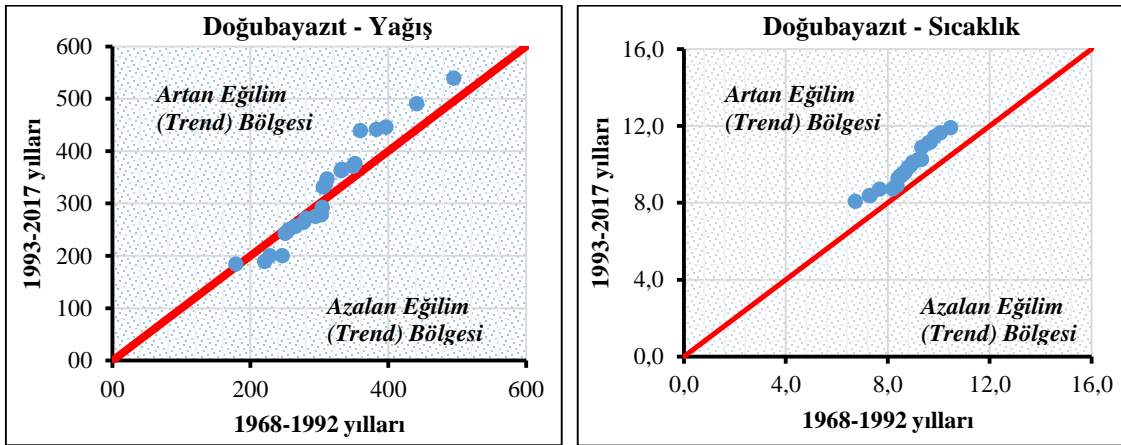
Van Gölü havzasında ilk olarak eğilim araştırması Ahlat İstasyonu verileri kullanılarak yapılmıştır. Şekil 5'de görüleceği üzere meteoroloji gözlem istasyonuna ait 1968-2018 yılları arasındaki yağış verilerine ait eğilim grafiği gösterilmektedir. Yağış eğilim grafiği incelendiğinde havza üzerine düşen yağış miktarının azalan eğilimde olduğu görülmektedir. Sıcaklık eğilim grafiği incelendiğinde ise sıcaklığın artan yönde bir eğilime sahip olduğu gözlenmektedir. Diğer istasyonlara ait yağış ve sıcaklık verilerinin eğilim durumları Şekil 3-11'de belirtilmiştir.



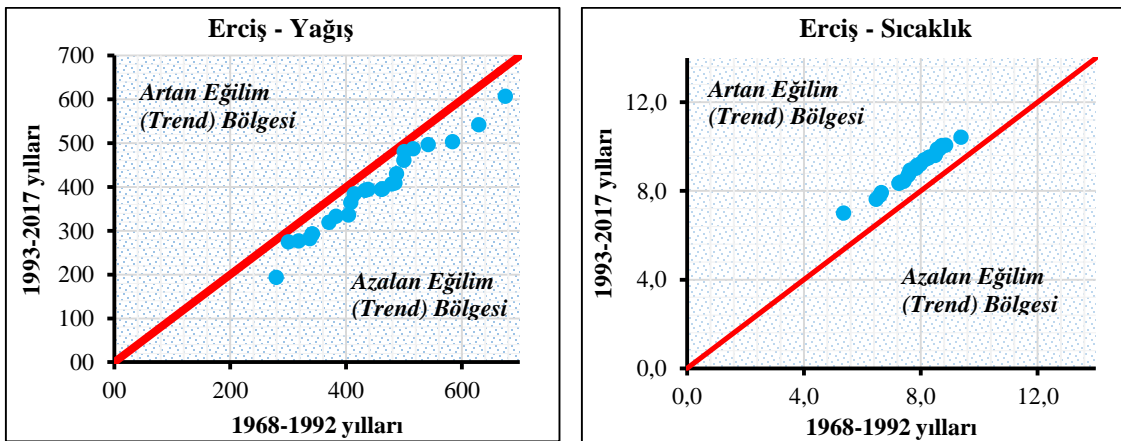
Şekil 3. Ahlat istasyonuna ait Şen-YEC'e göre yağış ve sıcaklık eğilim durumu



