

Wilcoxon Testi ve Saçılma Diyagramı Kullanılarak Hidrometeorolojik Verilerin Trend Analizi

Hatice Yağmur KALKINÇ¹
Erdem ÇOBAN^{2*}
Yavuz Selim GÜÇLÜ³

ÖZ

Dünya nüfusunun artması ve iklim değişikliğinin etkisiyle su kıtlığı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu durum su kaynaklarının yönetimini daha kritik hale getirmektedir. Bu çalışma, iklim değişikliğinin etkilerini anlamak için hidrometeorolojik bir veri olan yağış ölçümlerinin trend analizi için farklı yöntemlerin kullanılmasını ve bu yöntemlerin sonuçlarının karşılaştırılması olarak incelenmesini içermektedir. Mann-Kendall (MK) testi, Wilcoxon testi ve Şen'in Yenilikçi Trend Analizi (YTA) yöntemleri bu çalışmanın temel araçlarıdır. Bu çalışma, Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyı şeridinde yer alan sekiz farklı hidrometeorolojik istasyon üzerinden elde edilen yağış verilerini kullanarak detaylı bir trend analizi gerçekleştirmiştir. Bu analizler 30 dakika, 60 dakika ve 120 dakika süreyle ölçülen maksimum yağış verileri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Akdeniz iklimi etkisindeki bu bölgelerde sonuç olarak yıllık yağış miktarında genel olarak belirgin bir artışın olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mann-Kendall, yenilikçi trend analizi, wilcoxon test, zaman serileri.

ABSTRACT

Trend Analysis of Hydrometeorological Data Using Wilcoxon Test and Scatter Diagram

Water scarcity is becoming increasingly widespread due to the increasing world population and the effects of climate change. This situation makes the management of water resources

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 30 Ocak 2025 günü ulaşmıştır. 28 Mart 2025 günü yayımlanmak üzere kabul edilmiştir.
- xx xxxxx xxxxxx gününe kadar tartışmaya açıktır.

• <https://doi.org/>

1 İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
kalkinc20@itu.edu.tr - yagmurkalkinc@gmail.com - <https://orcid.org/0009-0009-4886-3490>

2 Haliç Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye
erdemcoban@halic.edu.tr - <https://orcid.org/0000-0002-4526-7273>

3 İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
gucluya@itu.edu.tr - <https://orcid.org/0000-0002-9939-1157>

* Sorumlu yazar

more critical. . This study includes the use of different methods for trend analysis of precipitation measurements, which are hydrometeorological data, in order to understand the effects of climate change and the comparative examination of the results of these methods. The Mann-Kendall (MK) test, Wilcoxon test and Şen's Innovative Trend Analysis (ITA) methods are the main tools of this study. This study has carried out a detailed trend analysis using precipitation data obtained from eight different hydrometeorological stations located on the Aegean and Mediterranean coasts of Turkey. These analyses were carried out on maximum precipitation data measured for 30 minutes, 60 minutes and 120 minutes. As a result, it was determined that there was a general significant increase in annual precipitation in these regions under the influence of the Mediterranean climate.

Keywords: Mann-Kendall, innovative trend analysis, wilcoxon test, time series.

1. GİRİŞ

İklim değişikliği nedeniyle mevsimsel değişiklikler, sel ve kuraklık gibi uç (ekstrem) olaylar sıklıkta ve bu durum su kaynakları yönetimini daha karmaşık bir hale getirmektedir[1, 2]. Sulama ve tarımsal uygulamalarda verimlilik kayıpları yaşanmaktadır[3]. Bu durum, su talebini artırmaktadır [4]. Hidro-meteorolojik bir değişken olan yağış şiddeti de iklim değişikliğinin etkilediği bir unsur olarak öne çıkmaktadır [5-7]. Türkiye'nin coğrafi konumu ve iklim çeşitliliği nedeniyle yağışlar büyük ölçüde değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlikler, gelecekteki su kaynakları yönetimi için büyük önem taşımaktadır[8,9]. Yağışların trendlerini ve risk değerlerini belirlemek, taşkın tahmini, baraj rezervuar kapasite hesapları ve su stresi altındaki bölgeler için kritik bir gerekliliktir. Özellikle yağışın az olduğu ve su ihtiyacının yüksek olduğu bölgelerde su kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesi büyük bir önem taşımaktadır [10]. İklim değişikliği dünya genelinde yaşam alanlarımıza ciddi tehditler oluşturmaktadır. Türkiye'de 2022 yılında yaşanan iklim değişikliği etkileri, bu küresel tehdidin yerel düzeyde ne kadar etkili olduğunu gözler önüne sermiştir. Parmesan [4] tarafından yayınlanan rapora göre, iklim değişikliğinin etkileri daha da artacak ve su kaynakları üzerindeki baskılar artacaktır. Bu nedenle, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, iklim değişikliği ile mücadelede kritik bir öneme sahiptir. Mann-Kendall (MK) testi, Mann [11] ve Kendall [12] tarafından geliştirilen, zaman serisinde bir trendin varlığını veya olmadığını belirlemek için kullanılan parametrik olmayan bir testtir. Test, zaman içindeki gözlemlerin sıralanması ve bu sıralamaya göre bir dizi istatistiksel testin uygulanmasıyla gerçekleştirilir. MK testinin avantajları arasında normal dağılım varsayımlarını gerektirmemesi ve değişkenlerin türüne bakılmaksızın uygulanabilmesi sayılabilir [13-15]. Dezavantajı ise belirlenen trendi sadece bütüncül (monotonik) olarak ortaya koymasındır. [11-12]. Wilcoxon [16], iki grubun karşılaştırılmasında kullanılan bir istatistiksel işaret testidir. Test, verilerin normal dağılım göstermediği durumlarda bile kullanılabilir. Testin istatistiksel gücü, farkların büyüklüğüne ve veri setinin büyüklüğüne bağlıdır. Wilcoxon İşaret Testi, tıbbi araştırmalarda, sosyal bilimlerde, mühendislikte ve diğer birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sen [17], Kendall'ın Tau korelasyon katsayısına dayalı bir regresyon katsayısı tahmincisi sunmuştur. Sen'in eğim tahmincisi, Kendall'ın Tau korelasyon katsayısına dayalı bir regresyon katsayısı tahmincisidir. Sen'in eğim tahmincisi, MK testinin sonuçlarını kullanarak, bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmayan yönünü tahmin etmektedir [18,19]. Bu tahmin, daha sonra regresyon katsayısı tahmini için kullanılır. Sen'in eğim tahmincisi,

özellikle normallik varsayımı karşılanmayan veya bağımsız değişkenler arasında doğrusal olmayan ilişki olduğu durumlarda faydalıdır. Haan [20], hidrolojik verilerin, genellikle düzensiz, eksik ve karmaşık olmasından kaynaklı, verilerin analizi için istatistiksel yöntemlerin kullanılması gerekliliğini vurgulamıştır. Çalışma, hidrolojide lineer regresyon ve trend analizinin temellerini ve hidrolojide kullanımına ilişkin örnekleri kapsamaktadır. Bu örnekler arasında, yağış ve akış arasındaki ilişkiyi analiz etmek, sıcaklık ve buharlaşma arasındaki ilişkiyi analiz etmek, gelecekteki yağış miktarını tahmin etmek ve hidrolojik trendleri belirlemek sayılabilir. Pettitt [21], zaman serisi verilerindeki değişim noktalarını belirlemek için parametrik olmayan bir yaklaşım önermiştir. Yöntem, her olası değişim noktasında bir test istatistiğinin hesaplanmasını ve test istatistiğini en üst düzeye çıkaran değişim noktasının seçilmesini içerir. Taylor ve Loftis [22], su kalitesi değerlendirmesinde trend analizinin önemini tartışmıştır. Göl ve yeraltı suyu kalitesi zaman serisi verilerinde trendleri tespit etmek için çeşitli istatistiksel yöntemlerin bir karşılaştırmasını sunmuştur. Çalışma, MK testinin ve Sen'in eğim tahmincisinin su kalitesi verilerinde trendleri tespit etmek için etkili yöntemler olduğu sonucunu göstermiştir. Chiew ve McMahon [23], Avustralya nehirlerinin yıllık akışında trendleri tespit etmek için yeni bir yöntem geliştirmiştir. Yöntem, MK testine dayanmaktadır, ancak ek olarak verilerdeki otokorelasyonu hesaba katmıştır. Yazarlar, yeni yöntemin Avustralya nehirlerinin yıllık akışında trendleri tespit etmede MK testinden daha güçlü olduğunu bulmuştur. Hamed ve Rao [24], otokorelasyonlu veriler için modifiye edilmiş bir MK trend testi önermiştir. Yöntemin geleneksel MK testinden daha güçlü olduğu ve otokorelasyonlu verilerde, trendleri daha iyi tespit edebildiği belirtilmiştir. Lehmann ve D'Abbrera [25], sıralama yöntemine dayalı istatistiksel yöntemlerin bir derlemesini sunan kitap yazmıştır. Kitapta Kendall'ın Tau korelasyon katsayısının yanı sıra, Spearman'ın Rho korelasyon katsayısı ve Mann-Whitney \square testi gibi diğer sıralama yöntemleri de tartışılmaktadır. Karabulut ve Cosun [26], Kahramanmaraş ilinde 1950-2005 yılları arasında ölçülmüş yağış verilerini kullanarak trend analizi gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda, yağış miktarının genel olarak arttığı, ancak bu artışın özellikle son yıllarda daha belirgin hale geldiği bulunmuştur. Çiçek ve Ataol [27], Türkiye'nin su potansiyelini belirlemek için yeni bir yaklaşım önermiştir. Yaklaşım, su kaynakları değerlendirmesi ve su talebi tahmininin bir kombinasyonuna dayanmaktadır. Jhajharia vd. [28], Hindistan'ın kuzeydoğusundaki nemli koşullar altında buharlaşma trendlerinin zamansal özelliklerini araştırmıştır. Çalışmada, buharlaşmada önemli bir trend tespit edildiği ve bu trendin iklim değişikliğinden kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır. Nalley vd. [29], Kanada'nın Ontario ve Quebec eyaletleri için 1967-2006 yılları arasındaki yüzey hava sıcaklığı verilerini kullanarak bir trend analizi gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda bölgedeki yüzey hava sıcaklığının genel olarak arttığı, ancak bu artışın özellikle son yıllarda daha belirgin hale geldiği bulunmuştur. Saplıoğlu vd. [30], Türkiye'nin Batı Akdeniz Havzası'ndaki akış ve su kalitesi parametrelerindeki trendleri araştırmıştır. MK testini ve Sen'in eğim tahmincisini kullanarak trendleri belirlemiş ve miktarsal olarak ifade etmiştir. Sonuçlar akış ve su kalitesinde önemli trendler ortaya çıkarmıştır. Bu çalışma özellikle antropojenik (insan kaynaklı) faaliyetlerin sebep olduğu iklim değişikliğinin bölgedeki su kaynakları üzerindeki etkisini göstermiştir. Hordofa vd. [31], Etiyopya'daki Ziway Gölü Havzası'nda sıcaklık ve yağışın zamansal ve mekansal trend analizini gerçekleştirmiştir. Çalışmada sıcaklık ve yağışta önemli bir trend tespit edildiği görülmüştür. Md Juber Alam ve Majumder [32], Hindistan'ın Kolkata kentinde 1901-2020 yılları arasındaki yağış verilerini kullanarak trend analizi gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda, kentte yağış miktarının genel olarak arttığı, ancak bu artışın özellikle son yıllarda daha

belirgin hale geldiği belirtilmiştir. Kessabi vd. [33], Fas'ın kuzeyindeki Wadi Sebou havzasındaki 15 istasyonda yıllık ve dört mevsimlik yağış eğilimlerini, klasik Mann-Kendall (MK) ve Theil Sen eğim parametrik olmayan testleri kullanılarak araştırmışlar ve %95 ve %99 güven seviyelerinde yeni yenilikçi trend analizi (YTA) ile karşılaştırmışlardır. Çalışma süresince toplam yıllık yağışın -%20 ila -%40 oranında azalan bir miktarını gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Şen [34], günümüzde son derece yaygın kullanılmaya başlayan yenilikçi trend analizi (YTA) metodolojisini önermiştir. Çalışmada, simüle edilmiş ve gerçek veri kümeleri kullanılarak değerlendirilmeler yapılmıştır. Saplıoğlu [35], MK testini, Sen'in eğim tahmincisini ve Şen'in grafik yöntemini birleştiren yeni bir trend analizi metodolojisi önermiştir. Yöntem, Türkiye'nin Burdur ve Isparta illerindeki sıcaklık ve yağış verileri trendlerini analiz etmek için uygulanmıştır. Sonuçlar, önerilen metodolojinin trendleri belirleme ve karakterize etmedeki etkinliğini göstermiştir. Dabanlı vd. [36], YTA ve MK testinin hidrolojik ve meteorolojik verilerde trendleri tespit etmedeki performansını karşılaştırmışlardır. Otokorelasyonlu verilerde trendleri tespit etmede YTA'nın MK testinden daha güçlü olduğu bulunmuştur. Güçlü [37], hidrolojik ve meteorolojik verilerde trendleri analiz etmek için yeni bir yöntem olan yarı zaman serisi metodolojisini önermiştir. Zaman serisi ikiye bölünerek, iki yarıdaki eğilimler karşılaştırılmıştır. Yöntemin, geleneksel yöntemlerden daha duyarlı ve güçlü olduğu tespit edilmiştir. Wang vd. [38], doğu Çin'deki Yangtze Nehri Deltası'ndaki yıllık ve mevsimlik yağışlardaki trendleri araştırmak için yenilikçi bir trend analizi yaklaşımı uygulamıştır. Çalışma, yağış verilerindeki trendleri belirlemek ve karakterize etmek için YTA yöntemini kullanmaktadır. Sonuçlar, yağış modellerinde meydana gelen karmaşık bir değişim desenini gösteren yıllık ve mevsimlik yağışlarda önemli trendler ortaya çıkarmaktadır. Güçlü [39], klasik MK testi ve YTA ile karşılaştıran trend analizi için geliştirilmiş bir görselleştirme yöntemi önermiştir. Yöntem, trendleri daha anlaşılır bir şekilde görselleştirmeyi hedeflemiştir. Ghate ve Timbadiya [40], Hindistan'ın Ahmedabad bölgesi için saatlik yağış verilerini kullanarak, olasılıksal yaklaşıma dayalı ekstrem yağış analizi, YTA ile yapılmıştır. Çalışmada, aşırı yağış olaylarının sayısında ve şiddetinde bir artış tespit edilmiştir. Saplıoğlu ve Güçlü [41], hidrolik verilerin trend analizi için Wilcoxon testi ve saçılma diyagramlarının bir kombinasyonunu önermiştir. Yöntem, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ölçülen akış verilerinin trendlerini analiz etmek için uygulanmıştır. Sonuçlar, önerilen yöntemin trendleri belirleme ve karakterize etmedeki etkinliğini göstermiştir.