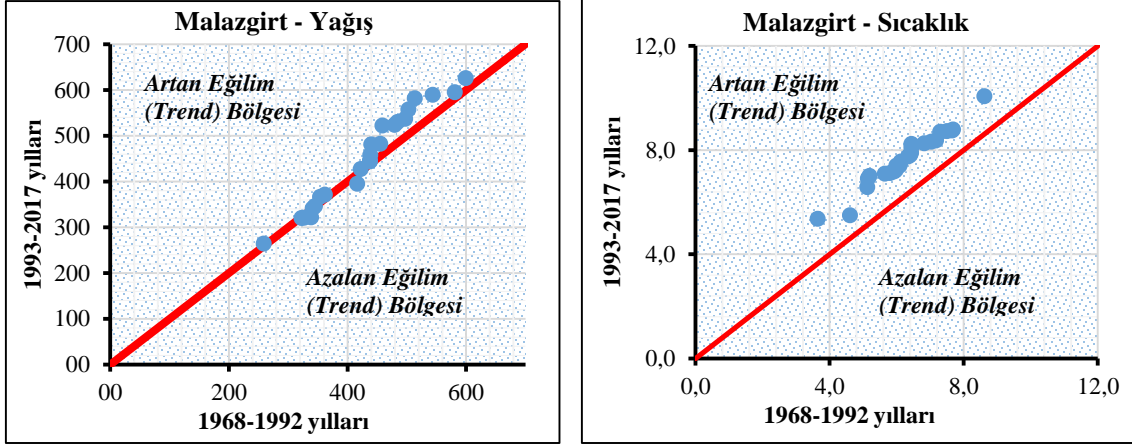
Şekil 4. Başkale istasyonuna ait Şen-YEC'e göre yağış ve sıcaklık eğilim durumu



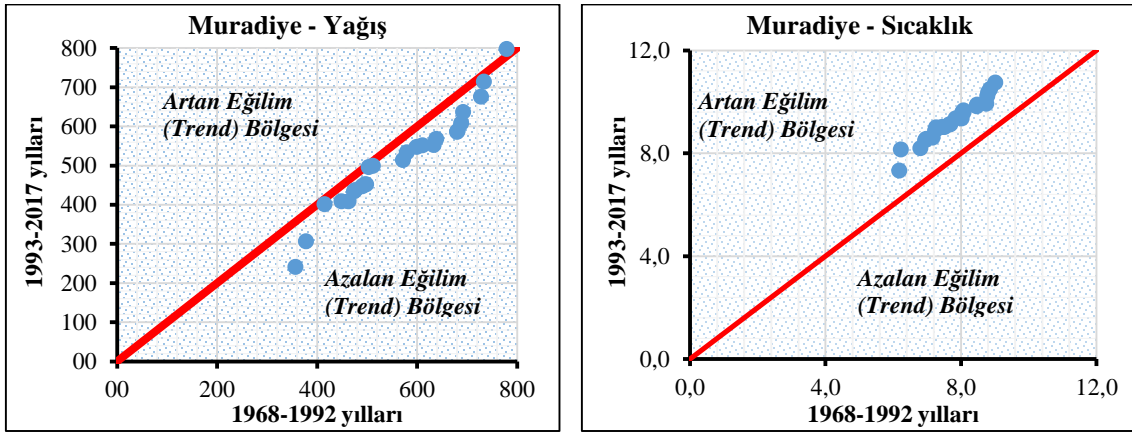
Şekil 5. Doğubayazıt istasyonuna ait Şen-YEC'e göre yağış ve sıcaklık eğilim durumu



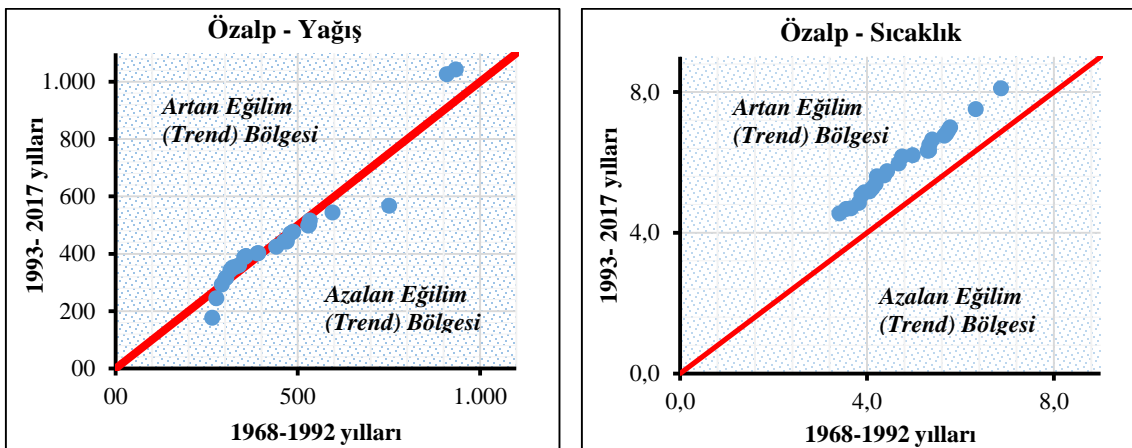
Şekil 6. Erciş istasyonuna ait Şen-YEC'e göre yağış ve sıcaklık eğilim durumu