Bu çalışma, hidrometeorolojik verilerin trend analizi alanında kıyaslamalı ve pratik bir katkı sağlamayı hedeflemektedir. Geleneksel trend analizi yöntemi olan MK testi ve modern yöntem olan YTA yaklaşımının yanı sıra, Wilcoxon testi ve saçılma diyagramı kombinasyonu yöntemini içermektedir. Bu yöntemler, hidrometeorolojik verilerdeki trendleri daha hassas bir şekilde belirlemek ve karakterize etmek için kullanılacaktır. Ayrıca, bu çalışma hidrometeorolojik verilerin değişen eğilimlerini daha açık bir şekilde görselleştirmek amacıyla saçılma diyagramını ve kombin olarak Wilcoxon testinin kullanımını teşvik edecektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, verilerin incelenmesi ve analizi için çeşitli istatistiksel yöntemleri içeren bir metodolojiyi benimsemektedir. İlk olarak, zaman içindeki trendleri belirlemek amacıyla klasik yöntemlerden olan Man-Kendall (MK) testi kullanılmıştır. Ardından, daha kapsamlı

bir perspektif için modern yöntemlerden Yenilikçi Trend Analizi (YTA) uygulanmıştır. Ayrıca, bu çalışma, klasik ve modern analiz yöntemlerini birleştirerek, verilerin dağılımını değerlendirmek ve istatistiksel anlamlılığı ortaya çıkarmak amacıyla Wilcoxon testi ve saçılma diyagramını kullanmaktadır.

2.1. Mann-Kendall Testi

Mann-Kendall (MK) testi [11, 12], zaman serisindeki verilerin trendlerini belirlemek ve zamanla olan ilişkilerini değerlendirmek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Bu test, veri setindeki sıralı gözlemleri analiz eder ve trendin artan, azalan veya değişmeyen bir yapıda olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur. Mann-Kendall testi, zaman serisi verilerinin istatistiksel özelliklerini anlamak için güçlü bir araçtır.

Mann-Kendall testi, zaman serisinin $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ olduğu veri setinde uygulanmak istenildiğinde ilk olarak Mann-Kendall istatistiği olan S değeri (Denklem 1 ve 2) elde edilir.

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

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

İstatistiksel çıkarımlar için temel hipotezler şu şekildedir: H_0 hipotezi, S istatistiğinin sıfıra eşit olduğunu ifade eder ($S=0$) veya sıfırdan farklı olan değerlerin güven aralığı içinde kaldığını gösterir. Bu durumda zaman serisinde bir trendin olmadığı anlamına gelir. H_1 hipotezi ise S istatistiğinin sıfırdan farklı olduğunu ve güven aralığı dışına çıktığını belirtir ($S \neq 0$), yani zaman serisinde belli bir önem düzeyinde bir trendin bulunduğunu gösterir. Mann-Kendall istatistiği S hesaplandıktan sonra, düzeltilmiş varyans $Var(S)$ (Denklem 3) hesaplanır. Daha sonra, elde edilen S ve $Var(S)$ değerleri kullanılarak normal dağılım test istatistiği olan Z_{MK} değeri Denklem 4 ile bulunur.

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

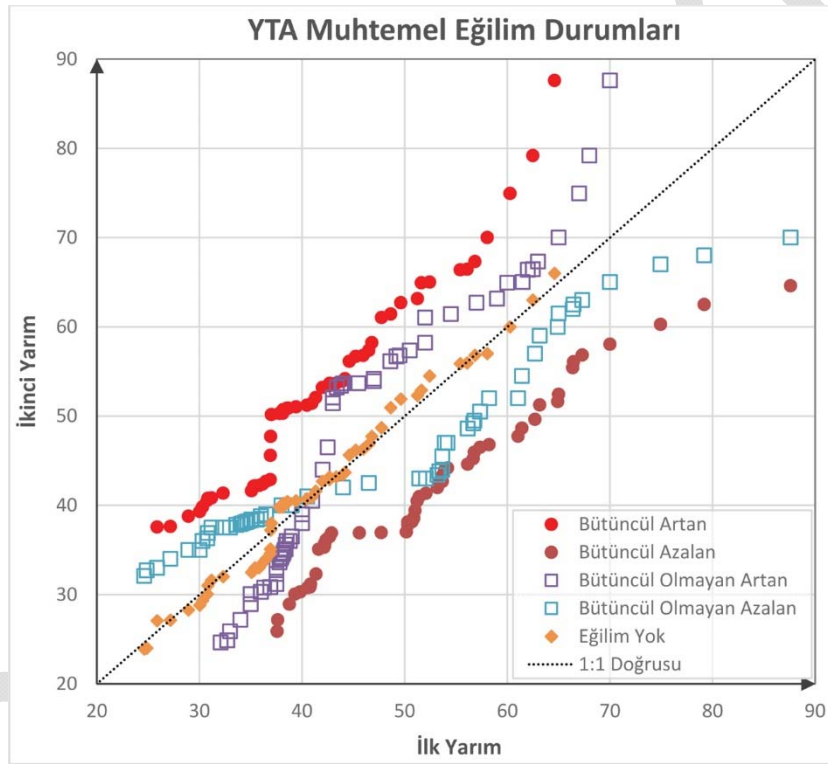
$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

2.2. Yenilikçi Trend Analizi

Yenilikçi Trend Analizi (YTA) [42-44], zaman içindeki veri setlerindeki trendleri ve desenleri belirlemek için geliştirilmiş modern bir yöntemdir. Bu analiz, veri setindeki değişiklikleri daha hassas bir şekilde değerlendirebilir ve gelecekteki eğilimleri tahmin etmek için daha kapsamlı bir perspektif sunabilir. YTA, geleneksel yöntemlere göre daha güçlü ve

esnek bir analitik araç sunar. YTA, bütüncül veya bütüncül olmayan eğilimleri görsel olarak tanımlayarak önemli avantajlar sağlar ve uygulaması oldukça kolaydır. Zaman serisinin $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ olduğu n elemanlı veri seti, $y_{1,n/2} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n/2}\}$ ve $y_{2,n/2} = \{x_{(n/2+1)}, x_{(n/2+2)}, \dots, x_n\}$ olmak üzere iki eşit parçaya ayrılır. Daha sonra, her iki seri de Denklem 5'te gösterildiği küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe sıralanır.

$$\begin{aligned} \{S_1\} &= \{\min(y_{1,n/2}), \dots, x_i, \dots, \max(y_{1,n/2})\} \quad (1 < i < \frac{n}{2}) \\ \{S_2\} &= \{\min(y_{2,n/2}), \dots, x_i, \dots, \max(y_{2,n/2})\} \quad (1 < i < \frac{n}{2}) \end{aligned} \quad (5)$$



Şekil 1 - Şen'in Yenilikçi Trend Analizi Muhtemel Eğilim Durumları

YTA yöntemi, zaman serisinin öğeleri üzerinde bu bölünmüş yapının avantajını kullanarak, eğilimlerin görsel şekilde tanımlanmasını sağlar. Belirlenen serilerden ilk yarım olan $\{S_1\}$ serisini yatay eksen, ikinci yarım olan $\{S_2\}$ serisini de dikey eksen üzerinde saçılma diyagramı oluşturarak görselleştirir. Saçılma grafiği ile oluşan veri dağılımı sonucunda elde edilebilecek beş farklı durum vardır (Şekil 1). Bu durumlar veri dağılımının 1:1 eğrisine göre konumlandırılmasına göre belirlenir. Veri dağılımı 1:1 eğrisinin tam olarak üzerindeyse trend yok demektir. Tüm veriler 1:1 eğiminin tamamen üst (alt) kısmında kalıyorsa ve 1:1 eğim çizgisinden giderek uzaklaşıyorsa bütüncül artan (azalan) trend vardır. Bunların haricinde,

1:1 eğim çizgisinin alt kısmından üst kısmına bir geçiş var ise bütüncül olmayan artan trend vardır. Tam tersi durumda ise bütüncül olmayan azalan trend mevcuttur.

2.3. Wilcoxon Testi ve Saçılma Diyagramı

Wilcoxon [16] testi, eşlenik değerler arasındaki farklılıkları değerlendirmek için kullanılan bir istatistiksel testtir. Bu çalışma kapsamında, Wilcoxon testi, veri setlerindeki istatistiksel anlamlılığı belirlemek ve farklı gruplar arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılmıştır. Ayrıca, saçılma diyagramı, verilerin dağılımını görselleştirmek ve anlamak için kullanılan bir araçtır. Bu yöntemler, klasik ve modern analiz yaklaşımlarını birleştirerek kapsamlı bir istatistiksel değerlendirme sunmaktadır.

Wilcoxon testi, ikiye ayrılmış veri grubundaki farkları göz önüne alarak iki değişkenin dağılımının aynı olup olmadığını test etmeye çalışır. Zaman serisinin $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ olduğu n elemanlı veri seti, $X_{1,n/2} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n/2}\}$ ve $X_{2,n/2} = \{y_1, y_2, \dots, y_{n/2}\}$ olmak üzere iki eşit parçaya ayrılır. İkiye ayrılmış veri grubundaki farklar Denklem 6'da belirtildiği gibi mutlak içerisinde hesaplanır. Bu mutlak değerler, küçükten büyüğe sıralanarak numaralandırılır.

$$[D_i] = [Y_i - X_i] \quad (6)$$

Bu sıra numaralarına ilgili satırın orijinal farkına denk gelen işaret verilir. Artı işaretli sıralamaların toplamı (T^+) ve eksi işaretli sıralamaların toplamı (T^-) denklem 7'de belirtildiği şekilde toplanarak T değeri elde edilir.

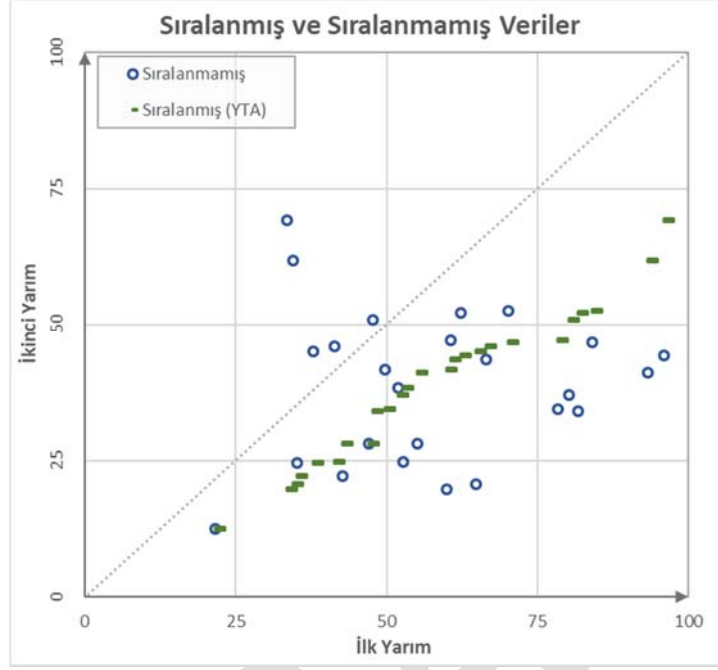
$$T = T^+ + T^- \quad (7)$$

Veri kümesi $n > 10$ olduğunda örnek küme dağılımı, standart normal dağılıma yaklaşacağı için Z_w değeri (Denklem 8) ve standart sapması (Denklem 9) aşağıda yer aldığı şekilde hesaplanır. Hipotez, μ_T değerinin sıfır olmasına dayandığından bu değer sıfır olarak kabul edilir ($\mu_T = 0$). Sıfır hipotezinde T^+ ve T^- değerlerinin birbirine eşit olması beklenir.

$$Z_w = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T} = \frac{T}{\sigma_T} \quad (8)$$

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}} \quad (9)$$

Wilcoxon testi ile beraber elde edilen saçılma diyagramı aynı zamanda, YTA yönteminde olduğu gibi grafiksel bir sonuç ortaya koymaktadır. YTA yönteminde olduğu gibi iki yarıya bölünen ancak sıralanmayan veriler, ilk yarım yatay ekseninde ikinci yarım dikey ekseninde olacak şekilde saçılma diyagramını oluşturur. Aynı veri kullanılarak yapılan YTA ve saçılma diyagramı arasındaki ilişki, Şekil 2'de görülmektedir [41]. Özetle, Wilcoxon testi, sıralanmamış ilk ve ikinci yarıya ait verilerin farklarını dikkate alarak istatistiksel analiz için kullanılmaktadır. Son olarak, trend, Şekil 2'deki saçılma diyagramı ile görselleştirilerek ve istatistik değeri (Z_w) ile sayısallaştırılarak belirlenmektedir.



Sekil 2 - Sıralanmış ve sıralanmamış verilerin saçılma diyagramı üzerinde karşılaştırılması

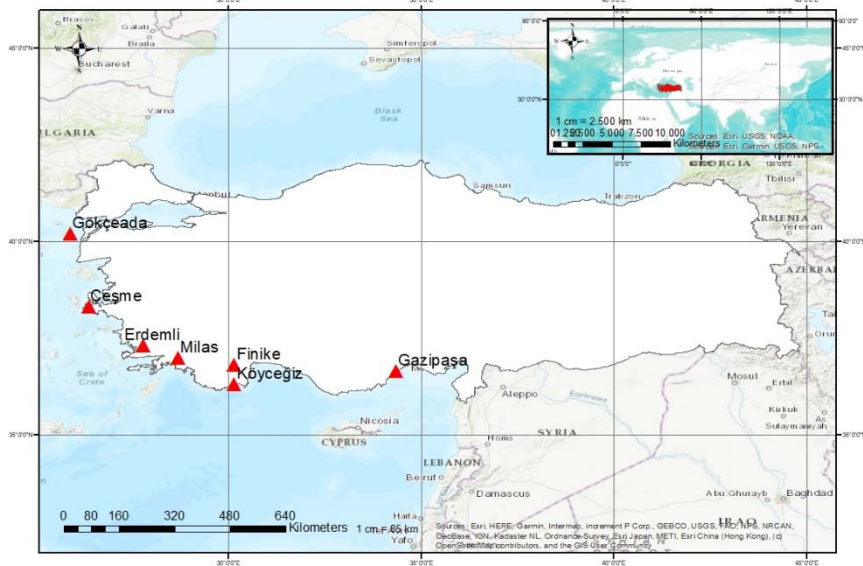
3. UYGULAMA

3.1. Çalışma Alanı ve Veriler

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle çeşitli iklim koşullarına sahip bir ülkedir. Akdeniz kıyıları, Ege kıyıları ve Marmara Denizi çevresinde bulunan bölgelerde, yazlar sıcak ve kuru; kışlar ise ılıman ve yağışlı geçmektedir. Karadeniz kıyıları ise, özellikle kuzeyde, yıl boyunca sürekli ve yoğun yağışlara maruz kalmaktadır. Bu bölgeleri çevreleyen iç bölgelerde ise genellikle karasal iklim etkilidir, yazlar sıcak ve kuru, kışlar ise soğuk ve kar yağışlıdır. Çalışma kapsamında seçilen istasyonlar, genellikle Akdeniz İklimi etkisi altında bulunmaktadır. Manavgat, Finike, Köyceğiz, Milas, Erdemli, Gazipaşa ve Çeşme gibi yerlerde genellikle sıcak ve kuru yazlar, ılıman ve yağışlı kışlar görülmektedir. Gökçeada ise ılıman deniz iklimi etkisi altındadır. Burada yazlar ılıman, kışlar ise genellikle ılık ve yağışlı geçer. İstasyonların coğrafi konumları Şekil 3'te; enlem, boylam, rakım ve havza bilgileri Çizelge 3'de verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından elde edilmiştir ve 1989 ile 2020 yılları arasındaki otuz iki yıllık dönemi içermektedir. Gökçeada, Çanakkale ilinin bir ilçesidir. Ege Denizi'nde yer alır. İliman deniz iklimi etkisi altındadır. Çeşme, Ege Denizi kıyısında yer alır ve İzmir ilinin bir ilçesidir. Milas, Muğla ilinin Ege Denizi kıyısında yer alan bir ilçesidir. Akdeniz iklimi etkisi altındadır. Milas, turizm ve tarımla önemli bir gelir kaynağına sahiptir. Köyceğiz de, Muğla ilinin bir ilçesidir. Akdeniz kıyısında yer alır. Akdeniz iklimi etkisi altındadır. Köyceğiz, turizm ve tarımla

önemli bir gelir kaynağına sahiptir. Akdeniz kıyısında yer alan Finike, Antalya ilinin bir ilçesidir. Finike, turizm ve tarımla önemli bir gelir kaynağına sahiptir. Manavgat, Akdeniz Bölgesi'ndedir ve Antalya ilinin bir ilçesidir. Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılıman ve yağışlı geçer. Manavgat, Türkiye'nin su kaynakları açısından da önemli bir yere sahiptir. Gazipaşa, Mersin ilinin bir ilçesidir. Akdeniz kıyısında yer alır. Gazipaşa, turizm ve tarımla önemli bir gelir kaynağına sahiptir. Gazipaşa Barajı ise, tarımsal sulama ve rekreasyon amaçlı kullanılmaktadır. Mersin ilinin ilçelerinden biri olan Erdemli Akdeniz kıyısında yer alır. Erdemli, turizm ve tarımla önemli bir gelir kaynağına sahiptir. Belirtilen bu istasyonlara ait 30 dk'lık maksimum yağış zaman serisi grafikleri Şekil 4'te, 60 dk'lık maksimum yağış zaman serisi grafikleri Şekil 5'te ve 120 dk'lık maksimum yağış zaman serisi grafikleri Şekil 6'da gösterildiği gibidir.

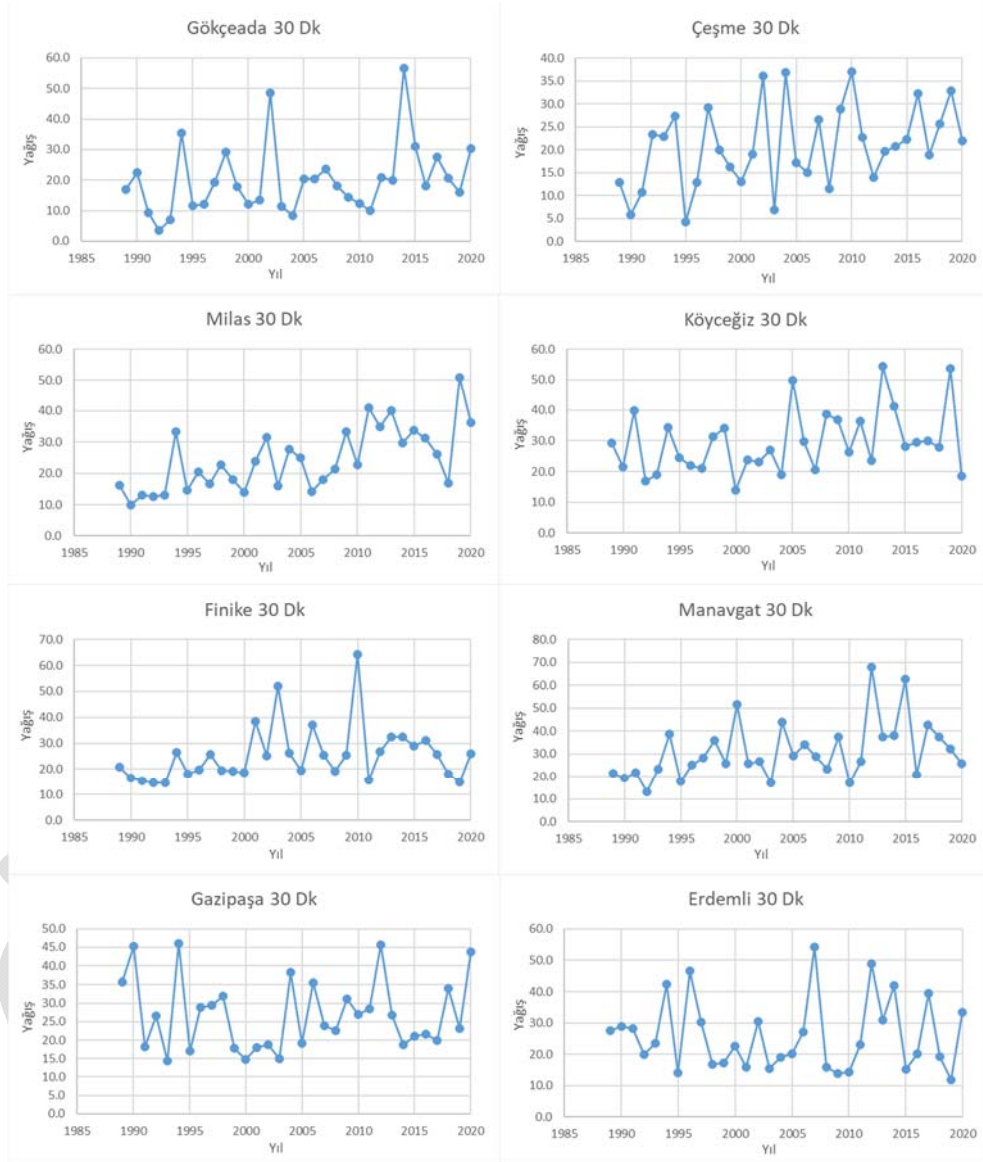


Şekil 3 - İstasyonların coğrafi konumları

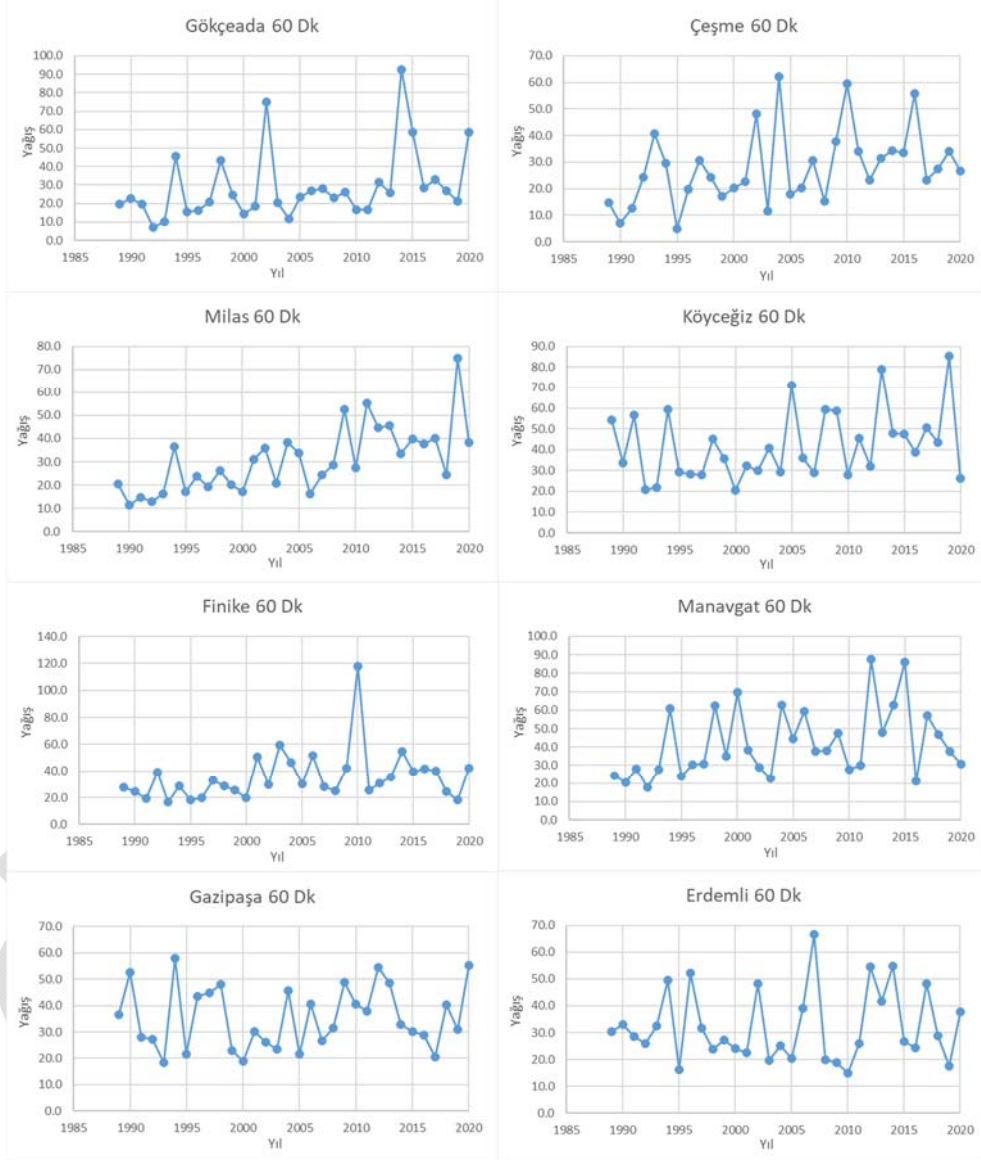
Çizelge 1 - İstasyon Bilgileri

İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Rakım(m)	Havza Adı
Manavgat	36.7895	31.4410	38	Antalya
Finike	36.3024	30.1458	2	Batı Akdeniz
Köyceğiz	36.9700	28.6869	24	Batı Akdeniz
Milas	37.3027	27.7804	57	Batı Akdeniz
Erdemli	36.6268	34.3380	7	Doğu Akdeniz
Gazipaşa	36.2715	32.3045	21	Doğu Akdeniz
Çeşme	38.3036	26.3724	5	Küçük Menderes
Gökçeada	40.1910	25.9075	79	Marmara

Wilcoxon Testi ve Saçılma Diyagramı Kullanılarak Hidrometeorolojik Verilerin ...

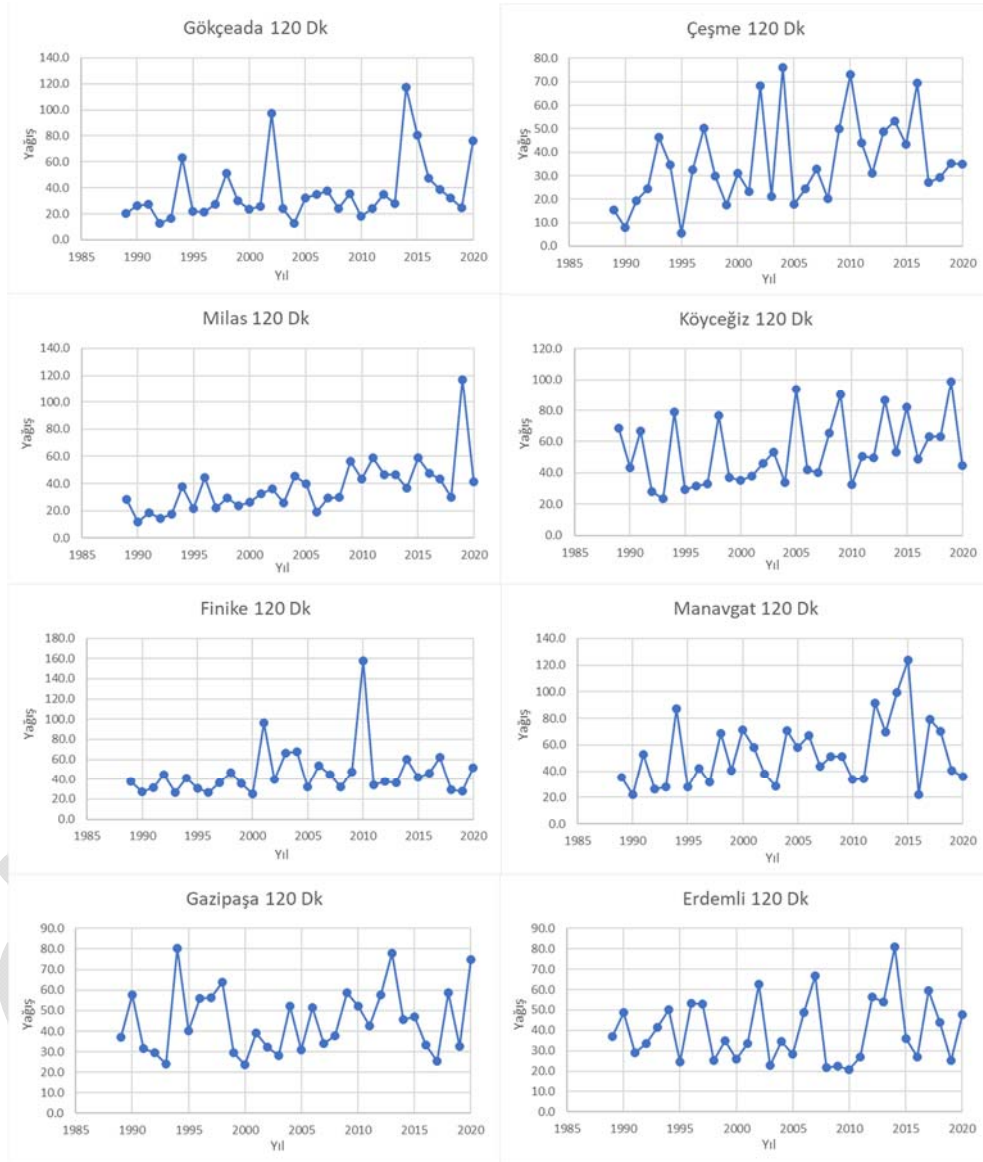


Şekil 4 - İstasyonların 30 dk'lık maksimum yağış zaman serileri



Şekil 5 - İstasyonların 60 dk'lık maksimum yağış zaman serileri

Wilcoxon Testi ve Saçılma Diyagramı Kullanılarak Hidrometeorolojik Verilerin ...