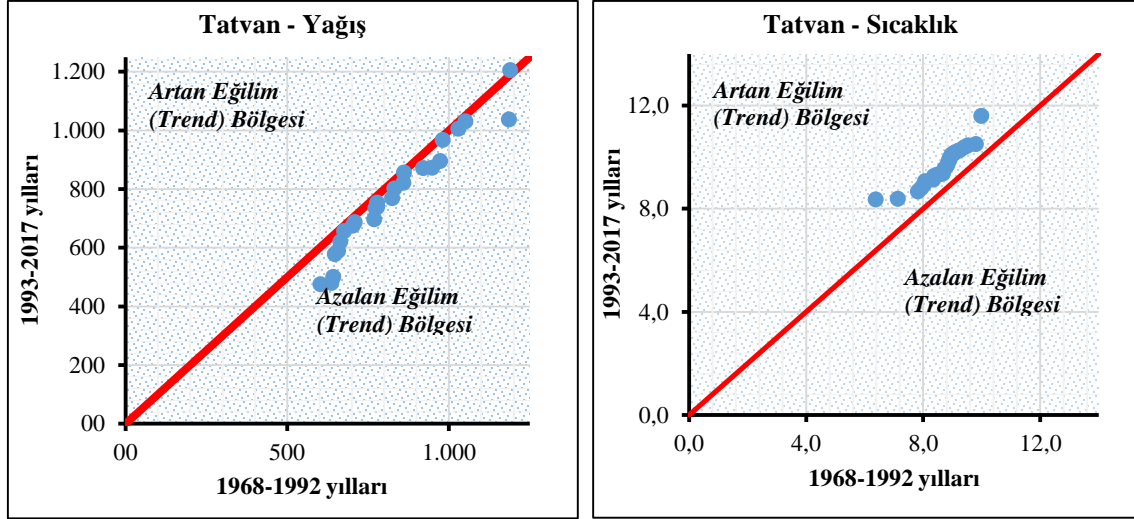
Şekil 7. Malazgirt istasyonuna ait Şen-YEÇ'e göre yağış ve sıcaklık eğilim durumu



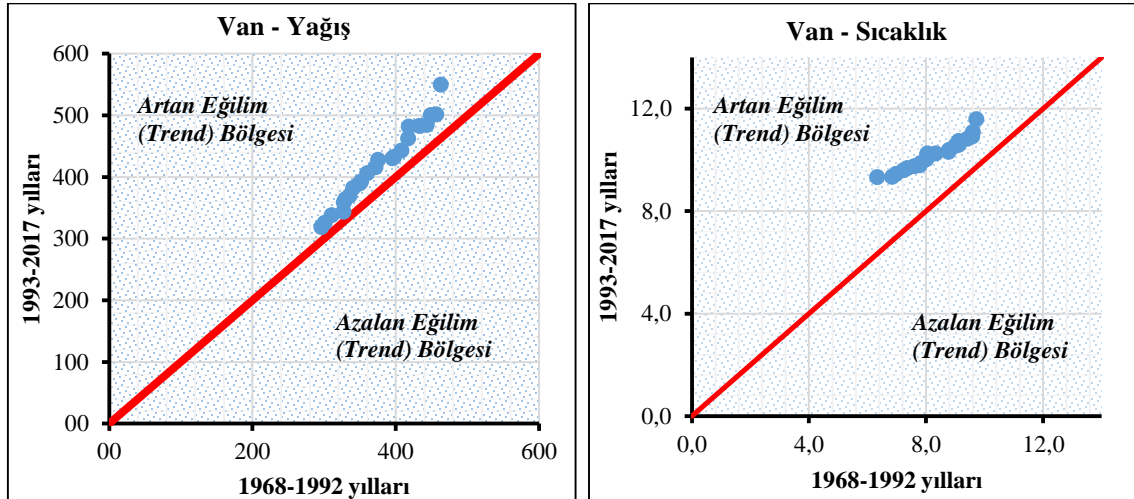
Şekil 8. Muradiye istasyonuna ait Şen-YEÇ'e göre yağış ve sıcaklık eğilim durumu