Şekil 6 - İstasyonların 120 dk'lık maksimum yağış zaman serileri

4. BULGULAR

Yağış verilerine ait trend analizleri, gelecekteki su kaynakları yönetimi için kritik bir öneme sahiptir. Artan yağış miktarı, sulama ve içme suyu ihtiyaçlarının karşılanmasında kolaylık sağlayacaktır. Ancak, şiddetli ve kısa süreli yağışlar, sel ve taşkın gibi riskleri de artırmaktadır. Bu nedenle, su kaynakları yönetiminde bu riskleri göz önünde bulundurmaya gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyı şeridinde yer alan Çeşme, Erdemli, Finike, Gazipaşa, Gökçeada, Köyceğiz, Manavgat ve Milas ilçelerinde, 1989-2020 yılları arasındaki 32 yıllık yağış verileri incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, bu ilçelerde yıllık yağış miktarında genel olarak artış eğilimi görülmektedir. Bu artış, Akdeniz ikliminin etkisinin artmasına veya iklim değişikliğinin etkilerinin hissedilmeye başlamasına bağlanabilir.

Analiz kapsamında ilk olarak zaman serisi grafikleri incelenmiş, ardından MK ve Wilcoxon testlerinin sonuçları incelenmiştir. Sonrasında YTA ile trend analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde MGM'den alınan 1989-2020 yılları arasındaki 30 dk, 60 dk ve 120 dk'lık maksimum yağış verileri kullanılmıştır.

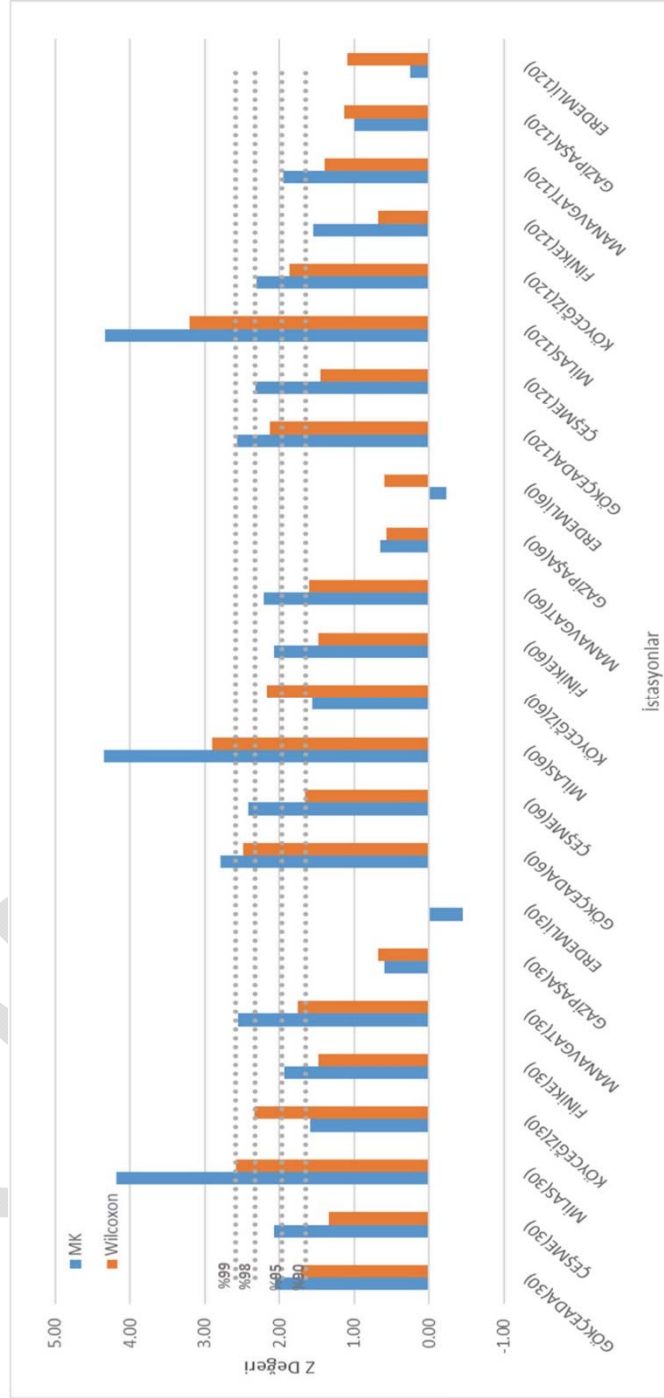
YTA ve Wilcoxon uygulanırken veriler ikiye bölünmüştür. 1989-2004 yılları arasındaki 16 yıllık veriler ilk yarım, 2005-2020 arasındaki 16 yıllık veriler ise ikinci yarım verileri olarak kullanılmıştır. MK ve Wilcoxon testi her istasyon için ayrı uygulanmıştır. 30 dk, 60 dk ve 120 dk'lık yağış verileri ve sekiz istasyon için (MK testi için 24, Wilcoxon için 24 ve YTA için 24) toplamda görsel ve sayısal olmak üzere 24'er sonuç elde edilmiştir ve anlamlı azalan trende hiç rastlanmamıştır. Bazı istasyonlarda trend yok kararı verilirken genellikle artan trend tespit edilmiştir.

MK ve Wilcoxon sonuçları, coğrafi konum sıralaması ile 30 dk., 60 dk. ve 120 dk'lık maksimum yağış veri analizlerinin gruplandırılması ile karşılaştırmalı olarak Şekil 6; yine coğrafi konum sıralaması ile istasyon bazlı analizlerin gruplandırılması ile karşılaştırmalı ise Şekil 7'de görülmektedir. Belirtilen şekiller sonucunda 30, 60 ve 120 dk'lık verilerin analizlerinde benzer örüntüler ortaya çıktığı, coğrafi olarak Ege ile Akdeniz birleşiminde bulunan istasyonlarda bariz bir trend artışı olduğu ve bu artışın Akdeniz'in iç istasyonlarında azaldığı net olarak gözlemlenmektedir.

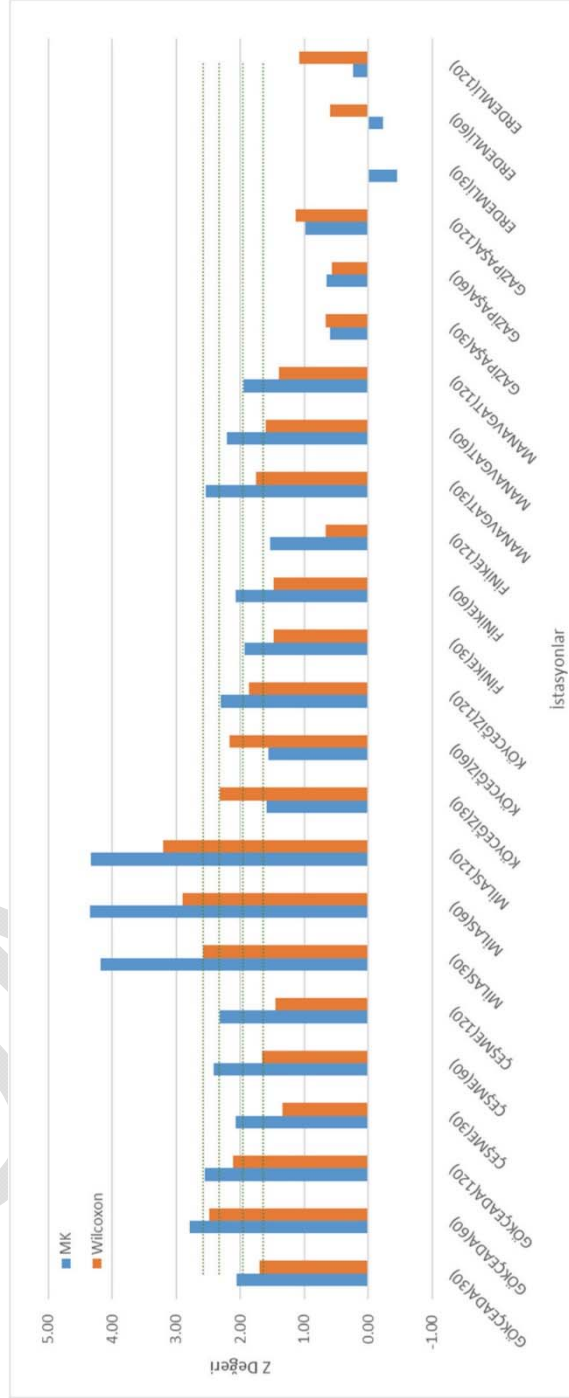
MK ve Wilcoxon sonuçlarının istatistiksel sonuçları Çizelge 2'de incelenebilmektedir. Sonuçlar, istasyon bazında trend grafikleri ve istatistiksel değerleriyle detaylı olarak paylaşılmıştır.

4.1. Analiz ve Yorumlar

Gökçeada istasyonuna ait 30 dk'lık maksimum yağış verileri ile yapılan MK testi sonucunda Z_{MK} 2.06 bulunurken; Wilcoxon analizi sonucunda elde edilen Z_W değeri 1.71 olarak bulunmuştur. MK testinde %5 önem aralığında pozitif yönde eğilim bulunurken, Wilcoxon'da %10 önem aralığında pozitif yönde eğilim vardır sonucuna ulaşılmıştır. YTA'da ve sıralanmamış veriler ile elde edilen saçılma diyagramı Şekil 8'de görüldüğü gibi bütüncül artan eğilim olduğu net bir şekilde söylenebilir. Genel olarak verilerin artan trend bölgesinde saçıldığı görülmektedir. Anlamlılık düzeyi ise yukarıda belirtildiği üzere %10 mertebesindedir.



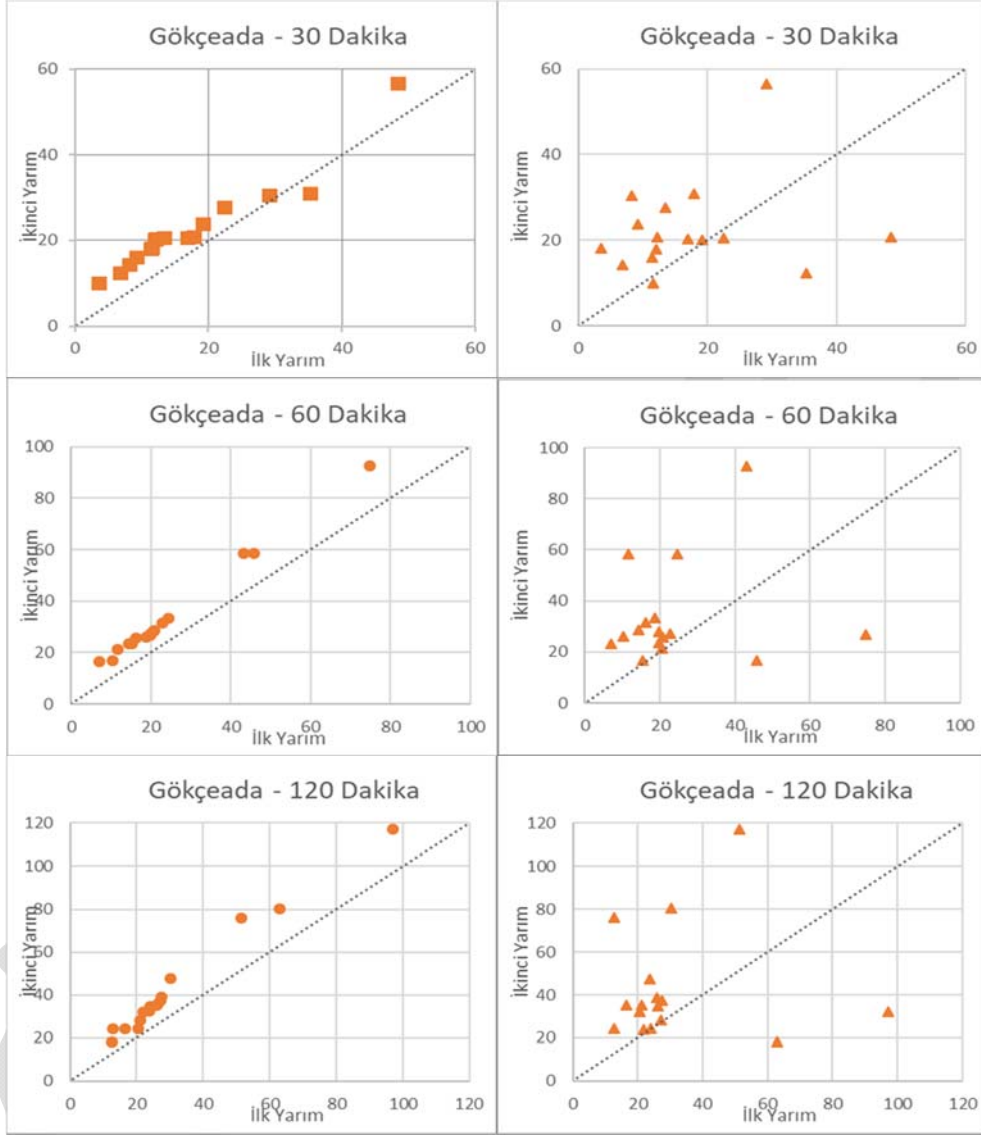
Şekil 7 - Z_{MK} ve Z_W değerlerinin güven aralığına göre karşılaştırılması (Maksimum yağış süreleri bazı gruplandırma)



Şekil 8 - Z_{MK} ve Z_W değerlerinin değerlerinin güven aralığına göre karşılaştırılması. (İstasyon bazlı gruplandırma)

Çizelge 2 - MK ve Wilcoxon testi sonuçları

Standart Süre	İstasyon Adı	ZMK	ZMK göre Önem Düzeyindeki veriler				ZW	ZMK göre Önem Düzeyindeki veriler			
			10%	5%	2%	1%		10%	5%	2%	1%
30	GÖKÇEADA	2.06	Var (+)	Var (+)	Yok	Yok	1.71	Var (+)	Yok	Yok	Yok
	ÇEŞME	2.08	Var (+)	Var (+)	Yok	Yok	1.34	Yok	Yok	Yok	Yok
	MİLAS	4.18	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Var (+)	2.59	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Var (+)
	KÖYCEĞİZ	1.59	Yok	Yok	Yok	Yok	2.33	Var (+)	Var (+)	Yok	Yok
	FİNIKE	1.93	Var (+)	Yok	Yok	Yok	1.47	Yok	Yok	Yok	Yok
	MANAVGAT	2.55	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Yok	1.76	Var (+)	Yok	Yok	Yok
	GAZİPAŞA	0.60	Yok	Yok	Yok	Yok	0.67	Yok	Yok	Yok	Yok
	ERDEMLİ	-0.45	Yok	Yok	Yok	Yok	0.00	Yok	Yok	Yok	Yok
	GÖKÇEADA	2.79	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Var (+)	2.48	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Yok
60	ÇEŞME	2.42	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Yok	1.65	Var (+)	Yok	Yok	Yok
	MİLAS	4.35	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Var (+)	2.90	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Var (+)
	KÖYCEĞİZ	1.56	Yok	Yok	Yok	Yok	2.17	Var (+)	Var (+)	Yok	Yok
	FİNIKE	2.08	Var (+)	Var (+)	Yok	Yok	1.47	Yok	Yok	Yok	Yok
	MANAVGAT	2.21	Var (+)	Var (+)	Yok	Yok	1.60	Yok	Yok	Yok	Yok
	GAZİPAŞA	0.65	Yok	Yok	Yok	Yok	0.57	Yok	Yok	Yok	Yok
	ERDEMLİ	-0.23	Yok	Yok	Yok	Yok	0.59	Yok	Yok	Yok	Yok
	GÖKÇEADA	2.56	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Yok	2.12	Var (+)	Var (+)	Yok	Yok
	ÇEŞME	2.32	Var (+)	Var (+)	Yok	Yok	1.45	Yok	Yok	Yok	Yok
120	MİLAS	4.33	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Var (+)	3.21	Var (+)	Var (+)	Var (+)	Var (+)
	KÖYCEĞİZ	2.30	Var (+)	Var (+)	Yok	Yok	1.86	Var (+)	Yok	Yok	Yok
	FİNIKE	1.54	Yok	Yok	Yok	Yok	0.67	Yok	Yok	Yok	Yok
	MANAVGAT	1.95	Var (+)	Yok	Yok	Yok	1.40	Yok	Yok	Yok	Yok
	GAZİPAŞA	0.99	Yok	Yok	Yok	Yok	1.14	Yok	Yok	Yok	Yok
	ERDEMLİ	0.24	Yok	Yok	Yok	Yok	1.09	Yok	Yok	Yok	Yok



Şekil 9 - Gökçeada'ya ait 30dk, 60dk ve 120dk'lık maksimum yağış verisi YTA ve yağış saçılımı grafikleri

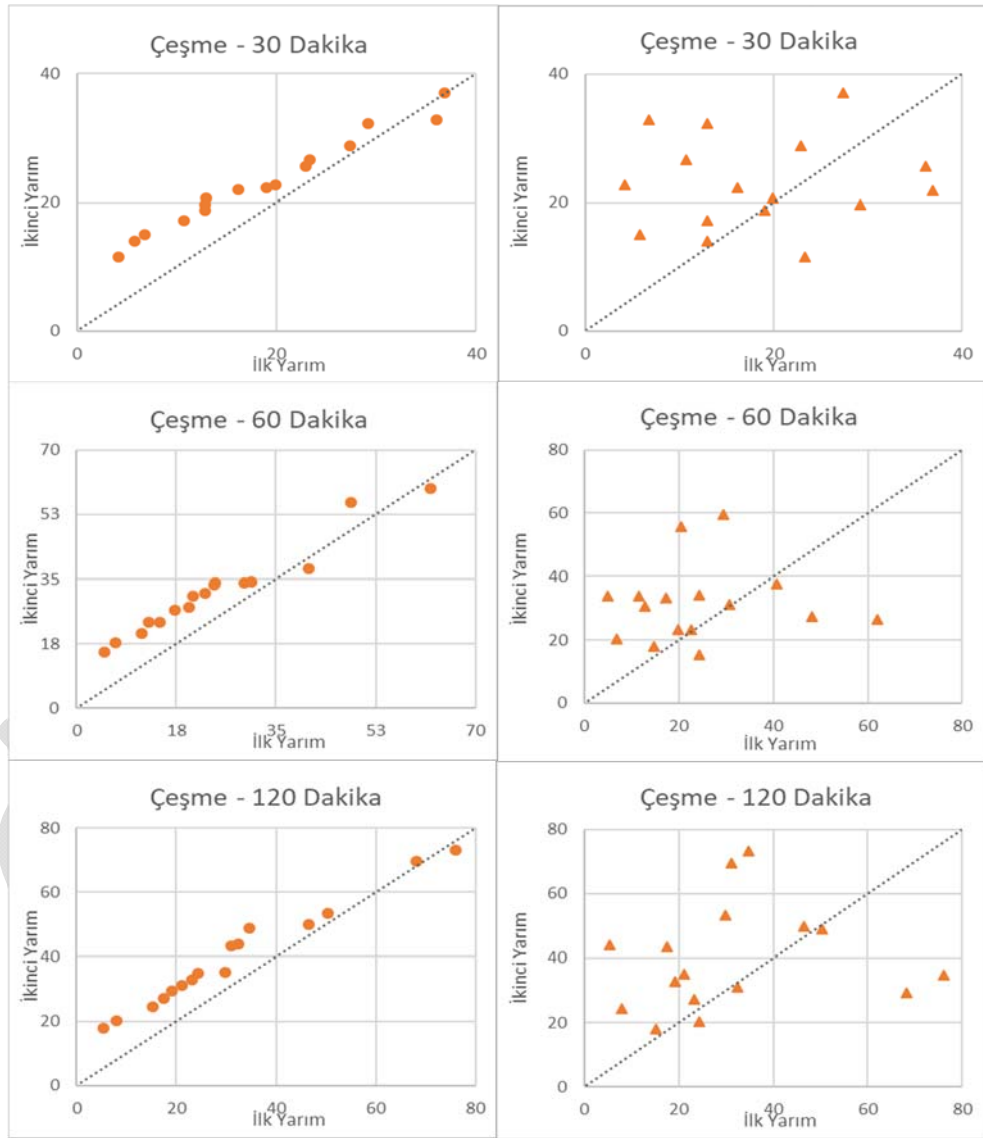
Aynı istasyonda ölçülen 60 dk'lık maksimum yağış değerleri MK testine tabii tutulduğunda Z_{MK} 2.79 hesaplanmıştır. Bu verilerin Wilcoxon testi ile hesaplanan Z_w değeri 2.48 bulunmuştur. İki analizde de %2 önem aralığında pozitif yönde eğilim bulunmuştur. MK testinde %1 önem aralığında pozitif yönde eğilim bulunurken aynı önem aralığında Wilcoxon'da trend tespit edilememiştir. Yapılan YTA'da ve sıralanmamış verilerin saçılma

diyagramında bütüncül artan eğilim olduğu Şekil 8'de görülmektedir. Artan trendin anlamlılık düzeyi ise Wilcoxon testi sonucuna göre %2 tespit edilmiştir. Yine aynı meteoroloji istasyonunda ölçülen 120 dk'lık maksimum yağış değerleri ile yapılan MK testi sonuçlarına göre, Z_{MK} değeri 2.56 olarak bulunmuştur. Bu veri seti için yapılan Wilcoxon analizi, Z_W değerini, 2.12 olarak ortaya çıkarmıştır. İki analizde de %5 önem düzeyinde pozitif yönde bir eğilim saptanmıştır. MK testinde %2 önem düzeyinde pozitif eğilim gözlemlenirken, Wilcoxon analizinde aynı önem düzeyinde bir eğilim tespit edilememiştir. Yapılan YTA sonuçları, Şekil 9'da açıkça görülen bütüncül artan eğilimi desteklemektedir. Şekil 9'a bakıldığında, sıralanmamış verilerin saçılma diyagramı artan bir eğilimi yansıtmaktadır. Artan trendin anlamlılık düzeyi, Wilcoxon testi sonuçlarına göre %2 olarak belirlenmiştir.

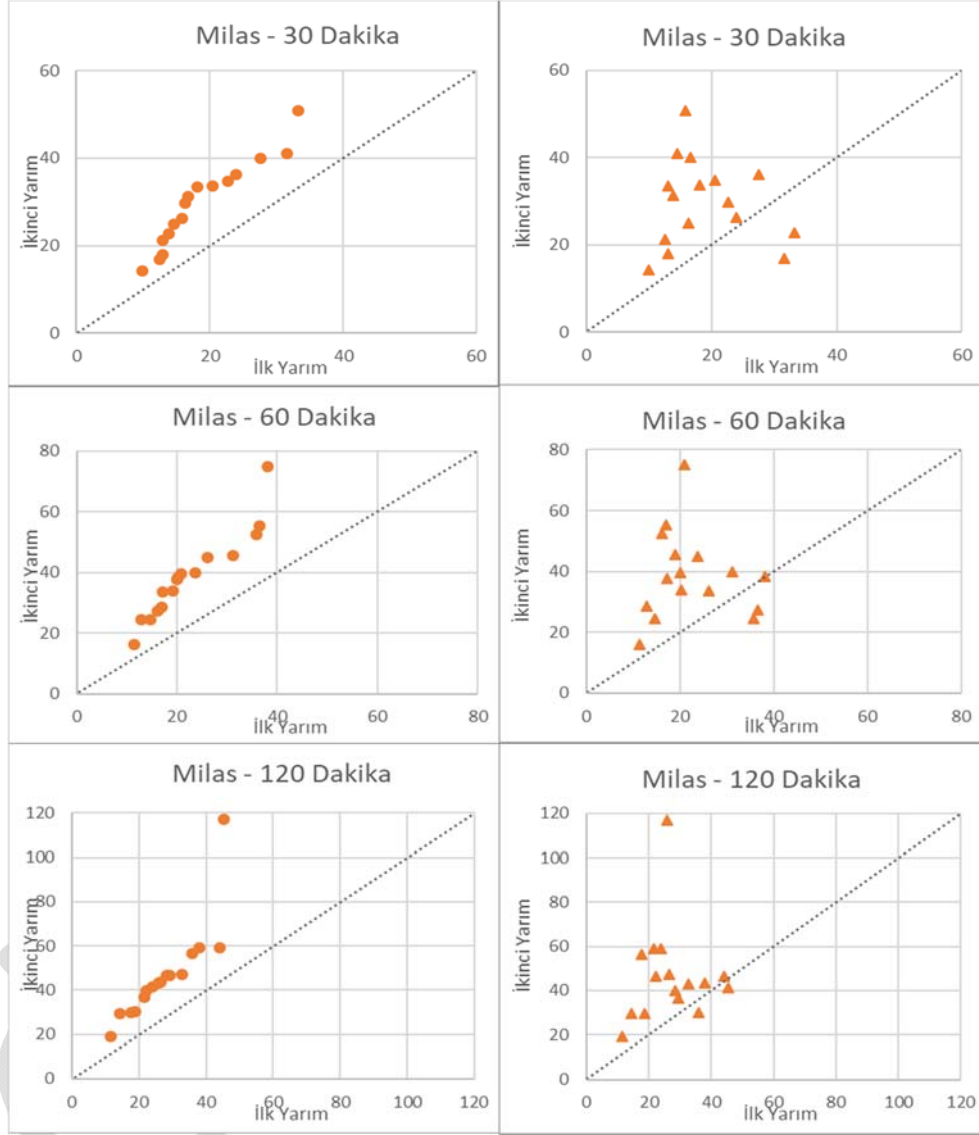
Çeşme istasyonuna ait 30 dakikalık maksimum yağış verileri, MK testi sonuçlarına göre Z_{MK} değerini 2.08 olarak ortaya koyarken; aynı veri seti üzerinde yapılan Wilcoxon analizi, Z_W değerini 1.34 olarak belirlemiştir. MK test sonucuna göre %5 önem aralığında pozitif yönlü eğilim bulunurken Wilcoxon'da herhangi bir önem aralığında trend tespit edilememiştir. Şekil 10'da görülen bütüncül artan eğilim, yapılan YTA sonuçlarına göre net bir şekilde ifade edilebilmektedir. Sıralanmamış verilerle elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 10'daki gibidir ve Wilcoxon testinin desteklediği üzere herhangi bir eğilim net olarak gözlemlenmemektedir. Aynı istasyonuna ait 60 dk'lık maksimum yağış verileri ile yapılan MK testi sonucunda Z_{MK} 2.42 bulunurken; Wilcoxon analizi sonucunda elde edilen Z_W değeri 1.65 olarak bulunmuştur. Wilcoxon test sonucuna göre %10 önem aralığında pozitif yönlü eğilim bulunurken MK'da %2 önem aralığında pozitif yönlü trend tespit edilmiştir. Yapılan YTA'da ise bütüncül artan eğim olduğu yine Şekil 10'da görülmektedir. Sıralanmamış verilerin saçılma diyagramı, eğilimin artan bir trendi yansıttığını göstermektedir. Artan trendin anlamlılık düzeyi ise Wilcoxon testi sonucunda belirtildiği üzere %10 mertebesindedir. Aynı meteoroloji istasyonunda ölçülen 120 dakikalık maksimum yağış değerleri, MK testi sonuçlarına göre Z_{MK} değerini 2.32 olarak belirlemiştir. Aynı veri seti üzerinde yapılan Wilcoxon analizi ise Z_W değerini 1.45 olarak ortaya çıkarmıştır. Wilcoxon test sonucuna göre hiçbir trend bulunamazken MK'da %5 önem aralığında pozitif yönlü trend tespit edilmiştir. Şekil 10'da net bir şekilde görülen bütüncül artan eğilim, yapılan YTA sonuçlarına göre ifade edilebilmektedir. Sıralanmamış veriler ile elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 10'da olduğu şekilde Wilcoxon test sonucunu destekler nitelikte net bir trendi ifade etmemektedir.