Şekil 9. Özalp istasyonuna ait Şen-YEÇ'e göre yağış ve sıcaklık eğilim durumu



Şekil 10. Tatvan istasyonuna ait Şen-YEÇ'e göre yağış ve sıcaklık eğilim durumu



Şekil 11. Van istasyonuna ait Şen-YEÇ'e göre yağış ve sıcaklık eğilim durumu

Çizelge 2'de tüm istasyonlara ait yağış ve sıcaklık eğilim durumları gösterilmektedir. Tüm istasyonlarda yağış eğilim durumlarına bakıldığında Van Gölü havzası içerisinde %55 oranında yağışların azalan eğilimde olduğu, %11 oranında herhangi bir yönde eğilimin olmadığı ve %34 oranında yağışların artan eğilimde olduğu tespit edilmiştir. Yağış verileri genel olarak incelendiğinde istasyonlardaki azalan ve artan eğilimlerin çoğunlukla büyük değerler olmadığı, ancak Ahlat ve Erciş ilçelerindeki azalma eğilimi

değerinin diğer istasyonlara nazaran daha büyük olduğu ve istatistiki olarak anlamlı sayılabileceği söylenebilir. Artış eğilim gösteren istasyonlar içinde ise en büyük artışın Van istasyonunda görüldüğü ancak istatistiki olarak anlamlı olmadığı söylenebilir. Tüm istasyonların sıcaklık durumlarına bakıldığında ise Erciş istasyonu hariç diğer bütün istasyonlarda sıcaklık eğilimlerinin artan yönde olduğu ve istatistiki olarak anlamlı olarak kabul edilebileceği tespit edilmiştir. Erciş istasyonunda ise sıcaklık verilerinde herhangi bir

yönde eğilim olmadığı sonucuna varılmıştır. Sıcaklık verilerinde genel olarak bir artışın olduğu ve yağış değerlerinde meydana gelen azalma ile sıcaklık değerlerindeki artış arasında ters orantılı bir ilişki olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Tüm istasyonlara ait yağış ve sıcaklık eğilim durumu

İstasyon adı	Eğilim değeri (mm/yıl)	Yağış eğilim durumu	Eğilim değeri (°C/yıl)	Sıcaklık eğilim durumu
Ahlat	-0,335	↓	0,013	↑
Başkale	-0,115	↓	0,034	↑
Doğubayazıt	0,094	↑	0,030	↑
Erciş	-0,237	↓	0,008	→
Malazgirt	0,004	→	0,049	↑
Muradiye	-0,147	↓	0,049	↑
Özalp	0,141	↑	0,037	↑
Tatvan	-0,143	↓	0,031	↑
Van	0,194	↑	0,059	↑

*↑ artan trendi, ↓ simgesi, azalan trendi, → trendin olmadığını temsil etmektedir

3.2. Mann-Kendall ve Spearman-Rho Testi Yöntemi Uygulama Sonuçları

Bu çalışmada eğilimin önem (güven) derecesi %95 olarak kabul edilmiştir. Hesaplanan Z'nin mutlak değeri seçilmiş α anlamlılık seviyesine denk gelen normal dağılımın $Z_{\alpha/2}$ değerinden küçükse eğilimin olmadığı, büyük ise S değeri pozitif iken artan yönde bir eğilimin olduğu, negatif iken azalan yönde bir eğilimin olduğu anlaşılmaktadır. %95 önem (güven) derecesine göre standart Normal

dağılım tablosunda $Z_{\alpha/2}$ değeri 1,96 olarak okunur ve hesaplanan Z'nin mutlak değerleri bu değer ile kıyaslanmak sureti ile eğilimin yönüne karar verilir.

Seçilen istasyonlara ait yıllık ortalama yağış ve sıcaklık verilerine M-K testi ve S-R testi uygulanmıştır. Havzayı en iyi temsil edeceği düşünülen istasyonlara ait sonuçlar Çizelge 3-6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3. İstasyonlara ait yağış verilerinin M-K Testi sonuçları

İstasyon numarası/adı	Test istatistiği (S)	Hesaplanan Z değeri	$Z_{\alpha/2}$ kritik olasılık değeri ($\alpha=0,05$)	H_0 hipotezi	Eğilim durumu
17810/Ahlat	-349	-2,91	1,96	Red	↓
17880/Başkale	-149	-1,24	1,96	Kabul	→
17720/Doğubayazıt	123	1,02	1,96	Kabul	→
17784/Erciş	-271	-2,26	1,96	Red	↓
17780/Malazgirt	11	0,08	1,96	Kabul	→
17786/Muradiye	-167	-1,39	1,96	Kabul	→
17812/Özalp	-25	-0,2	1,96	Kabul	→
17205/Tatvan	-109	-0,9	1,96	Kabul	→
17172/Van	169	1,41	1,96	Kabul	→

* ↓ simgesi azalan trendi, → simgesi ise trendin olmadığını simgelemektedir

Çizelge 4. İstasyonlara ait yağış verilerinin S-R Testi sonuçları

İstasyon numarası/adı	Rho test istatistiği (r_s)	Hesaplanan Z değeri	H ₀ hipotezi	Eğilim durumu
17810/Ahlat	-0,45	-3,15	Red	↓
17880/Başkale	-0,2	-1,38	Kabul	→
17720/Doğubayazıt	0,11	0,8	Kabul	→
17784/Erciş	-0,31	-2,22	Red	↓
17780/Malazgirt	0	-0,1	Kabul	→
17786/Muradiye	-0,16	-1,14	Kabul	→
17812/Özalp	-0,2	-0,11	Kabul	→
17205/Tatvan	-0,14	-0,98	Kabul	→
17172/Van	0,2	1,38	Kabul	→

* ↓ simgesi azalan trendi, → simgesi ise trendin olmadığını simgelemektedir.

Çizelge 5. İstasyonlara ait sıcaklık verilerinin M-K Testi sonuçları

İstasyon numarası/adı	Test istatistiği (S)	Hesaplanan Z değeri	Z _{α/2} kritik olasılık değeri (α=0,05)	H ₀ hipotezi	Eğilim durumu
17810/Ahlat	213	1,77	1,96	Kabul	→
17880/Başkale	481	4,2	1,96	Red	↑
17720/Doğubayazıt	359	2,99	1,96	Red	↑
17784/Erciş	-83	-0,69	1,96	Kabul	→
17780/Malazgirt	491	0,4	1,96	Red	↑
17786/Muradiye	549	4,48	1,96	Red	↑
17812/Özalp	429	3,58	1,96	Red	↑
17205/Tatvan	445	3,71	1,96	Red	↑
17172/Van	651	5,44	1,96	Red	↑

* ↑ simgesi artan trendi, → simgesi ise trendin olmadığını simgelemektedir.

Çizelge 6: İstasyonlara ait sıcaklık verilerinin S-R Testi sonuçları

İstasyon numarası/adı	Rho test istatistiği (r_s)	Hesaplanan Z değeri	H ₀ hipotezi	Eğilim durumu
17810/Ahlat	0,26	1,83	Kabul	→
17880/Başkale	0,54	3,8	Red	↑
17720/Doğubayazıt	0,41	2,89	Red	↑
17784/Erciş	-0,13	-0,9	Kabul	→
17780/Malazgirt	0,57	3,98	Red	↑
17786/Muradiye	0,65	4,56	Red	↑
17812/Özalp	0,49	3,46	Red	↑
17205/Tatvan	0,52	3,67	Red	↑
17172/Van	0,72	5,30	Red	↑

* ↑ simgesi artan trendi, → simgesi ise trendin olmadığını simgelemektedir.

Yağış verilerine ait M-K ve S-R Testi sonuçlarına bakıldığında, bazı istasyonlarda azalan, bazılarında ise herhangi bir yönde eğilimin olmadığı sonucuna varılmıştır. Genel olarak istasyonların sonuçlarına bakıldığında Van Gölü havzası içerisinde %22.2 oranında yağış trendinde azalan eğilim olduğu, %77.8 oranında yağış trendinde herhangi bir eğilim olmadığı tespit edilmiştir. Ancak eğilim olmayan istasyonlarda Van istasyonu hariç, diğer istasyonların sifıra yakın negatif bir sonuç verdiği görülmektedir. Bu sebepten dolayı Van Gölü Havzası üzerinde azalan yönde bir eğilimin olduğu söylenebilir.

Sıcaklık verilerine ait M-K ve S-R Testi sonuçlarına bakıldığında, bazı istasyonlarda artan eğilim olduğu ve bazılarında ise herhangi bir yönde eğilimin olmadığı sonucuna varılmıştır. Genel olarak sıcaklık verilerinin sonuçlarına bakıldığında ise %77.8 oranında sıcaklığın artan eğilime sahip olduğu, geriye kalan kısımda ise herhangi bir yönde eğilimin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak eğilim olmayan istasyonlarında sifıra yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu nedenden dolayı Van Gölü Havzası üzerinde artan yönde bir eğilimin olduğu söylenebilir. Ayrıca M-K ile S-R testlerinin tüm istasyonlarda yağış ve sıcaklık verileri için aynı sonucu verdiği görülmüştür.

3.3. Eğilim Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

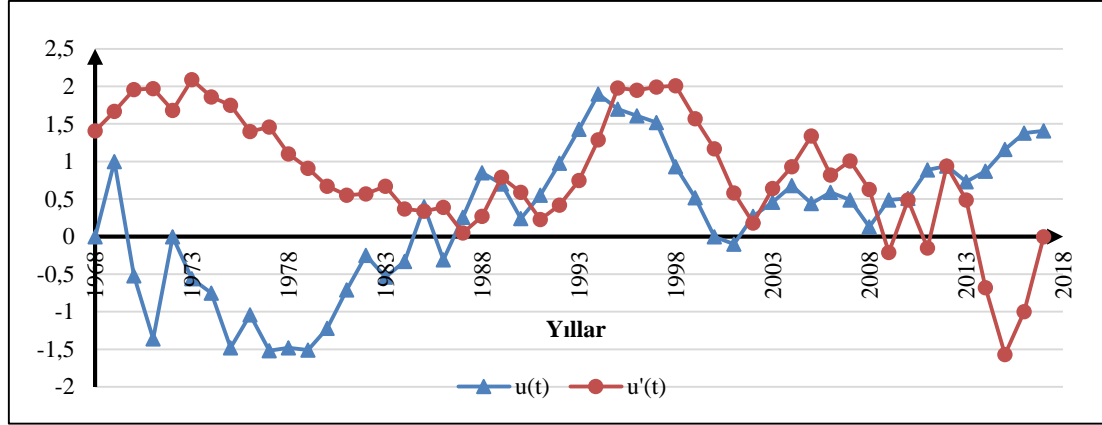
Tüm istasyonlara ait yıllık ortalama yağış ve sıcaklık verilerine uygulanan Şen-YEÇ Yöntemi, M-K testi ve S-R testleri sonuçları karşılaştırılmıştır. 9 meteorolojik istasyona ait yağış verileri için yapılan eğilim analizi sonuçlarında M-K ve S-R testlerinin aynı sonuçları verdiği görülmüştür. Ayrıca tüm yağış verileri için yapılan eğilim analizi sonuçlarına bakıldığında Ahlat ve Erciş istasyonlarında azalan yönde eğilim olduğu tespit edilmiştir. Şen-YEÇ yöntemine göre alınan sonuçlarda Özalp ve Van istasyonlarında

artan eğilim olduğu, diğer istasyonlarda ise azalan yönde eğilim olduğu tespit edilmiştir. Bu üç eğilim analizi yöntemi ile yapılan hesaplamalara göre Van Gölü Havzasının yağış verilerinde S-R ve M-K testi sonuçlarına göre herhangi bir yönde eğilim olmaması durumu havza genelinde baskın durum iken, Şen-YEÇ yöntemine göre hafif oranda azalan bir eğilimin hakim olduğunu ve bu eğilimin önemsiz düzeyde olduğunu söylemek mümkündür. Sıcaklık verileri için yapılan eğilim analizi sonuçlarına bakıldığında M-K ve S-R testi sonuçlarına göre Ahlat ve Erciş istasyonlarında eğilim olmadığı ancak bu istasyonlar haricinde diğer tüm istasyonların artan eğilime sahip olduğu görülmüştür. Buna karşın Şen-YEÇ yöntemine göre tüm istasyonlarda artan yönde eğilimin olduğu görülmüştür. Bu analizler sonucunda Van Gölü havzasının genelinde sıcaklık verilerinde artan yönde bir eğilim olduğu söylenebilir. Yağış verilerindeki azalış ve sıcaklık verilerindeki artış eğiliminin ilerleyen yıllarda bölge için kuraklık tehlikesi oluşturacağını söyleyebilmek mümkündür.

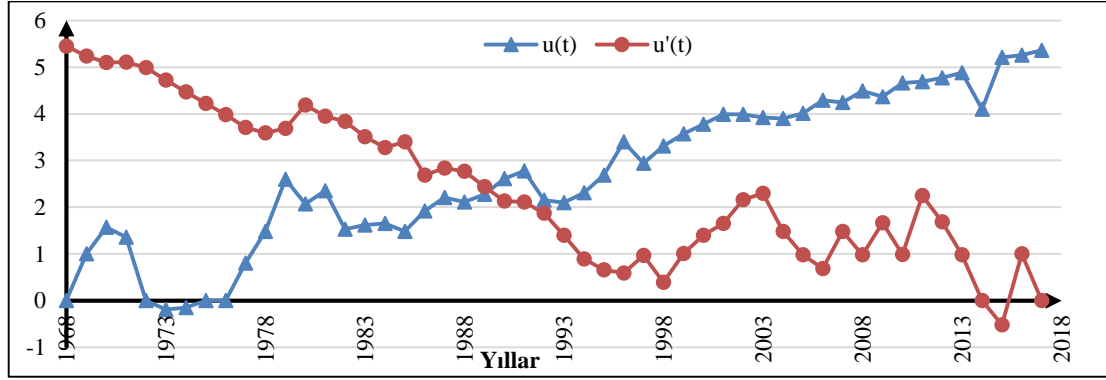
3.4. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi Uygulama Sonuçları

Bu test, bizlere eğilimin ne zaman başladığı ile ilgili bilgi vermektedir. Örnek olarak seçilen Van istasyonunun yağış ve sıcaklık verileri için bu test uygulanacaktır. Her bir verinin kendinden önceki veriler içerisinde kaçının kendinden büyük olduğu hesaplanarak n değeri bulunur. Daha sonra t değerleri, Eşitlik 8, bunların ortalaması Eşitlik 9, varyansı Eşitlik 10 ve son olarak $u(t)$ fonksiyonu Eşitlik 11 ile hesaplanır.

Elde edilen $u(t)$ ve $u'(t)$ test istatistiklerinin grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin birkaç yerde çakıştıkları görülmüştür ve bu sebepten dolayı herhangi bir yönde eğilim olmadığı sonucuna varılmaktadır. Şekil 12-13'de elde edilen $u(t)$ ve $u'(t)$ test istatistikleri grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 12. Van istasyonuna ait yağış verileri için $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği



Şekil 13. Van istasyonuna ait sıcaklık verileri için $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği

Elde edilen $u(t)$ ve $u'(t)$ test istatistiklerinin grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin 1989 yılında çakıştıkları görülür ve eğilim başlangıç yılı olarak alınır. Diğer istasyonlara ait

yağış ve sıcaklık verilerinin M-K mertebeye korelasyon sonuçlarına göre eğilim başlangıç yılları Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Tüm istasyonlara ait yağış ve sıcaklık verilerinin eğilim başlangıç yılları

Veri tipi	Yağış		Sıcaklık	
	Eğilim durumu	Eğilimin başlangıç yılı	Eğilimin durumu	Eğilimin başlangıç yılı
Ahlat	↓	1998	→	-
Başkale	→	-	↑	1998
Doğubayazıt	→	-	↑	1980
Erciş	↓	1974	→	-
Malazgirt	→	-	↑	1998
Muradiye	→	-	↑	1993
Özalp	→	-	↑	1986
Tatvan	→	-	↑	1996
Van	→	-	↑	1989

*↑ artan trendi, ↓ simgesi, azalan trendi, → trendin olmadığını temsil etmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye'nin su potansiyeli açısından önemli ve kuraklık açısından riskli olduğu düşünülen havzalarından biri olan Van Gölü Havzasında literatürde yaygın olarak kullanılan Şen-YEÇ, M-K ve S-R eğilim analizi yöntemleri kullanılarak yağış ve sıcaklık verilerinin eğilimlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada havzayı konumsal olarak en iyi temsil edecek istasyonlar seçilmiştir. Bu ölçütlere uyan toplamda 9 istasyona ait 1968-2017 (50 yıllık) yılları arası yağış ve sıcaklık verileri incelenmiştir. İlk olarak Van Gölü Havzasındaki 9 gözlem istasyonunda 1968-2017 dönemine ait yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinin eğilim analizi Şen-YEÇ, M-K ve S-R yöntemleri uygulanarak belirlenmiş ve yöntemlerin sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Uygulama bölümünde detayları verildiği gibi her bir sınaama hemen hemen benzer sonuçlar vermiştir. Bu ufak farklılıkların temelinde hesap usulleri arasında bulunan kabuller gösterilebilir.

Yapılan analizler sonucunda ele alınan 9 istasyona ait yağış değerleri incelendiğinde uygulanan üç yöntemle göre Ahlat ve Erciş istasyonlarında istatistiki olarak anlamlı kabul edilebilecek düzeyde bir azalma eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Diğer istasyonlar için M-K ve S-R testlerine göre herhangi bir eğilim tespit edilmezken Şen-YEÇ yöntemine göre bazı istasyonlarda artış eğilimi olduğu ancak bu artış eğiliminin istatistiki olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

Sıcaklık verileri için yapılan analizler neticesinde Şen-YEÇ yöntemine göre sadece Erciş istasyonunda eğilim olmadığı tespit edilmiş, M-K ve S-R testlerine göre ise Ahlat ve Erciş istasyonlarında eğilim olmadığı ve geriye kalan diğer tüm istasyonlarda her üç yöntemle göre istatistiki olarak anlamlı bir artış eğiliminin olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak havzanın genelinde yağış verileri için herhangi yönde bir eğilimin olmaması ile birlikte az bir kısmında azalan bir eğilimin olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca sıcaklık verileri için

havzanın büyük kısmında artan yönde bir eğilimin olduğu tespit edilmiştir. Bu artan eğilim nedeni ile havza genelinde görülmesi muhtemel kuraklığın ilerleyen yıllarda kendini daha çok hissettireceği söylenebilir.

Türkiye genelinde farklı bölgelerde yapılan akademik çalışmalardan elde edilen, yağış ve sıcaklık verilerinin eğilim sonuçlarının yapmış olduğumuz çalışma ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Ayrıca yağış verilerinde yıllar içerisinde az miktarda azalış görüldüğü ve bu azalışın sıcaklık artışı ile birlikte gelecek yıllarda ciddi derecede su yetersizliğine neden olacağı öngörülmektedir.

Bu sebepten dolayı sıcaklık değerlerindeki artışın havza üzerinde oluşturacağı olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması ve yağışlardan daha etkili bir şekilde yararlanmak amacı ile iklim değişikliği çalışmalarına ağırlık verilmesi ve gerekli önlemlerin planlanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra bu değişikliklerin çevreye olan etkilerinin de detaylı bir şekilde incelenmesi büyük önem arz etmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M.M.B., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M., (eds.) (2014). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of IPCC the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press, 996.
2. Emek, F.M., 2014. Doğu Anadolu Bölgesi Yıllık ve Aylık Toplam Yağışların Trend Analizi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 127.
3. Ercan, B., Yüce, M.İ., 2017. Kızılırmak Havzasının Hidrometeorolojik Verilerinin Trend Analizi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6, 333-340.
4. Soydan, N.G., Gümüş V., Şimşek, O., Gerger, R., Ağun, B., 2016. Seyhan Havzası Aylık Ortalama Akım ve Yağış Verilerinin Trend Analizi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7(2), 319-327.

5. 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.
6. Öztürk, Ö., Cebeci, İ., 2021. Büyük Menderes Havzasında Bazı Hidroklimatolojik Değişkenlerin Eğilim Analizi, Toprak Su Dergisi, 10(1), 43-50.
7. Gümüş, V., Soydan, N.G., Şimşek, O., Algin, H.M., Aköz M.S., Yenigün, K., 2017. Seasonal and Annual Trend Analysis of Meteorological Data in Sanliurfa, Turkey, European Water, 59, 131-136.
8. Çoşkun, S., 2020. Van Gölü Kapalı Havzasında Yağışların Trend Analizi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(2), 521-532.
9. Şen, Z., 2010. Fuzzy Logic and Hydrological Modeling, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 340.
10. Şen, Z., 2012. Innovative Trend Analysis Methodology, J. Hydrol. Eng., 17(9), 1042-1046.
11. Sonali, P., Kumar, N.D., 2013. Review of Trend Detection Methods and Their Application to Detect Temperature Changes in India, Journal of Hydrology, 476, 212-217.
12. Timbadiya, P., Mirajkar, A., Patel, P., Porey, P., 2013. Identification of Trend and Probability Distribution for Time Series of Annual Peak Flow in Tapi Basin, India. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 19(1), 11-20.
13. Haktanir, T., Citakoglu, H., 2014. Trend, Independence, Stationarity, and Homogeneity Tests on Maximum Rainfall Series of Standard Durations Recorded in Turkey, Journal of Hydrologic Engineering, Doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000973.
14. Dabanlı, İ., 2017. Türkiye’de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarcay Örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 198.
15. Aydın, M., Yaltay, N., Öz, A., 2019. Evaluation of Elazığ Province Precipitation Data by Innovative Trend Analysis, Academic Perspective Procedia, 2(2), 162-171.
16. Mann, H.B., 1945. Non-parametric Tests Against Trend. Econometrica, 13, 245-259.
17. Kendall, M.G., 1975. Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London, 135.
18. Bayazıt, M., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 245.
19. Yu, S., Zou, S., Whitemore, D., 1993. Non-parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas. Journal of Hydrology, 150, 61-80.
20. Kahya, E., Kalaycı, S., 2004. Trend Analysis of Streamflow in Turkey, Int. J. Climatol., 17, 511-520.
21. İçağa, Y., 1994. Analysis of Trends in Water Quality Using Nonparametric Methods, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 143.
22. Sneyers, R., 1990. On Statistical Analysis of Series of Observations, W.M.O., No:415, Geneva.
23. Şen, Z., 2002. İstatistik Veri İşleme Yöntemleri (Hidroloji ve Meteoroloji), Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 243.