Milas gözlem istasyonuna ait 30 dakikalık maksimum yağış verileri MK testi sonuçlarına göre değerlendirilmiş olup, Z_{MK} değeri 4.18 olarak belirlenmiştir. Aynı veri seti üzerinde yapılan Wilcoxon analizi sonuçlarına göre ise Z_W değeri 2.59 olarak tespit edilmiştir. Her iki analizde de %1 önem düzeyinde pozitif yönlü bir eğilim gözlemlenmiş ve bu durum YTA sonuçlarıyla da doğrulanmıştır. Şekil 11'deki bütüncül artan eğim, verilerde pozitif yönlü bir eğilimin varlığını net bir şekilde ortaya koymaktadır. Sıralanmamış verilerle elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 11'deki gibi olup, Wilcoxon analizinde elde edilmiş olan %1 önem düzeyinde pozitif yönlü eğilimi açıkça yansıtmaktadır. Milas istasyonuna ait 60 dakikalık maksimum yağış verileri üzerinde gerçekleştirilen MK testi sonuçları, Z_{MK} değerini 4.35 olarak ortaya koyarken yapılan Wilcoxon analizi, Z_W değerini 2.90 olarak belirlemiştir. Her iki analizde de %1 önem düzeylerinde pozitif yönlü eğilimler gözlemlenmiştir. Şekil 11'de açıkça görülen bütüncül artan eğim, yapılan YTA sonuçlarına göre ifade edilebilmektedir. Sıralanmamış verilerle elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 11'de belirtildiği gibi olup,

Wilcoxon sonucuna göre %1 önem düzeyinde pozitif yönlü eğilim net şekilde gözlenmektedir. Aynı istasyona ait 120 dakikalık maksimum yağış verileri ile yapılan MK testi sonucunda Z_{MK} değeri 4.33 olarak belirlenmiş olup Wilcoxon analizi sonucunda elde edilen Z_W değeri 3.21 olmuştur. İki analizde de %1 önem aralığında pozitif yönlü trendler tespit edilmiştir. Yapılan YTA'da ise Şekil 11'de bütüncül artan eğilim açıkça görülmektedir. Wilcoxon test sonucunda belirtilen %1 önem düzeyindeki trend, sıralanmamış veriler ile elde edilen saçılma diyagramı net bir şekilde kendini göstermektedir.



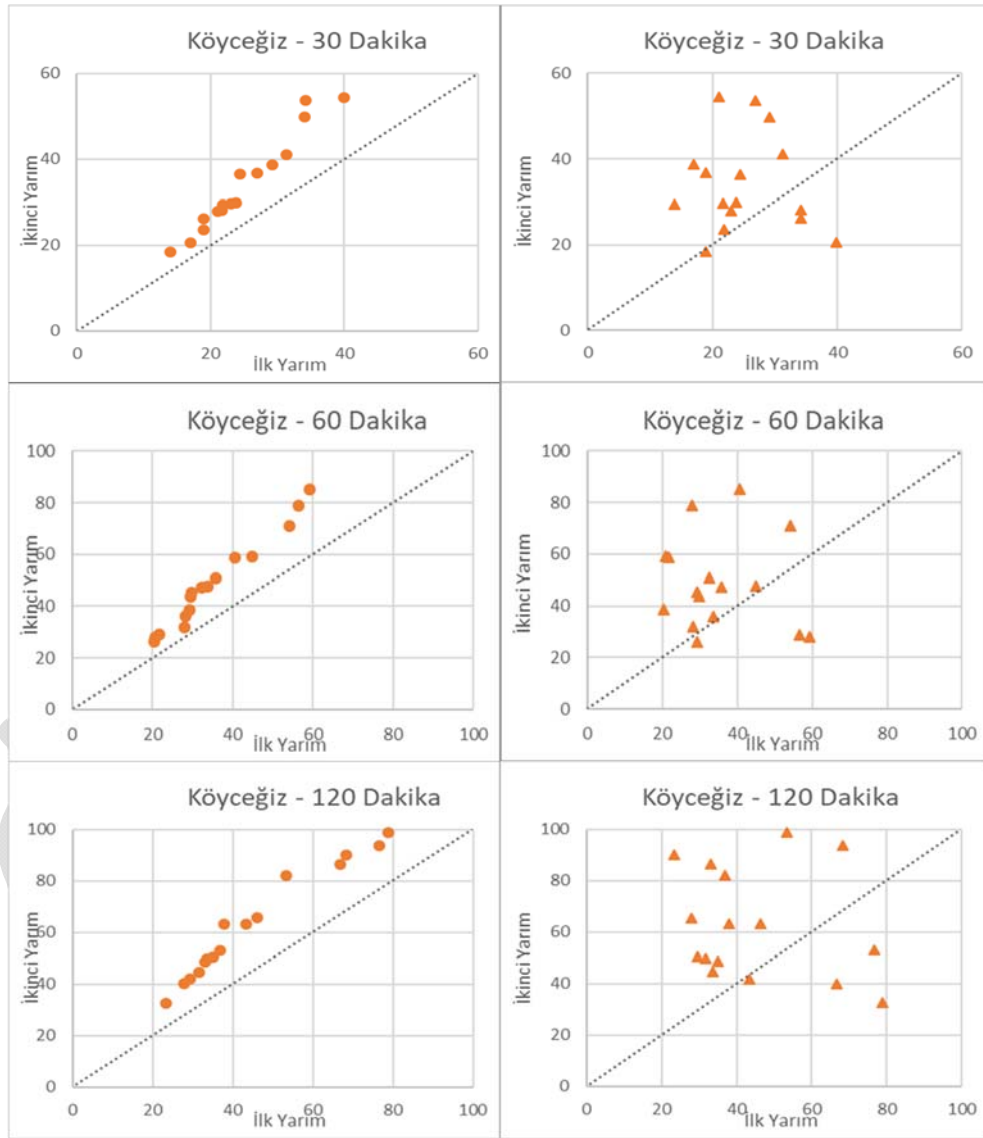
Şekil 10 - Çeşme'ye ait 30dk, 60dk ve 120dk'lık maksimum yağış verisi YTA ve yağış saçılımı grafikleri



Şekil 11 - Milas'a ait 30dk, 60dk ve 120dk'lık maksimum yağış verisi YTA ve yağış saçılımı grafikleri

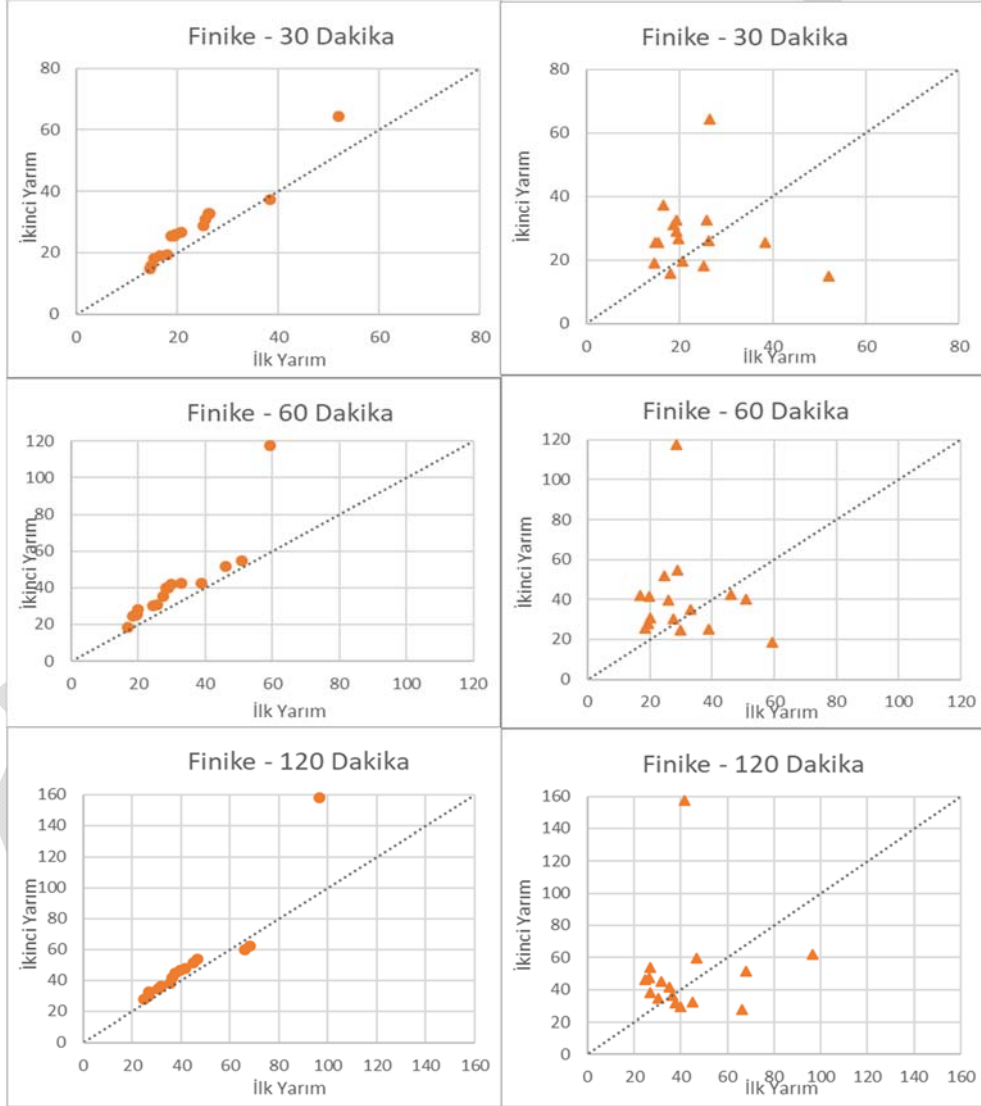
Köyceğiz istasyonuna ait 30 dakikalık maksimum yağış verileri üzerinden yapılan MK testi sonucunda Z_{MK} değeri 1.59 olarak belirlenirken; aynı verilere dayalı Wilcoxon analizi, Z_W değerini 2.33 olarak göstermiştir. MK testinde herhangi bir trend tespit edilememişken; Wilcoxon testi, %5 önem düzeyinde pozitif yönlü bir trendin varlığını ortaya koymuştur. Yapılan YTA analizi ise Şekil 12'de, gözlemlenen bütüncül artan eğilimi doğrulamaktadır.

Sıralanmamış verilerle elde edilen saçılma diyagramı, Wilcoxon testini destekler nitelikte, %5 mertebesinde pozitif eğilim olduğunu gösterilmektedir. Aynı istasyonda ölçülen 60 dk'lık maksimum yağış değerleri MK testine tabii tutulduğunda Z_{MK} 1.56 olarak hesaplanmıştır. Bu verilerin Wilcoxon testi ile hesaplanan Z_W değeri 2.17 bulunmuştur. MK testte herhangi bir trend bulunamazken; Wilcoxon testte %5 önem düzeyinde pozitif yönlü trend tespit edilmiştir. Yapılan YTA'da ise bütüncül artan eğilim olduğu Şekil 3.27'de görülmektedir. Sıralanmamış veriler ile elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 12'deki gibi olup Wilcoxon'a



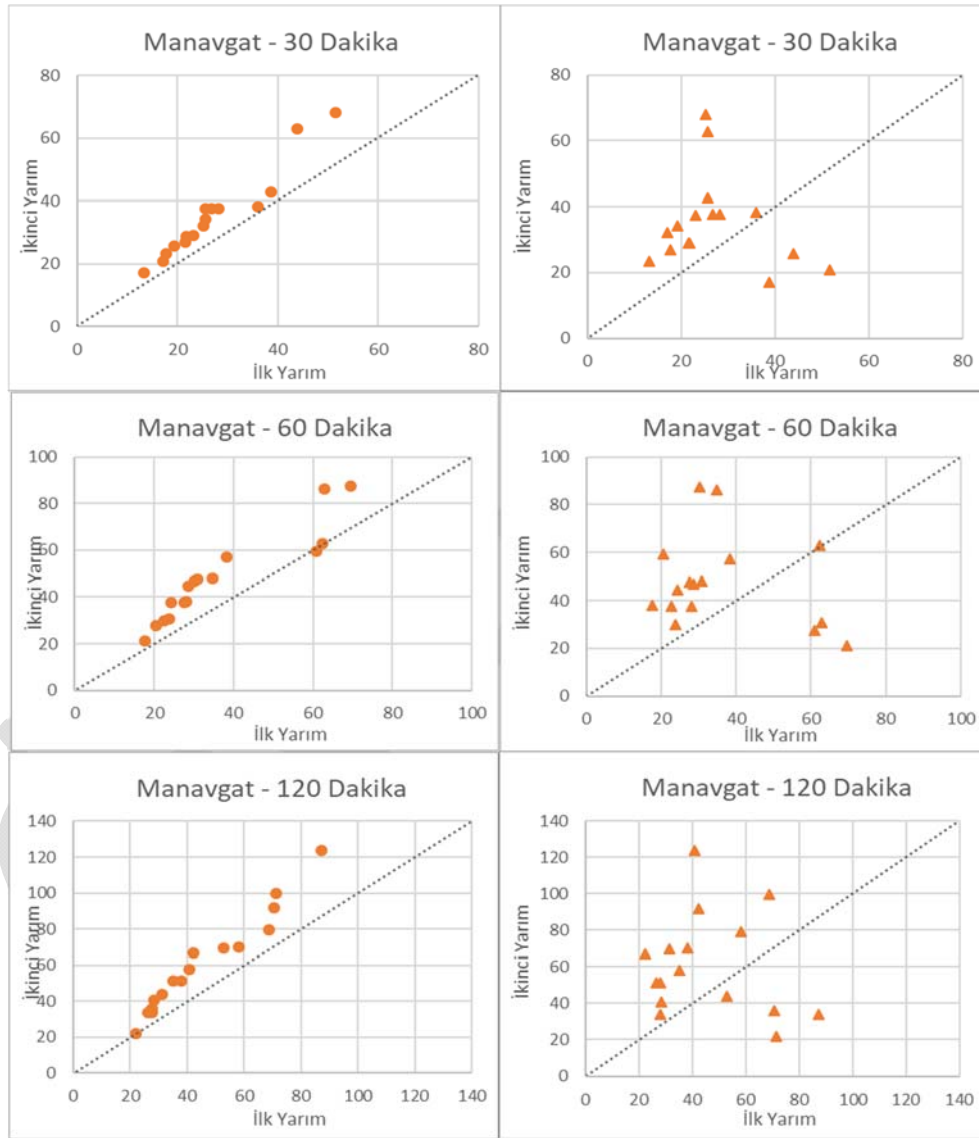
Şekil 12 - Köyceğiz'e ait 30dk, 60dk ve 120dk'lık maksimum yağış verisi YTA ve yağış saçılımı grafikleri

göre %5 mertebesinde pozitif trend olduğunu kanıtlar niteliktedir. Yine aynı meteoroloji istasyonunda ölçülen 120 dk'lık maksimum yağış değerleri ile yapılan MK testi sonuçlarına göre, Z_{MK} değeri 2.30 olarak bulunmuştur. Bu veri seti için yapılan Wilcoxon analizi, Z_W değerini, 1.86 olarak ortaya çıkarmıştır. MK testte %5 önem aralığında ve Wilcoxon testte %10 önem düzeyinde pozitif yönlü trend tespit edilmiştir. Yapılan YTA sonuçları, Şekil 12'de açıkça görülen bütüncül artan eğilimi desteklemektedir. Sıralanmamış verilerin saçılma diyagramı artan bir eğilimi yansıtmaktadır. Artan trendin anlamlılık düzeyi, Wilcoxon testi sonuçlarına göre %10 mertebesindedir.



Şekil 13 - Finike'ye ait 30dk, 60dk ve 120dk'lık maksimum yağış verisi YTA ve yağış saçılımı grafikleri

Finike istasyonuna ait 30 dk'lık maksimum yağış verileri ile yapılan MK testi sonucunda Z_{MK} 1.93 bulunurken; Wilcoxon analizi sonucunda elde edilen Z_W değeri 1.47 olarak bulunmuştur. MK test sonuçlarına göre %10 önem derecesinde pozitif yönde eğilim bulunurken; Wilcoxon testi sonuçlarına göre herhangi bir eğilim bulunamamıştır. Yapılan YTA'da ise Şekil 13'te görüldüğü gibi bütüncül artan eğilim olduğu söylenebilmektedir. Sıralanmamış veriler ile elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 13'teki gibidir. Genel olarak verilerin artan veya azalan trend bölgesinde saçıldığı yorumunda bulunamamaktadır. Aynı



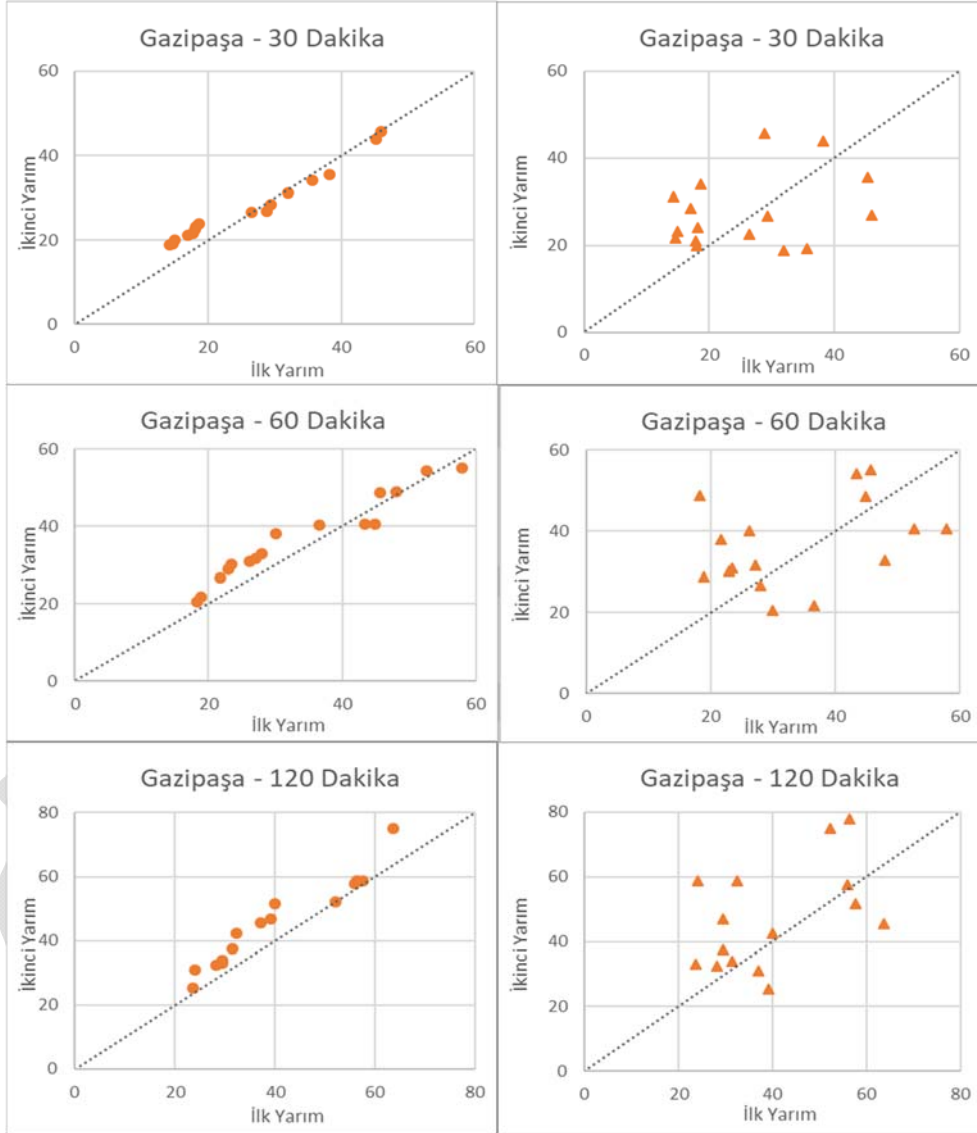
Şekil 14 - Manavgat'a ait 30dk, 60dk ve 120dk'lık maksimum yağış verisi YTA ve yağış saçılımı grafikleri

istasyonda ölçülen 60 dk'lık maksimum yağış değerleri MK testine tabii tutulduğunda Z_{MK} 2.08 hesaplanmıştır. Bu verilerin Wilcoxon testi ile hesaplanan Z_W değeri 1.47 bulunmuştur. MK teste göre %10 önem aralığında pozitif yönde eğilim bulunmuştur. Wilcoxon testinde ise herhangi bir trend tespit edilememiştir. Yapılan YTA'da ise bütüncül artan eğilim olduğu Şekil 13'te görülmektedir. Şekil 13'e bakılacak olursa, sıralanmamış verilerin saçılma diyagramında, Wilcoxon testini destekler şekilde, eğilim görülememektedir. Yine aynı meteoroloji istasyonunda ölçülen 120 dk'lık maksimum yağış değerleri ile yapılan MK testi sonuçlarına göre, Z_{MK} değeri 1.54 olarak bulunmuştur. Bu veri seti için yapılan Wilcoxon analizi, Z_W değerini 0.67 olarak ortaya çıkarmıştır. İki analizde de herhangi bir eğilim tespit edilememiştir. Yapılan YTA sonuçları da, Şekil 13'de görüldüğü gibi trend yoktur sonucunu destekler niteliktedir. Sıralanmamış verilerle elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 13'teki gibidir ve Wilcoxon testinin desteklediği üzere tam olarak eğilim saçılımı gözlemlenmemektedir.

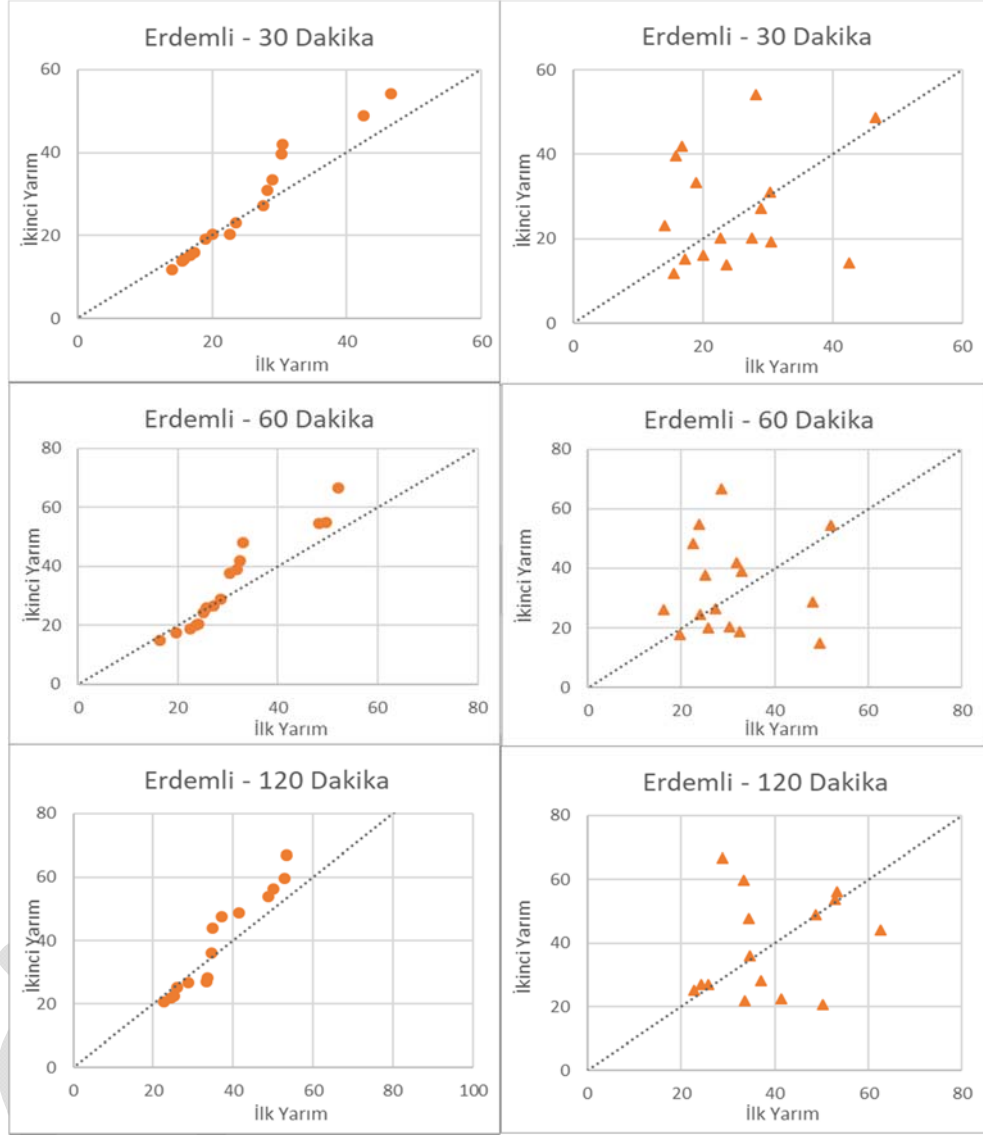
Manavgat istasyonuna ait 30 dakikalık maksimum yağış verileri, MK testi sonuçlarına göre Z_{MK} değerini 2.55 olarak ortaya koyarken; aynı veri seti üzerinde yapılan Wilcoxon analizi, Z_W değerini 1.76 olarak belirlemiştir. MK test sonucuna göre %2 önem aralığında pozitif yönlü eğilim bulunurken Wilcoxon'da %10 önem aralığında trend tespit edilmiştir. Şekil 14'te görülen bütüncül artan eğilim, yapılan YTA sonuçlarına göre net bir şekilde ifade edilebilmektedir. Sıralanmamış verilerle elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 14'teki gibidir ve Wilcoxon testinin desteklediği üzere %10 mertebesinde pozitif yönlü bir dağılım mevcuttur. Aynı istasyonuna ait 60 dk'lık maksimum yağış verileri ile yapılan MK testi sonucunda Z_{MK} 2.21 bulunurken; Wilcoxon analizi sonucunda elde edilen Z_W değeri 1.60 olarak bulunmuştur. MK test sonucuna göre %10 önem aralığında pozitif yönlü eğilim bulunurken Wilcoxon'da herhangi bir trend tespit edilememiştir. Yapılan YTA'da ise bütüncül artan eğim olduğu Şekil 14'te görülmektedir. Sıralanmamış verilerin saçılma diyagramı, net bir trend bölgesinde saçılım olmadığını göstermektedir. Aynı meteoroloji istasyonunda ölçülen 120 dakikalık maksimum yağış değerleri, MK testi sonuçlarına göre Z_{MK} değerini 1.95 olarak belirlemiştir. Aynı veri seti üzerinde yapılan Wilcoxon analizi ise Z_W değerini 1.40 olarak ortaya çıkarmıştır. Wilcoxon test sonucuna göre hiçbir trend bulunamazken MK'da %10 önem aralığında pozitif yönlü trend tespit edilmiştir. Şekil 14'de net bir şekilde görülen bütüncül artan eğilim, yapılan YTA sonuçlarına göre ifade edilebilmektedir. Sıralanmamış veriler ile elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 14'te olduğu şekilde Wilcoxon test sonucunu destekler nitelikte herhangi bir trendi ifade etmemektedir.

Gazipaşa gözlem istasyonuna ait 30 dakikalık maksimum yağış verileri MK testi sonuçlarına göre değerlendirilmiş olup, Z_{MK} değeri 0.60 olarak belirlenmiştir. Aynı veri seti üzerinde yapılan Wilcoxon analizi sonuçlarına göre ise Z_W değeri 0.67 olarak tespit edilmiştir. Her iki analizde de herhangi bir eğilim gözlemlenmemiştir ve bu durum YTA sonuçlarıyla da doğrulanmaktadır. Şekil 15, trend olmadığını net bir şekilde ortaya koymaktadır. Sıralanmamış verilerle elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 15'teki gibi olup, Wilcoxon analizinde elde edilmiş olan trend yok yorumunu açıkça yansıtmaktadır. Gazipaşa istasyonuna ait 60 dakikalık maksimum yağış verileri üzerinde gerçekleştirilen MK testi sonuçları, Z_{MK} değerini 0.65 olarak ortaya koyarken yapılan Wilcoxon analizi, Z_W değerini 0.57 olarak belirlemiştir. Her iki analizde de eğilim gözlemlenmemiştir. Şekil 15'te trend olmadığı, yapılan YTA sonuçlarına göre ifade edilebilmektedir. Sıralanmamış verilerle elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 15'te belirtildiği gibi olup, Wilcoxon sonucuna destekler şekilde trend olmayan bir saçılım mevcuttur. Aynı istasyona ait 120 dakikalık maksimum

yağış verileri ile yapılan M_K testi sonucunda ZMK değeri 0.99 olarak belirlenmiş olup Wilcoxon analizi sonucunda elde edilen Z_W değeri 1.14 olmuştur. Yapılan analizlerde herhangi bir trend tespit edilememiştir. Yapılan YTA'da ise trend yoktur yorumunda bulunulabilir. Wilcoxon test sonucunda belirtilen trend yok yorumu, sıralanmamış veriler ile elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 15'te de görülmektedir.



Şekil 15 - Gazipaşa'ya ait 30dk, 60dk ve 120dk'lık maksimum yağış verisi YTA ve yağış saçılımı grafikleri



Şekil 16 - Erdemli'ye ait 30dk, 60dk ve 120dk'lık maksimum yağış verisi YTA ve yağış saçılımı grafikleri

Erdemli istasyonuna ait 30 dakikalık maksimum yağış verileri üzerinden yapılan MK testi sonucunda Z_{MK} değeri -0.45 olarak belirlenirken; aynı verilere dayalı Wilcoxon analizi, Z_W değerini 0.00 olarak göstermiştir. MK testi ve Wilcoxon testinde herhangi bir trend tespit edilememiştir. Yapılan YTA analizinde ise Şekil 16'da gözlemlendiği gibi trend yoktur. Sıralanmamış verilerle elde edilen saçılma diyagramı, Wilcoxon testini destekler nitelikte,

trendin olmadığını Şekil 16'daki gibi gösterilmektedir. Aynı istasyonda ölçülen 60 dk'lık maksimum yağış değerleri MK testine tabii tutulduğunda Z_{MK} -0.23 olarak hesaplanmıştır. Bu verilerin Wilcoxon testi ile hesaplanan Z_W değeri 0.59 bulunmuştur. Yapılmış olan iki testte de herhangi bir trend bulunamamıştır. YTA'da ise herhangi bir trend olmadığı Şekil 16'da görülmektedir. Sıralanmamış veriler ile elde edilen saçılma diyagramı, Şekil 16'daki gibi olup Wilcoxon'a göre trend olmadığını kanıtlar niteliktedir. Yine aynı meteoroloji istasyonunda ölçülen 120 dk'lık maksimum yağış değerleri ile yapılan MK testi sonuçlarına göre, Z_{MK} değeri 0.24 olarak bulunmuştur. Bu veri seti için yapılan Wilcoxon analizi, Z_W değerini, 1.09 olarak ortaya çıkarmıştır. MK testte herhangi bir trend bulunamazken aynı şekilde Wilcoxon testte de herhangi bir trend bulunamamıştır. Yapılan YTA sonuçları, Şekil 16'da açıkça görülen trend yoktur ifadesini desteklemektedir. Şekil 16'ya bakıldığında, sıralanmamış verilerin saçılma diyagramı Wilcoxon'da olduğu gibi trendin olmadığını göstermektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışma, Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyı şeridinde yer alan sekiz farklı hidrometeorolojik istasyon üzerinden elde edilen yağış verilerini kullanarak detaylı bir trend analizi gerçekleştirmiştir. Analizler, 1989-2020 yılları arasında 32 yıl boyunca incelenen 30 dakika, 60 dakika ve 120 dakika süreyle ölçülen maksimum yağış verileri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın genel sonuçlarına bakıldığında, incelenen bölgelerde genel olarak yıllık yağış miktarında bir artış eğilimi olduğu gözlemlenmiştir. Bu artış eğilimi, özellikle Akdeniz ikliminin etkisi altında bulunan bölgelerde belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Analiz sonuçları, bu bölgelerdeki yağış miktarındaki artışın, yağışların zaman içinde daha sık ve yoğun bir şekilde gerçekleşmesine işaret etmektedir. Mann-Kendall (MK) testi ve Wilcoxon testi sonuçları, istatistiksel olarak anlamlı azalan bir trende rastlanmamıştır. Bununla birlikte, bazı istasyonlarda genellikle artan bir trend tespit edilmiştir. Bu durum, iklim değişikliğinin etkileriyle birlikte yağış rejimindeki değişikliklere işaret edebilir. Yapılan çalışmalarda MK, Wilcoxon ve YTA olmak üzere toplam 72 analiz yapılmıştır. Z değerlerinin elde edildiği MK test sonuçlarına göre minimum Z_{MK} değeri -0.45 iken maksimum Z_{MK} değeri 4.35; Wilcoxon test sonuçlarına göre minimum Z_W değeri 0 iken maksimum Z_W değeri 3.21 olarak bulunmuştur. İstatistiksel analizlerin 9'unda hem MK hem Wilcoxon analizlerinde pozitif yönlü artan trend tespit edilirken, 7 analizde iki test için de herhangi bir trend tespit edilememiştir. Sadece MK testi sonucunda pozitif yönlü trend tespit edilen ancak Wilcoxon sonucunda herhangi bir trend tespit edilememiş analiz sayısı 6'dır. Benzer şekilde 2 analizde sadece Wilcoxon'da pozitif yönlü trend tespit edilirken MK sonucunda herhangi bir trend tespit edilememiştir. Yapılan gruplandırma analizleri, coğrafi konum sıralaması ile 30 dakika, 60 dakika ve 120 dakika süreyle ölçülen maksimum yağış verilerinin benzer örüntüler gösterdiğini ve özellikle Ege ile Akdeniz'in birleşiminde bulunan istasyonlarda belirgin bir trend artışı olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, bölgesel ölçekte iklim değişikliğinin yağışlara olan etkilerini vurgulamaktadır. Çalışmanın sonuçları, su kaynakları yönetimi ve iklim değişikliği ile mücadele stratejileri için önemli bilgiler sunmaktadır. Artan yağış miktarı, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı açısından olumlu bir etki yaratabilir, ancak şiddetli yağışlar nedeniyle ortaya çıkabilecek risklerin de dikkate alınması gerekmektedir. Genel olarak kıyı bölgelerinde havzalar küçük olduğundan taşkına sebep olacak yağış verileri kısa süreli olanlardır. Tez kapsamında yapılan analizler de bu

bağlamda belirtildiği gibi 30, 60, 120 dk olarak seçilmiştir. Analizler sonucunda taşkın riskinde artış gözlemlendiği sonucuna ulaşılabilir. Yapılmış olan bu trend analizleri, taşkın risk hesaplarında, su yapılarının kapasite, boyutlandırılması ve tasarımında kullanılabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye'nin belirli bölgelerindeki yağış trendlerini anlamak adına önemli bir adım atmıştır. Ancak, gelecekteki araştırmaların daha fazla istasyon ve farklı iklim bölgelerini kapsayacak şekilde genişletilmesi, daha kapsamlı bir perspektif sunabilir.

Bilgi ve Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) temin edilmiştir. Ayrıca bu çalışma Hatice Yağmur KALKINÇ'ın Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir [45].

Kaynaklar

- [1] Mohorji A.M., Şen Z., Almazroui M. (2017), Trend Analyses Revision and Global Monthly Temperature Innovative Multi-Duration Analysis, *Earth Syst and Environ*, 1(1), 9.
- [2] Mumlu, D. T. (2023). Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Bağlamında Türkiye'de Su Yönetimi: Doğu Karadeniz Havzası Üzerine Bir İnceleme. *Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 193- 223.
- [3] Soldini, L. and Darvini, G. (2017). Extreme rainfall statistics in the Marche region, Italy. *Hydrology Research*, 48(3), 686-700.
- [4] Parmesan, C., Morecroft, M. D., & Trisurat, Y. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability (Doctoral dissertation, GIEC)*.
- [5] Sarı, C. (2023). *Python Programlama Dili Kullanılarak Günlük Maksimum Yağış Verilerinin Trend Ve Risk Analizleri (Yüksek Lisans Tezi)*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Sonali, P., & Nagesh Kumar, D. (2013). Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India. *Journal of Hydrology*, 476, 212-227. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.10.034>
- [7] Şen, Z. (2009). İklim değişikliği içerikli taşkın afet ve modern hesaplama yöntemleri. *Su Vakfı Yayınları*.
- [8] Jones, J. R., Schwartz, J. S., Ellis, K. N., Hathaway, J. M., & Jawdy, C. M. (2015). Temporal variability of precipitation in the Upper Tennessee Valley. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 125-138. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2014.10.006>
- [9] Rama, H.-O., Roberts, D., Tignor, M., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B., & Ayanlade, S. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

- [10] Güçlü, Y. S. (2018). Kıyaslamalı yenilikçi eğilim çözümlemesi temelleri ve uygulamaları. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(2), 182-191.
- [11] Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13(3), 245. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- [12] Kendall, M. G. (1970). Rank correlation methods (4th ed). Griffin.
- [13] Gadedjisso-Tossou, A., Adjegan, K. I., & Kablan, A. K. M. (2021). Rainfall and Temperature Trend Analysis by Mann–Kendall Test and Significance for Rainfed Cereal Yields in Northern Togo. *Sci*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.3390/sci3010017>
- [14] Gao, F., Wang, Y., Chen, X., & Yang, W. (2020). Trend Analysis of Rainfall Time Series in Shanxi Province, Northern China (1957–2019). *Water*, 12(9), 2335. <https://doi.org/10.3390/w12092335>
- [15] 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. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014>
- [16] Wilcoxon, F. (1945). Wilcoxon, F., 1945. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bull.* 1 (6), 80–83.
- [17] Sen, P. K. (1968). Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall’s Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>
- [18] Hamed, K. H., & Ramachandra Rao, A. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 182-196. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)
- [19] Herho, S., & Firdaus, G. (2022). Time-series analysis and statistical forecasting of daily rainfall in Kupang, East Nusa Tenggara, Indonesia. *International Journal of Data Science*, 3(1), 25-32. <https://doi.org/10.18517/ijods.3.1.25-32.2022>
- [20] Haan, C. T. (1977). *Statistical methods in hydrology*: Ames. IA: □niversity, Press/Ames.
- [21] Pettitt, A. N., (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied statistics* 28(2), 126-135.
- [22] Taylor, C. H., & Loftis, J. C. (1989). TESTING FOR TREND IN LAKE AND GROUND WATER QUALITY TIME SERIES. *Journal of the American Water Resources Association*, 25(4), 715-726. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1989.tb05385.x>
- [23] Chiew, F. H. S., & McMahon, T. A. (1993). Detection of trend or change in annual flow of Australian rivers. *International Journal of Climatology*, 13(6), 643-653. <https://doi.org/10.1002/joc.3370130605>
- [24] Hamed, K. H., & Ramachandra Rao, A. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 182-196. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)

- [25] Lehmann, E. L., & D'Abrera, H. J. M. (2006). *Nonparametrics: Statistical methods based on ranks* (Rev. 1st ed). Springer.
- [26] Karabulut, M., & Cosun, F. (2007). Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi. *Co*, 65-83. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000095
- [27] Çiçek, İ., & Ataol, M. (2009). Türkiye'nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. *Co*, 51-64. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000094
- [28] Jhajharia, D., Shrivastava, S. K., Sarkar, D., & Sarkar, S. (2009). Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(5), 763-770. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.10.024>
- [29] Nalley, D., Adamowski, J., Khalil, B., & Ozga-Zielinski, B. (2013). Trend detection in surface air temperature in Ontario and Quebec, Canada during 1967–2006 using the discrete wavelet transform. *Atmospheric Research*, 132-133, 375-398. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.06.011>
- [30] Nalley, D., Adamowski, J., Khalil, B., & Ozga-Zielinski, B. (2013). Trend detection in surface air temperature in Ontario and Quebec, Canada during 1967–2006 using the discrete wavelet transform. *Atmospheric Research*, 132-133, 375-398. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.06.011>
- [31] Hordofa, A. T., Leta, O. T., Alamirew, T., & Chukalla, A. D. (2021). Spatiotemporal Trend Analysis of Temperature and Rainfall over Ziway Lake Basin, Ethiopia. *Hydrology*, 9(1), 2. <https://doi.org/10.3390/hydrology9010002>
- [32] Md Juber Alam, & Majumder, A. (2022). Statistical analysis of rainfall trend and its variability (1901–2020) in Kolkata, India. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*, 23, 5-16. <https://doi.org/10.12775/bgeo-2022-0006>
- [33] Kessabi, R., Hanchane, M., Ait Brahim, Y., El Khazzan, B., Addou, R., & Belmahi, M. (2024). Characterization of annual and seasonal rainfall trend using innovative trend analysis (ITA) and classical methods: the case of Wadi Sebou basin (WSB) Morocco. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 1-19.
- [34] Şen, Z. (2012). Innovative Trend Analysis Methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000556](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000556)
- [35] Saphioğlu, K. (2015). A new methodology for trend analysis: A case study in Burdur and Isparta, Turkey. 3344-3351.
- [36] 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. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1478-4>
- [37] Güçlü, Y. S. (2018). Alternative Trend Analysis: Half Time Series Methodology. *Water Resources Management*, 32(7), 2489-2504. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1942-4>

- [38] Wang Y, Xu Y, Tabari H, Wang J, Wang Q, Song S, Hu Z. (2020) Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China. *Atmospheric Research*, 231, 104673.
- [39] Güçlü, Y. S. (2020). Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA. *Journal of Hydrology*, 584, 124674. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124674>
- [40] Ghate, A. S., & Timbadiya, P. V. (2022). Comprehensive Extreme Rainfall Analysis: A study on Ahmedabad region, India. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 28(4), 438-448. <https://doi.org/10.1080/09715010.2021.1905566>
- [41] Saphioğlu, K., & Güçlü, Y. S. (2022). Combination of Wilcoxon test and scatter diagram for trend analysis of hydrological data. *Journal of Hydrology*, 612, 128132. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128132>
- [42] Şen, Z. (2014). Trend Identification Simulation and Application. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 635-642. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000811](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000811)
- [43] Şen, Z. (2017). Innovative trend significance test and applications. *Theoretical and Applied Climatology*, 127(3-4), 939-947. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1681-x>
- [44] Şen, Z. (2017). *Innovative trend methodologies in science and engineering* (pp. 1- 349). New York: Springer International Publishing.
- [45] Kalkınç, H. Y.(2023) Wilcoxon testi ve saçılma diyagramı kullanılarak hidrometeorolojik verilerin trend analizi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul