Artvin Çoruh Üniversitesi
Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi
Doğal Afetler ve Çevre Dergisi

Artvin Çoruh University
Natural Hazards Application and Research Center
Journal of Natural Hazards and Environment

Araştırma Makalesi / Research Article, Doğ Afet Çev Derg, 2026; 12(1): 84–100, DOI: 10.21324/dacd.1696071

Günlük Maksimum Yağış Verilerinin Klasik ve Yenilikçi Yöntemlerle Trendlerinin Belirlenmesi

Cihat Sarı[1], Erdem Çoban[2,*], Yavuz Selim Güçlü[1]

[1]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34467, İstanbul.*
[2]*Haliç Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34060, İstanbul.*

Özet

İklim değişikliği, hidrolojik döngü üzerinde önemli etkilere sahiptir ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından yağış trendlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde bulunan meteoroloji istasyonlarından elde edilen 1961-2020 yıllarına ait günlük maksimum yağış verileri kullanılarak trend analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada klasik ve yenilikçi trend analiz yöntemleri uygulanmıştır. Klasik yöntem olarak Mann-Kendall (MK) testi, modern yaklaşımlar olarak ise Yenilikçi Trend Analizi (YTA) ve türevleri (Geliştirilmiş YTA, Çift-YTA, Geliştirilmiş Görselleştirme ile Çift-YTA) kullanılmıştır. Tüm analizler Python kullanılarak gerçekleştirilmiş ve verilerin görselleştirilmesi sağlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Marmara'nın kuzeybatısı ve Trakya'da yer alan Çanakkale, Çorlu ve Edirne istasyonlarında bütüncül olmayan artan trendler tespit edilmiştir. Batı Anadolu'da Dikili istasyonunda bütüncül olmayan artan trend eğilimi gözlemlenirken, Güneyde Dörtyol istasyonunda stabil artan trend görülmüştür. İç Anadolu'daki Niğde ve Yozgat istasyonlarında bütüncül olmayan artan trendler belirlenirken, Karadeniz Bölgesi'nde İnebolu istasyonunda bütüncül artan trend, Zonguldak istasyonunda ise azalan trend tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, analiz edilen istasyon verilerine göre son 60 yılda günlük maksimum yağış değerlerinde genel olarak artış eğiliminin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, iklim değişikliğinin bölgesel ölçekte yağış rejimleri üzerinde etkili olabileceğine işaret etmektedir. Çalışmada kullanılan farklı trend analiz yöntemleri, yağış verilerinin trend yapısını daha detaylı incelemeye olanak tanımış ve klasik yöntemlere kıyasla daha kapsamlı değerlendirme imkânı sağlamıştır.

Anahtar Sözcükler

Mann-Kendall Testi, Yenilikçi Trend Analizi, Python, Yağış, İklim Değişikliği, Zaman Serisi

Trend Determinations of Daily Maximum Precipitation Data with Classical and Innovative Methods

Abstract

Climate change has significant effects on the hydrological cycle and determining precipitation trends is of great importance for sustainable management of water resources. In this study, trend analyses were performed using daily maximum precipitation data for the years 1961-2020 obtained from meteorological stations located in various regions of Turkey. Classical and innovative trend analysis methods were applied in the study. Mann-Kendall (MK) test was used as the classical method, and Innovative Trend Analysis (ITA) and its derivatives (Improved ITA, Double-ITA, Improved Visualization Double-ITA) were used as modern approaches. All analyses were performed using the python and data visualization was provided. According to the analysis results, non-monotonic increasing trends were detected in the northwest of Marmara and Çanakkale, Çorlu and Edirne stations located in Thrace. While a non-monotonic increasing trend was observed in the Dikili station in Western Anatolia, a monotonic increasing trend was observed in the Dörtyol station in the South. While non-monotonic increasing trends were determined at Niğde and Yozgat stations in Central Anatolia, a monotonic increasing trend was determined at İnebolu station in the Black Sea Region and a decreasing trend was determined at Zonguldak station. The findings show that there has been a general increasing trend in daily maximum precipitation values in Türkiye in the last 60 years. This situation provides important evidence that climate change affects precipitation regimes throughout Turkey, although it shows regional differences. The findings reveal that, according to the analyzed station data, there has been a general increasing trend in daily maximum precipitation values over the last 60 years. This situation indicates that climate change may have an impact on precipitation regimes at the regional scale. Different trend analysis methods used in the study allowed for a more detailed examination of the trend structure of precipitation data and provided a more comprehensive evaluation opportunity compared to classical methods.

Keywords

Mann-Kendall Test, Innovative Trend Analysis, Python, Precipitation, Climate Change, Time Series

* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (212) 9242444 Faks: +90 (212) 9997852
E-posta: saric20@itu.edu.tr (Sarı C.), erdemcoban@halic.edu.tr (Çoban E.)
gucluya@itu.edu.tr (Güçlü Y.S.)

Gönderim Tarihi / Received : 10/05/2025
Kabul Tarihi / Accepted : 12/10/2025

1. Giriş

Toplumların sağlıklı ve sürdürülebilir şekilde hayatlarını devam ettirebilmesi için iklim değişikliğinin etkileri her alanda yakından takip edilmelidir. İklim değişikliğinin neden olduğu türlerin yok olması ve buzulların geri çekilmesi ile ortaya çıkan hidrolojik değişiklikler vb. olumsuzluklar geri döndürülemez sonuçlara neden olmaktadır (Rama vd., 2022). Yükselen (artan) ve alçalan (azalan) trendlerin göz ardı edilmesi gelecekteki su kaynakları yönetiminde başarısızlıklara sebep olabilecektir (Güçlü, 2018a). Son zamanlardaki iklim değişikliğine bağlı hidrolojik rejim değişiklikleri trend belirleme yöntemlerinin arayışını önemli hale getirmiştir. Bu etkilerin sabit olmadığı kabul edilir ve gelecekte bu etkiler muhtemelen devam edecektir. İklim değişikliği dikkate alınmazsa, su yapılarının (altyapı ve üstyapı) mühendislik tasarımı ve işletmesinde yetersizlikler, su kıtlıkları ve tarımsal başarısızlıklar ortaya çıkabilecektir (Şen, 2012). İklim elemanları içerisinde zaman ve mekân bakımından en fazla değişkenlik gösteren parametrelerden biri yağış miktarıdır. Bu parametredeki sistematik artış ve azalışlar iklim değişimine yönelik en önemli kanıt özelliği taşımaktadır (Karabulut & Cosun, 2009). Türkiye İstatistik Kurumu kestirimlerine göre Türkiye nüfusu 2025 yılında yaklaşık 88 milyon ve 2050 yılında yaklaşık 97 milyon kişi olarak öngörülmektedir. Bu nüfus miktarlarına göre kişi başına yıllık kullanılabilen su miktarı sırasıyla 1276.3 ve 1160.6 m3'e düşecektir. Bu çerçevede, artan nüfusun su talebi üzerindeki etkisi, su stresinin gelecekte daha da derinleşmesine neden olacak temel dinamiklerden biri olarak öne çıkmaktadır. Öngörülen bu rakamlara göre Türkiye'de su stresi giderek artacaktır (Çiçek & Ataol, 2009)

Trend analizi çalışmaları, zaman serilerindeki değerlerin istatistiksel olarak sürekli bir değişim gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılır. Bu çalışmalarda, Mann-Kendall (MK) (Mann, 1945; Kendall, 1970), Sen'in Trend Eğim Metodu (SSE) (Sen, 1968) ve Spearman'ın Rho (Lehmann & D'Abrera, 2006; Sneyers, 1990) testi gibi birçok farklı yöntem literatürde kullanılmaktadır. Yağışların zamansal eğilimlerini anlamada klasik trend testlerinin yanı sıra Standart Süreli Maksimum Yağış (SSMY) ve bunlardan türetilen Standart Süreli Yağış Şiddetleri (SSYŞ) de önemlidir (Zeybekoğlu, 2018; Karahan, 2019). Türkiye'de yapılan çalışmalarda bu verilerle farklı sürelerdeki maksimum yağışların eğilimleri incelenmiş, iklim değişikliğinin etkileri ortaya konmuştur. Zeybekoğlu ve Karahan (2018), SSYŞ serilerini trend testleriyle analiz etmiş ve yenilikçi yöntemlerle baskın dönemleri belirlemişlerdir. Jhajharia vd. (2009), Hindistan'ın kuzeydoğusunda yer alan on bir farklı bölgeye ait uzun dönemli iklim verilerini kullanarak, nemli iklim koşulları altında buharlaşma eğilimlerini analiz etmişlerdir. Çalışmada, Mann-Kendall testi ile birlikte bir parametrik eğilim testi uygulanmış ve özellikle güneşlenme süresi ile rüzgâr hızının buharlaşma üzerinde belirleyici iki faktör olduğu ortaya konmuştur. Bu bulgular, benzer iklimsel özellikler taşıyan çalışma alanlarında buharlaşma eğilimlerinin değerlendirilmesinde çok değişkenli analizlerin önemini vurgulamaktadır. Cizre istasyonunun yıllık yağış verileri (1938-2003), Tuna Nehri'nin yıllık akış verileri (1840-2004) ile Menzelet ve Aslantaş Barajları'nın yıllık toplam akış verileri (1954-2003) gibi üç farklı veri grubu üzerinde yapılan analizlerde, veriler önce düşük, orta ve yüksek şeklinde sınıflandırılmış ve ardından YTA yöntemi kullanılarak trend yorumları yapılmıştır. Şen tarafından geliştirilen YTA yöntemi, klasik Mann-Kendall testinden farklı olarak eğilim analizlerinde farklı bakış açıları ve yorumlar geliştirmeye olanak tanımaktadır. Saplıoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada Şen tarafından geliştirilen grafik yöntemine dayanan yeni bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem, MK test istatistiği, regresyon modeli ve Şen'in grafik yöntemi gibi mevcut yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için, Burdur ve Isparta yağış verileri seçilmiş ve trend analizleri aylık ve yıllık olarak yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarından biri olarak, Şen'in grafik testi ve bu yeni yöntemin benzer sonuçlar verdiği, regresyon testinin sonuçlarının da bu iki testi desteklediği gözlemlenmiştir. Dabanlı vd. (2016) tarafından MK trend testi ve YTA arasındaki önemli farkların ve olası benzerliklerin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Türkiye'nin kuzeybatısındaki Ergene havzasına ait bağıl nem, sıcaklık, yağış ve akışı içeren hidro-meteorolojik kayıtlar için bu iki yaklaşım uygulanmıştır. MK trend testi neredeyse tüm durumlarda önemli bir trend göstermezken, YTA çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek veri grupları için trendleri ortaya çıkarmıştır. Güçlü (2018b) çalışmasında YTA ile kullanılan çift-YTA ve üçlü-YTA prosedürlerini geliştirme amacıyla önermiştir. Bu yöntemler, verilen bir zaman serisinin farklı alt dönemlerindeki trend bileşenlerini karşılaştırarak trend istikrarı değerlendirmesi için kullanılabilmektedir. Güçlü (2020) yağış trend analizi için farklı yöntemleri karşılaştırmış ve görsel bir yöntem önermiştir. Çalışmada geleneksel MK testi ve YTA yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları incelenmiştir. Ayrıca, Pettitt değişim noktası testi kullanılarak alt kategoriler "düşük" ve "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır. Önerilen yöntem, Türkiye'nin Akdeniz, Karadeniz ve karasal iklim bölgelerinde, klasik MK trend testi ve YTA yaklaşımından farklı trend koşulları sağlamaktadır. Bu farklılık, özellikle ani değişim noktalarının belirlenmesinde daha hassas sonuçlar vermesi ve trendin sürekliliğinden ziyade yapısal kırılmalara odaklanmasıyla ortaya çıkmaktadır.

Python programlama dili birçok alanda yoğun kullanıma sahiptir ve özellikle büyük veri setlerinin hızlıca analiz edilmesi için kolaylık sağlamaktadır. Literatürde Python birçok çalışmada kullanılmıştır (Md Juber Alam & Majumder, 2022; Sam vd., 2022; Hussain vd., 2023). Hussain ve Mahmud (2019) tarafından yapılan çalışmada şimdiye kadar MK trend testi ile ilişkili Python paketi bulunmadığı ve bu boşluğu doldurmak için pyMannKendall adında bir Python paketi geliştirildiğinden bahsedilmektedir. Gao vd. (2020), Shanxi eyaletindeki 18 meteorolojik istasyondan elde edilen aylık, mevsimsel ve yıllık yağış verilerinin 1957-2019 dönemi boyunca trendlerini incelemiştir. MK testi, Spearman Rho (SR) testi ve Revize Mann-Kendall (RMK) testi, trendleri belirlemek için kullanılmıştır. SSE, yağış trendinin büyüklüğünü tahmin etmek için kullanılmıştır. RMK testi uygulanırken çeşitli gecikmelerde otokorelasyon katsayılarını incelemek için Python kullanılarak çizdirilen otokorelasyon fonksiyonu grafiği kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan 10 meteoroloji istasyonuna ait 1961–2020 dönemi günlük maksimum yağış verilerini kullanarak, klasik (Mann-Kendall) ve modern (Yenilikçi Trend Analizi - YTA ile türevleri) trend analiz yöntemleriyle zamansal eğilimleri ortaya koymak ve bu yöntemlerin karşılaştırmalı etkinliğini değerlendirmektir. Çalışmada kullanılan tüm analizler ve grafiksel görselleştirmeler Python programlama dili aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada önerilen Geliştirilmiş Görselleştirme ile Çift-YTA (GGÇ-YTA) yöntemi; literatürde mevcut olan Geliştirilmiş Görselleştirme ile YTA (GG-YTA) yöntemi ve Çift YTA yaklaşımının bir kombinasyonu olarak ortaya atılmıştır. Bu yöntemle zaman serileri üç eşit parçaya ayrılarak, her bir alt dönem arasındaki eğilim farklılıkları görsel olarak analiz edilmektedir ve böylece trendin yönü kadar sürekliliği de değerlendirilebilmektedir. Yeni kombine grafikle birlikte GG-YTA yönteminin veri sayısı odaklı trend analizi özelliği kullanılırken eş zamanlı olarak Ç-YTA yönteminin de çoklu trend analizi yaklaşımı ile blok haldeki trendin stabilitesi ortaya koyulmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Mann-Kendall Yöntemi

Mann-Kendall (MK) yöntemi (Mann, 1945; Kendall, 1970), çevre verileri, iklim verileri veya hidrolojik verilerin serilerinde monotonik trendleri tespit etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. H_0 hipotezi, trend olmadığını, H_1 hipotezi ise, verilerin monotonik bir trende sahip olduğunu ifade etmektedir. Mann-Kendall testi sonucunda, eğilimin yönünü ve anlamlılığını belirlemek için standartlaştırılmış test istatistiği olan Z_{MK} (Z Mann-Kendall) değeri hesaplanmaktadır. Bu değer, gözlenen trendin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemede kullanılır. $Z\alpha/2$ ise, seçilen güven düzeyine göre kritik Z değerini ifade eder (örneğin %95 güven düzeyi için $Z\alpha/2 \approx \pm 1.96$). Z_{MK} değeri, bu kritik sınırların dışına çıktığında, zaman serisinde istatistiksel olarak anlamlı bir artan ya da azalan trend eğilimi olduğu kabul edilir. Bu da, değişkenin zamanla sistematik bir şekilde artma ya da azalma yönünde değiştiğini gösterir. $|Z_{MK}| > |Z_{\alpha/2}|$ ise trend var demektir. Bu çalışmada Mann-Kendall testi yalnızca $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde uygulanmış ve değerlendirmeler bu eşik temel alınarak yapılmıştır.

2.2. Runs Testi

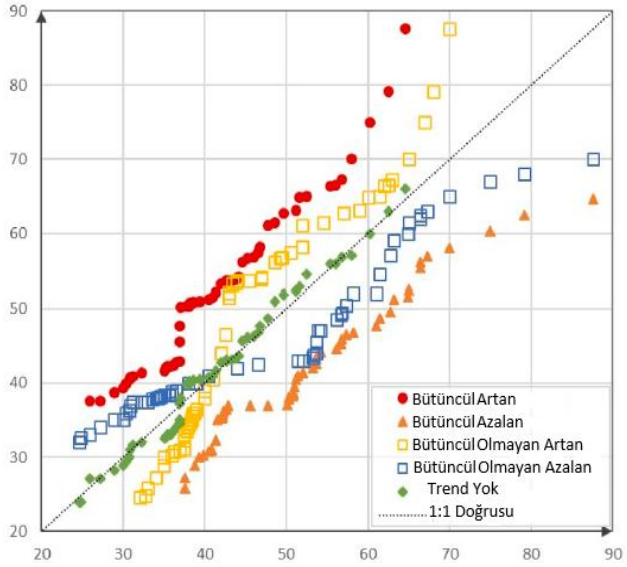
Zaman serilerinin istatistiksel homojenliğini değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olanı, verilerin sıralı yapısına dayanan Runs (Koşullar) Testidir (Swed & Eisenhart, 1943). Bu testte önerilen hipotez, aynı zaman serisindeki verilerin aynı kümeden geldiği ve homojen olduğudur. Testin uygulanması öncesinde, medyan değeri bulunur. Testin H_0 hipotezi, verilerin aynı dağılımdan geldiğini, yani serinin homojen olduğunu kabul ederken; H_1 hipotezi, seride yapısal bir değişiklik veya düzensizlik bulunduğunu öne sürer. Analize başlamadan önce serinin medyan değeri belirlenir ve her gözlem medyanın üstünde (+) ya da altında (–) olacak şekilde işaretlenir. Bu işaretlere göre oluşan ardışık grupların sayısı, yani run sayısı (Z_r) hesaplanır (Denklem 1). Daha sonra, zaman serisindeki verilerin medyan değerinin üstünde mi yoksa altında mı olduğu kontrol edilir. Diğer bir ifade ile Z_r değerinin +1.96 ile -1.96 değerleri arasında kalması homojen olduğunu göstermektedir.

$$Z_r = \frac{r - \frac{2N_a N_u}{N_a + N_u} + 1}{\sqrt{\frac{2N_a N_u (2N_a N_u - N)}{N^2 (N-1)}}} \quad (1)$$

Buradaki r, gözlenen run (koşul) sayısıdır. Medyan değerine göre sıralanan seride, ardışık olarak art arda gelen aynı işaretlerin oluşturduğu grupların toplam sayısını ifade eder. N ise serideki toplam gözlem sayısıdır ve $N=N_a + N_u$ şeklinde hesaplanır. Na, zaman serisinde medyanın altında kalan gözlem sayısıdır ve genellikle (–) işaretiyle gösterilir. Nu da zaman serisinde medyanın üstünde kalan gözlem sayısıdır, genellikle (+) işaretiyle gösterilir.

2.3. Yenilikçi trend analizi (YTA) yöntemi

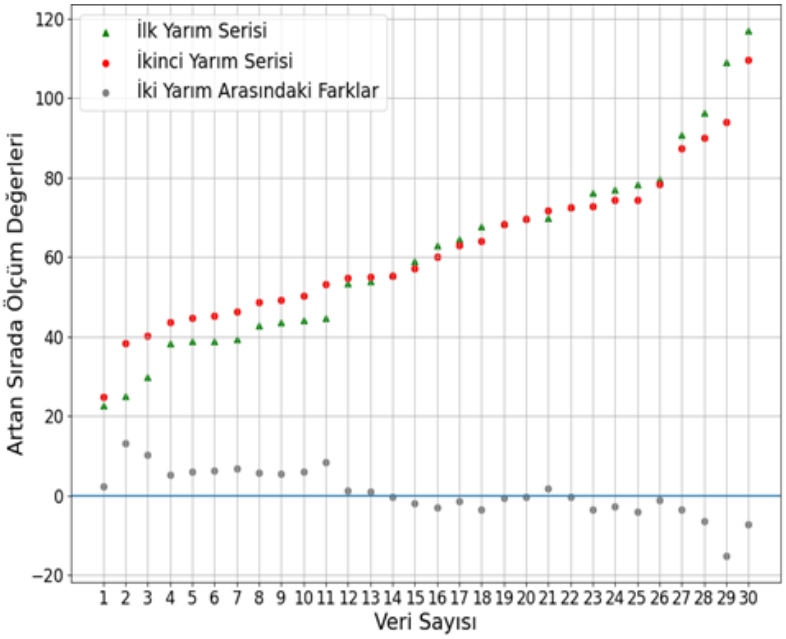
YTA yöntemi (Şen, 2012), trend analizinde monotonik (bütüncül) veya monotonik olmayan artan veya azalan trendleri göstermektedir. Bütüncül artan, bütüncül azalan, bütüncül olmayan artan, bütüncül olmayan azalan ve trend yok tipleri bu yöntem kullanılarak kolayca tespit edilebilmektedir. Bu yöntem, veri sayısı az olduğunda bile trendleri kolayca gösterebilmektedir. Zaman serisi iki eşit parçaya bölünür. Her eşit parça artan şekilde sıralanır, böylece aynı sayıda elemana sahip iki sıralanmış dizi elde edilir. Bu iki sıralı dizi, yatay ve dikey eksen üzerinde olacak şekilde saçılım grafiği çizilir. Şekil 1'de görüldüğü üzere veri saçılımları 1:1 doğrusu üzerinde ise trend yok demektir. Saçılımlar 1:1 doğrusunun tamamen altında kalıyor ve doğrudan giderek uzaklaşıyorsa bütüncül azalan trend var demektir. 1:1 doğrusunun tamamen üstünde kalıyor ve doğrudan giderek uzaklaşıyorsa bütüncül artan trend vardır. Bütüncül olmayan artış ve azalış durumları ise Şekil 1'de gösterildiği şekildedir (Saplıoğlu & Güçlü, 2022).



Şekil 1: YTA yönteminde artan, azalan ve trend olmayan durumlar

2.4. Geliştirilmiş YTA Yöntemi

Şen (2012) tarafından tasarlanan klasik YTA yöntemi, verinin boyutunu (sayısını) belirtmez. Güçlü (2020) YTA yöntemini temel alan yeni bakış açısı geliştirerek literatüre katkıda bulunmuştur. Geliştirilmiş YTA yöntemi yalnızca belirtilen trendleri değil, aynı zamanda verinin boyutunu (sayısını) da göstermektedir. Bu yöntemin hesaplaması YTA'nın ilk iki aşamasını da içerir zaman serisi iki eşit parçaya bölünür. Her eşit parça artan şekilde sıralanır, böylece aynı sayıda elemana sahip iki sıralanmış dizi elde edilir. Sıralı diziler dikey eksen üzerine yerleştirilir. Yatay eksen üzerinde ise veri sayısına ait numaralandırma yer alır. Aynı işlem diğer verileri için de gerçekleştirilir. Dizili verilerin farkı alınır. Verilerin birbirinden farklı olduğu noktalardaki fark değerleri ile yatay eksendeki değerlerin kesiştiği noktalar Şekil 2'deki gibi grafik üzerine yerleştirilir. Eğer tüm farklı değerler yatay eksen üzerinde bulunuyorsa ya da yatay eksenden önemsiz rastgele sapmalarla dağılmışsa, zaman serisinde anlamlı bir trend yok demektir. Eğer farklı değerler y = 0 yatay çizgisinin üstünde (altında) ise, anlamlı bir şekilde artan (azalan) bir trend vardır. Şen'in YTA yöntemindeki gibi ilk yarım ve ikinci yarım olarak ikiye ayrılan veriler ilgili veri numarasına denk gelecek şekilde Şekil 3'teki gibi grafik üzerine yerleştirilir. Bu yöntemde y = 0 ekseni Şen'in YTA yöntemindeki 1:1 doğrusu ile aynı görevi yerine getirmektedir. Eksenin üst tarafı (alt tarafı) artan (azalan) trend bölgesini ifade etmektedir. Eksen etrafındaki saçılım değerleri de trend yok anlamına gelmektedir.

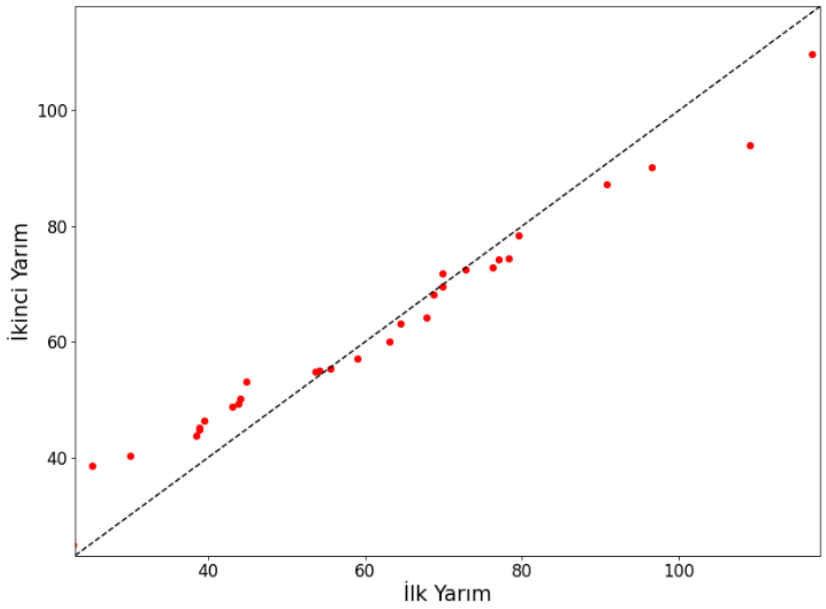


Şekil 2: Geliştirilmiş YTA yöntemiyle örnek trend analizi

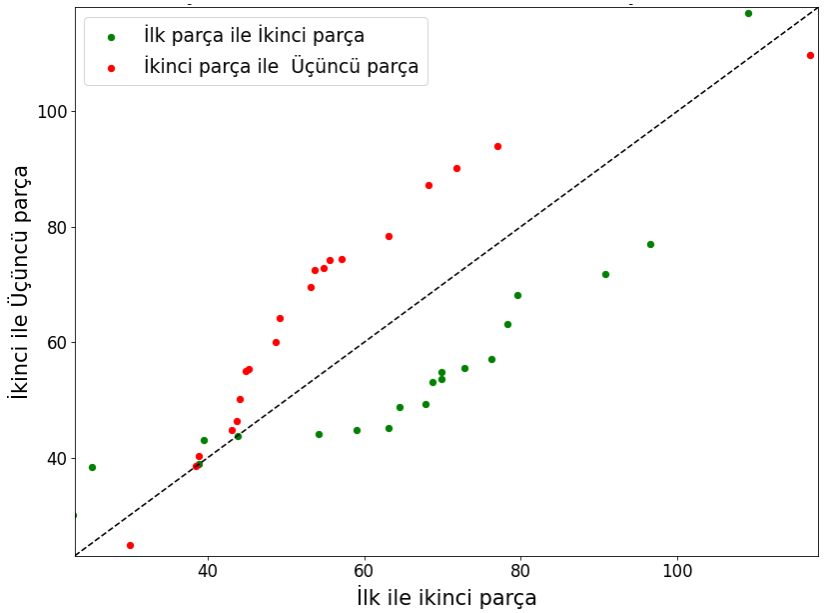
2.5. Çift YTA yöntemi

Güçlü (2018a) ve Şen (2012) zaman serilerindeki trendlerin istikrarlı olup olmadığını görebilmek için YTA yöntemini baz alarak Çift YTA (Ç-YTA) yöntemi üzerine çalışmıştır. YTA yönteminde zaman serisi iki parçaya bölünerek incelenirken, bu yöntemde üç parçaya bölünerek ilk parça ile ikinci parça ve ikinci parça ile üçüncü parça birlikte incelenmektedir. Her parça artan (veya azalan) sıraya göre sıralanır. İki saçılım verisi tek bir grafikte çizilir, ilk kısım ikincisiyle, ikinci kısım üçüncüyle karşılaştırılır. İlk kısım ile ikinci kısım arasındaki ve ikinci kısım ile üçüncü kısım arasındaki trend koşulları ayrı ayrı görüntülenir.

YTA yöntemiyle bulunan trend eğilimi, Ç-YTA yöntemiyle farklı bir sonuç verebilmektedir. Örneğin, YTA yönteminde trend yok eğilimine sahip herhangi bir zaman serisi olabilir, ancak aynı zaman serisinin parçaları Ç-YTA yaklaşımına göre artan (azalan) trend eğiliminde olabilir. Şekil 3'te bir zaman serisi için YTA yöntemiyle trend olmadığı gözlemlenmektedir. Şekil 4'te Ç-YTA yöntemiyle oluşturulan grafikte ilk kısımda (ikinci kısımda) azalan (artan) trend görülmektedir. Sonuç olarak trend eğiliminin istikrar (stabil) olup olmadığı görülebilmektedir.



Şekil 3: YTA yöntemiyle örnek trend analizi

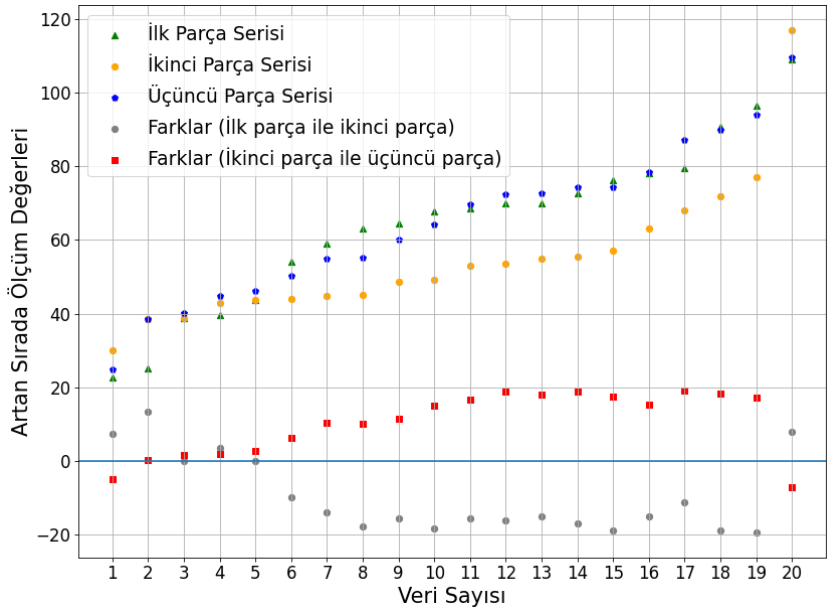


Şekil 4: Ç-YTA yöntemiyle örnek trend analizi

2.6. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Çift-YTA (GGÇ-YTA) Yöntemi

Bu çalışmada sunulan yöntem, Geliştirilmiş YTA (Güçlü, 2020) ve Ç-YTA (Güçlü, 2018a) yöntemlerinin birleşiminden ortaya çıkarılmıştır. Dolayısıyla zaman serilerindeki hem trendlerin stabilitesi hem de bu serilerdeki verilerin boyutu ve sayısı aynı anda ilk defa görülebilecektir (Şekil 5). Geliştirilmiş Ç-YTA yönteminin altı adımda aşağıda sıralanmıştır:

- Herhangi bir zaman serisi verisi üç alt seriye bölünür.
- Daha sonra, her parça artan (veya azalan) sıraya göre sıralanır.
- Her parçaya ait saçılım grafiği çizilir.
- Geliştirilmiş YTA yönteminde olduğu gibi parçalar arasındaki farklar y=0 doğrusu üzerinde gösterilir. Bu yöntemde farklı olarak ilk parça ile ikinci parça ve ikinci parça ile üçüncü parça farkları birlikte gösterilir.
- Eğer tüm farklı değerler yatay eksen üzerinde bulunuyorsa ya da yatay eksenden önemsiz rastgele sapmalarla dağılmışsa, zaman serisinde anlamlı bir trend yok demektir.
- Eğer farklı değerler y=0 yatay çizgisinin üstünde (altında) ise, anlamlı bir şekilde artan (azalan) bir trend vardır.



Şekil 5: Geliştirilmiş görselleştirme ile Ç-YTA örneği

2.7. Python Programlama Dili

Python programlama dili, son yılların en popüler programlama dillerinden biridir ve mühendislik, istatistik ve özellikle yapay zekâ gibi alanlarda oldukça yaygın olarak tercih edilmektedir. Python programlama dili, 1980'li yılların sonunda Hollanda'da bulunan Centrum Wiskunde & Informatica'da Guido van Rossum tarafından geliştirilmiştir. Sade ve anlaşılır sözdizimi, yazılım geliştirme sürecini hızlandırmakta; kapsamlı kütüphane ve modül desteği ise dilin işlevselliğini artırmaktadır. Bu sebeplerle son yıllardaki kullanımı yaygınlaşmıştır. Python, inşaat mühendisliği alanında veri analizi, simülasyon, optimizasyon, veri görselleştirme, yapay zekâ uygulamaları ve daha birçok alanda kullanılabilmektedir. Bu çalışmada yukarıda bahsi geçen yöntemlerin uygulaması için Python Programlama Dili kullanılarak analizler ve görselleştirmeler yapılacaktır.

3. Uygulama

3.1. Çalışma Alanı ve Veriler

Türkiye'de yıl boyunca çeşitli iklim tipleri ve dört mevsim görülmektedir. Subtropikal ve ılıman bir bölgede yer aldığı için ülkede üç iklim tipi hâkimdir. Bunlardan biri olan Akdeniz iklimi, Akdeniz bölgesi, Ege kıyıları ve Marmara Denizi çevresinde hâkimdir. Bu iklim tipinin en belirgin özelliği, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olmasıdır. İkinci iklim tipi ise kuzeyde özellikle Karadeniz kıyıları boyunca tüm mevsimlerde yağışlara sebep olmaktadır. İlgili bölge yıl boyunca kuzey ve kuzeybatı yönlerinden gelen nemli hava kütlelerinin etkisi altındadır. Karadeniz'in doğu kesiminde yılda 2500 mm'ye kadar yağış görülebilmektedir. Üçüncü olarak, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'nun büyük bir kısmında karasal iklim tipi görülür. Yaz ayları sıcak ve kurak ancak kış ayları soğuk ve kar yağışlıdır. Bu iklim tipinde, yıllık ve günlük sıcaklık farkları yüksektir. Özellikle doğu bölgelerinde, kar uzun süre yerde kalabilmektedir. Bu çalışmada uygulama için Türkiye'nin farklı yerlerindeki yağış istasyonlarından alınan ölçümler kullanılmıştır.

Veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından 1961 ile 2020 yılları arasındaki altmış yıllık dönemi kapsamaktadır. Çanakkale, Çorlu, Dikili, Dörtyol, Edirne, İnebolu, Niğde, Şanlıurfa, Yozgat ve Zonguldak istasyonlarından alınan günlük maksimum yağışlar (mm) dikkate alınmıştır (Şekil 6). Bu çalışmada, yalnızca uzun süreli, homojenlik testinden geçmiş ve bölgesel çeşitliliği mümkün olduğunca önceleyen güvenilir yağış verilerine sahip istasyonlar seçilmiştir. Ek olarak, temsiliyetin sınırlı olduğu bilinciyle, elde edilen sonuçlar bu kapsamda değerlendirilmiştir. Tablo 1'de istasyonlara ait enlem, boylam, rakım (m) ve havza bilgilerine ek olarak, günlük maksimum yağış verilerine ait minimum, maksimum, ortalama, medyan ve standart sapma gibi tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur. Ayrıca, yağış zaman serilerinin ardışık günler arasındaki bağımlılığını ortaya koymak amacıyla bir gecikmeli (lag-1) otokorelasyon katsayıları (R) da tabloya dahil edilmiştir.



Şekil 6: İstasyonların Türkiye üzerinde konumları

Tablo 1: İstasyonlara ait coğrafik ve istatistiki veriler (mm)

İstasyon	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Havza	Min.	Maks.	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	R
Çanakkale	40.141	26.3993	6	Marmara	14.5	151.4	63.46	56.85	25.89	0.270
Çorlu	41.1798	27.816	145	Ergene	26.1	111.3	50.63	45.9	18.93	0.092
Dikili	39.0737	26.888	3	Kuzey Ege	22.7	117	61.5	59.55	20.88	0.011
Dörtyol	36.8244	36.1981	29	Asi	34.2	206.7	83.42	78.6	29.92	-0.038
Edirne	41.6767	26.5508	51	Ergene	24	119.8	53.04	49.1	17.61	0.113
İnebolu	41.9789	33.7636	64	Batı Karadeniz	34.3	135.9	71.74	68.55	21.35	0.303
Niğde	37.9587	34.6795	1211	Konya	12.4	54.5	26.81	25.15	8.76	-0.080
Şanlıurfa	37.1608	38.7863	550	Fırat-Dicle	23.3	120.2	45.58	40.65	17.9	-0.088
Yozgat	39.8243	34.8159	1301	Kızılırmak	24.7	68	38.69	37	10.5	0.051
Zonguldak	41.4492	31.7779	135	Batı Karadeniz	37.4	158.1	88.04	83.75	28.63	-0.090

4. Bulgular ve Tartışma

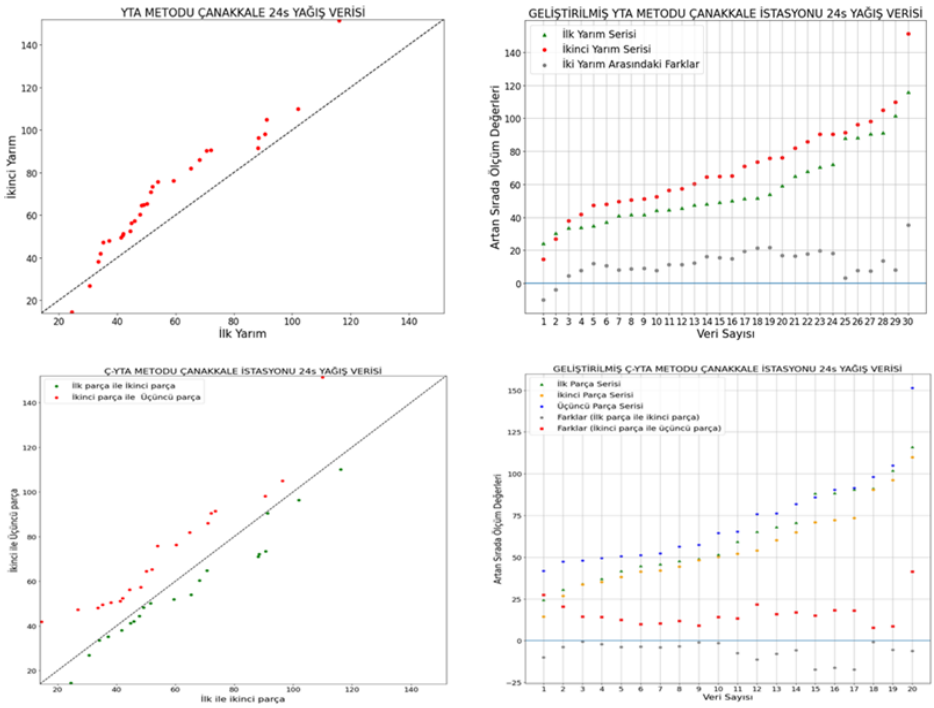
İklim değişikliği, hidrolojik döngüde yapısal değişimlere yol açarak ekstrem yağış olaylarının sıklığı ve şiddetini artırmaktadır; bu nedenle günlük maksimum yağış verilerindeki uzun dönemli eğilimlerin analizi, taşkın yönetimi ve iklimsel planlama açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Çanakkale, Çorlu, Dikili, Dörtyol, Edirne, İnebolu, Niğde, Şanlıurfa, Yozgat ve Zonguldak istasyonlarından toplanan yağış verilerine ait trendler araştırılmıştır. Bu amaçla ilk olarak zaman serisi grafikleri incelenmiş olup ardından homojenlik ve MK testlerinin sonuçları incelenmiştir. Ardından YTA ve türevleri (geliştirilmiş YTA, Ç-YTA ve geliştirilmiş Ç-YTA) ile trend analizleri gerçekleştirilmiştir.

Analizlerde MGM'den alınan 1961-2020 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. YTA ve geliştirilmiş YTA yöntemleri uygulanırken veriler ikiye bölünmüştür. 1961-1990 yılları arasındaki veriler ilk yarım, 1991-2020 arasındaki veriler ise ikinci yarım verileri olarak kullanılmıştır. Ç-YTA ve geliştirilmiş Ç-YTA yöntemlerinde, veriler üç parçaya ayrılmıştır. 1961-1980 yılları arasındaki veriler ilk parça, 1981-2000 yılları arasındaki veriler ikinci parça ve 2001-2020 yılları arasındaki veriler ise üçüncü parça verileri olarak kullanılmıştır. MK testi her istasyon için ayrı uygulanmıştır. Yapılan Runs testi sonuçlarına göre, tüm istasyonlardaki Z değerleri ±1.96 aralığında kaldığı için, verilerin zaman içindeki dağılımında anlamlı bir düzensizlik ya da yapısal bir değişiklik gözlenmemektedir. Bu da, verilerin istatistiksel olarak homojen ve rastgele bir yapıda olduğunu göstermektedir (Tablo 2). Çalışmada kullanılan veri setleri ve python analiz kodlarına GitHub deposu üzerinden erişilebilmektedir (Sarı, 2025).

Tablo 2: MK test ve Runs homojenlik testi sonuçları

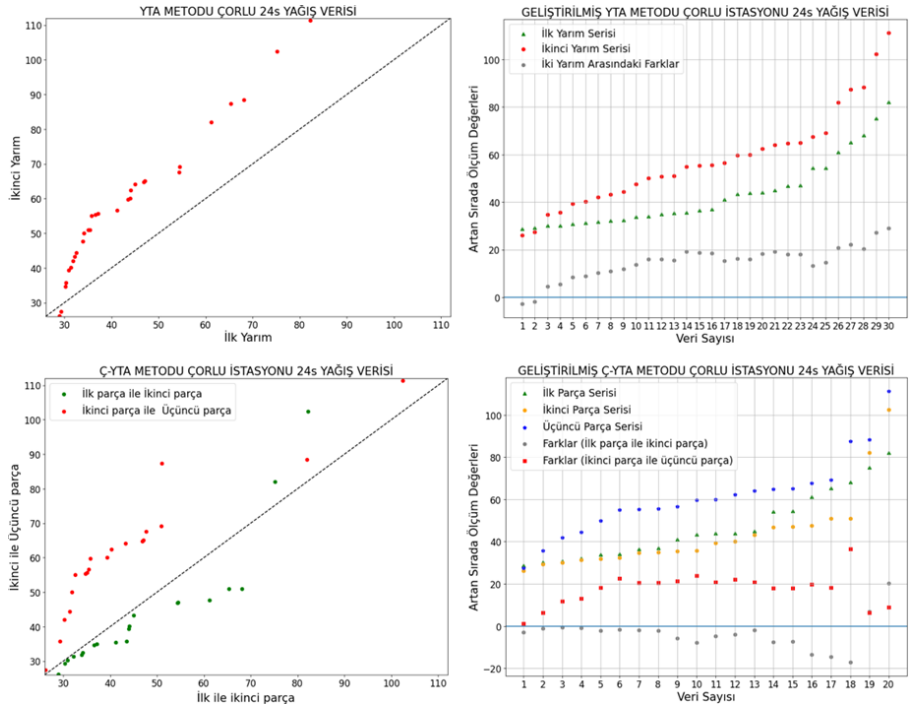
İstasyon	Z_{MK}	Trend	Runs Test (Z)
Çanakkale	0.96	Trend yok	-0.78
Çorlu	2.62	Artan trend	-0.26
Dikili	-0.26	Trend yok	-0.26
Dörtyol	3.16	Artan trend	-0.26
Edirne	2.43	Artan trend	-1.3
İnebolu	2.39	Artan trend	-0.78
Niğde	1.62	Trend yok	0.26
Şanlıurfa	-0.45	Trend yok	0.26
Yozgat	0.92	Trend yok	-0.26
Zonguldak	-0.37	Trend yok	0.26

Çanakkale istasyonu verilerinin runs testine göre homojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir (Tablo 2). Buna karşın, YTA yöntemi verilerin 1:1 doğrusunun üzerinde yoğunlaştığını göstererek bütüncül artan bir eğilime işaret etmektedir. Geliştirilmiş YTA grafiğinde pozitif farkların büyüklüğü, trendin yönü kadar boyutunun da anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. Ç-YTA grafiği incelendiğinde, ilk parça ile ikinci parça verilerinin bütüncül azalan trend gösterdiği söylenebilmektedir. İkinci parça ile üçüncü parça verilerinin, genellikle artan trend bölgesinde olduğu söylenebilmektedir. Geliştirilmiş Ç-YTA grafiğinde verilerin benzer davranışlar gösterdiği görülmektedir. GGÇ-YTA grafiğinde görüldüğü üzere ikinci parça ile üçüncü parça değerleri arasındaki genellikle pozitif olduğu, verilerin artan eğilim gösterdiği söylenebilmektedir. Ç-YTA yöntemine göre verilerin stabil bir trende sahip olmadığı sonucuna ulaşılabilmektedir. YTA ile Ç-YTA arasındaki fark, analiz ölçeğinden kaynaklanmaktadır: YTA genel eğilimi sunarken, Ç-YTA trendin dönemsel değişimini ortaya koyar. Bu farklılık, serideki olası iklimsel değişkenlik, lokal etkiler veya ani rejim kırılmalarıyla açıklanabilir (Şekil 7).

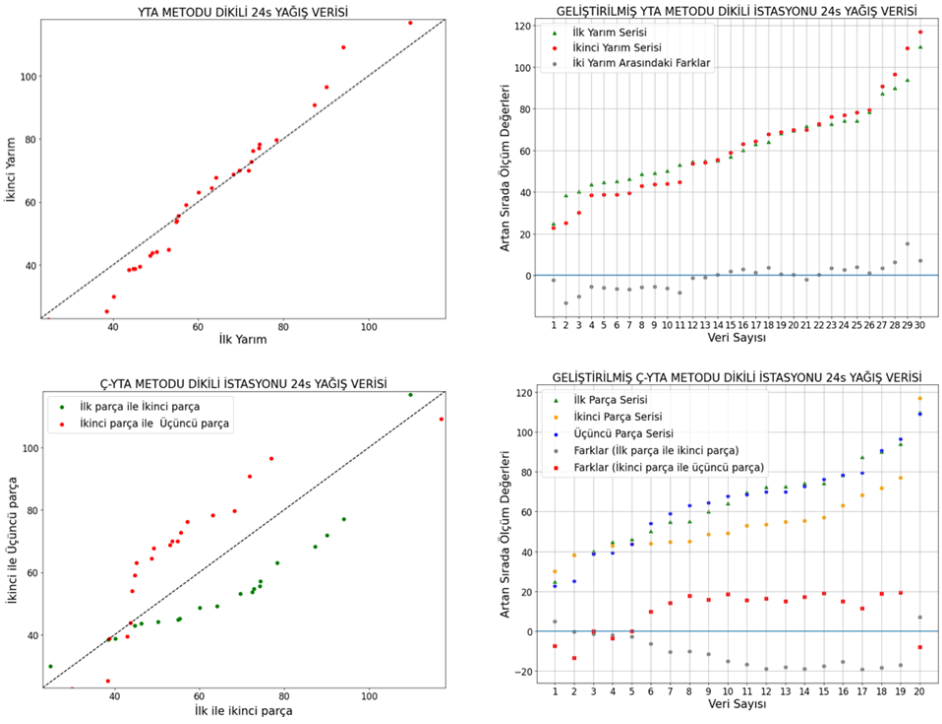


Şekil 7: Çanakkale istasyonu trend grafikleri

Çorlu istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucuna göre, artan trend eğilimi bulunmaktadır (Tablo 2). YTA grafiğinde verilerin çoğunlukla 1:1 doğrusunun üstünde yer alması, bütüncül artan bir eğilimi ortaya koymaktadır. Geliştirilmiş YTA grafiği incelendiğinde iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ç-YTA sonucuna göre, ilk parça ile ikinci parça verilerinin azalan trend eğilimde olduğu ve bütüncül azalan trend olduğu söylenebilmektedir. İkinci parça ile üçüncü parça verileri dikkate alındığında ise bütüncül artan trend olduğu söylenebilmektedir. Bunun sonucunda trendin stabil olmadığı sonucuna ulaşılabilmektedir. GGÇ-YTA'da ikinci parça ile üçüncü parça değerleri arasındaki farkın çoğunlukla pozitif değerlere sahip olduğu, ilk parça ile ikinci parça değerleri arasındaki farkın da negatif değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 8).



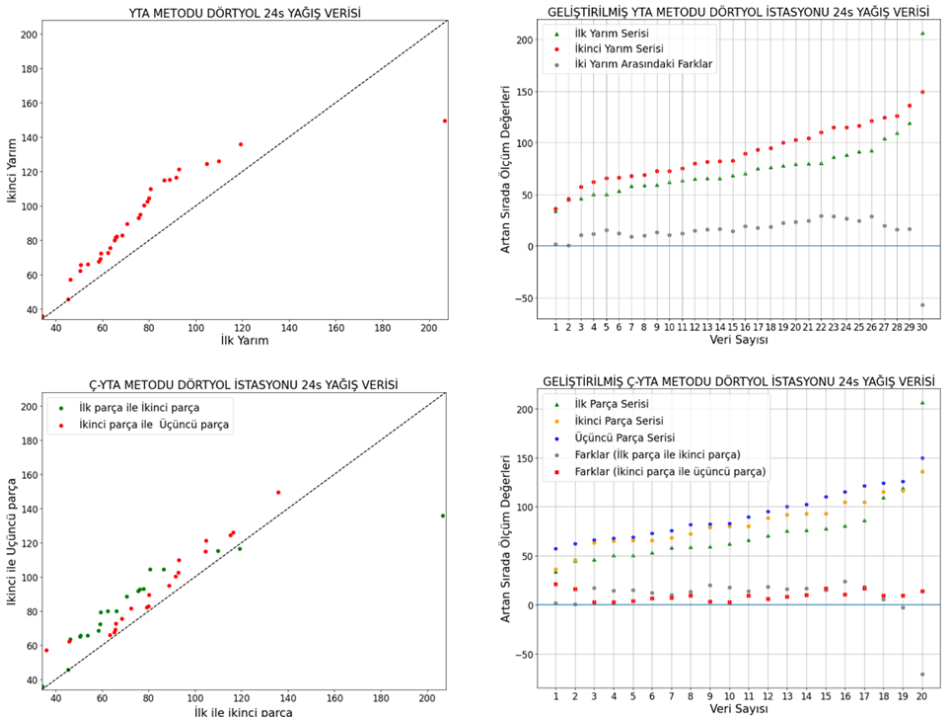
Şekil 8: Çorlu İstasyonu trend grafikleri



Şekil 9: Dikili istasyonu trend grafikleri

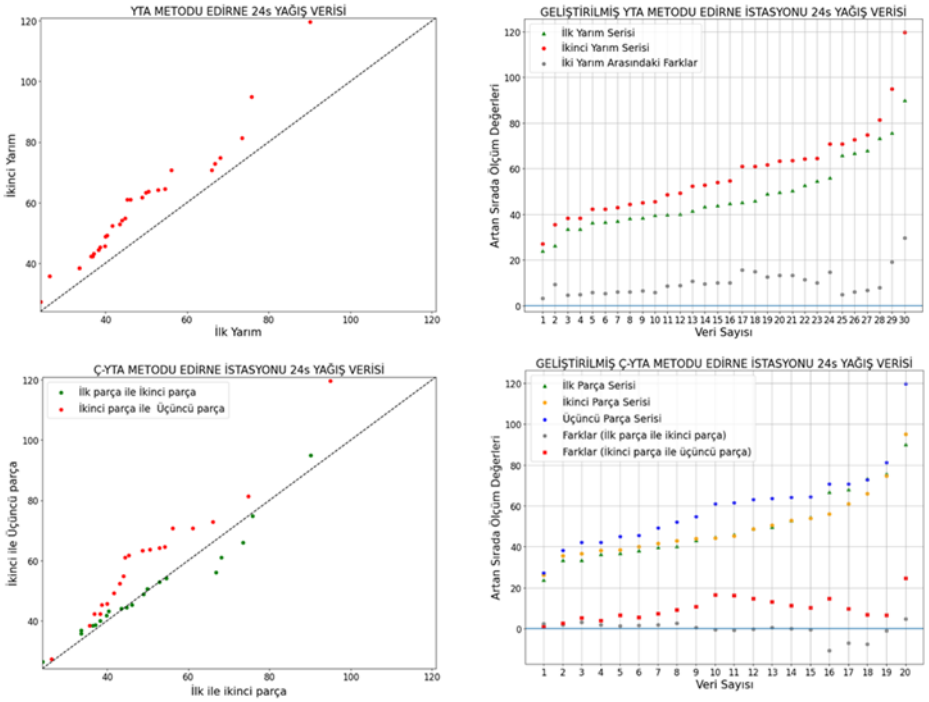
Dikili istasyonu -0.26 değeriyle runs testi sonucuna göre homojendir. Mann-Kendall testi sonucuna göre anlamlı bir artan trend eğilimi tespit edilmemiştir (Tablo 2). YTA grafiğinde, veri noktalarının azalan bölgeden artan bölgeye geçtiği görülmektedir. Bu durumda da bütüncül olmayan artan bir trendin olduğu söylenebilmektedir. Geliştirilmiş YTA grafiğinde, iki yarım arasındaki farklar incelendiğinde, negatif değerlerden pozitif değerlere doğru bir geçiş görülmektedir. Ç-YTA grafiğinde, ilk ve ikinci parça verilerinin azalan trende, ikinci parça ile üçüncü parça verilerinin ise artan trende sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu da trendin stabil olmadığını işaret etmektedir. Geliştirilmiş Ç-YTA grafiği incelendiğinde, ilk ve ikinci parçalar arasındaki farkların çoğunlukla negatif olduğu, ikinci parça ile üçüncü parça arasındaki farkların büyük kısmının pozitif bölgede olduğu görülmektedir. Bu durum, trendin zamanla artan bölgeye geçtiğini ve stabil bir yapıda olmadığını, özellikle son dönemde artış eğiliminin öne çıktığını göstermektedir (Şekil 9).

Dörtyol istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucuna göre, artan trend eğilimi bulunmaktadır (Tablo 2). YTA grafiğinde verilerin çoğunlukla 1:1 doğrusunun üstünde yer alması, bütüncül artan bir eğilimi ortaya koymaktadır. Geliştirilmiş YTA grafiğinde, iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu ve y=0 ekseninden pozitife doğru uzaklaştığı görülmektedir. Ç-YTA yöntemiyle yapılan analizde, her iki karşılaştırmalı dönemdeki veri çiftlerinin büyük çoğunluğu 1:1 referans çizgisinin üstünde ve düzenli bir dağılım göstermektedir. Bu durum yağış değerlerinde bütüncül bir artış eğiliminin hâkim olduğunu ortaya koymaktadır. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Ç-YTA grafiğinde stabil artan trend olmakla beraber ilk parça ile ikinci parça ve ikinci parça ile üçüncü parça değerleri arasındaki farkların y=0 doğrusunun üstünde olduğu söylenebilmektedir (Şekil 10).



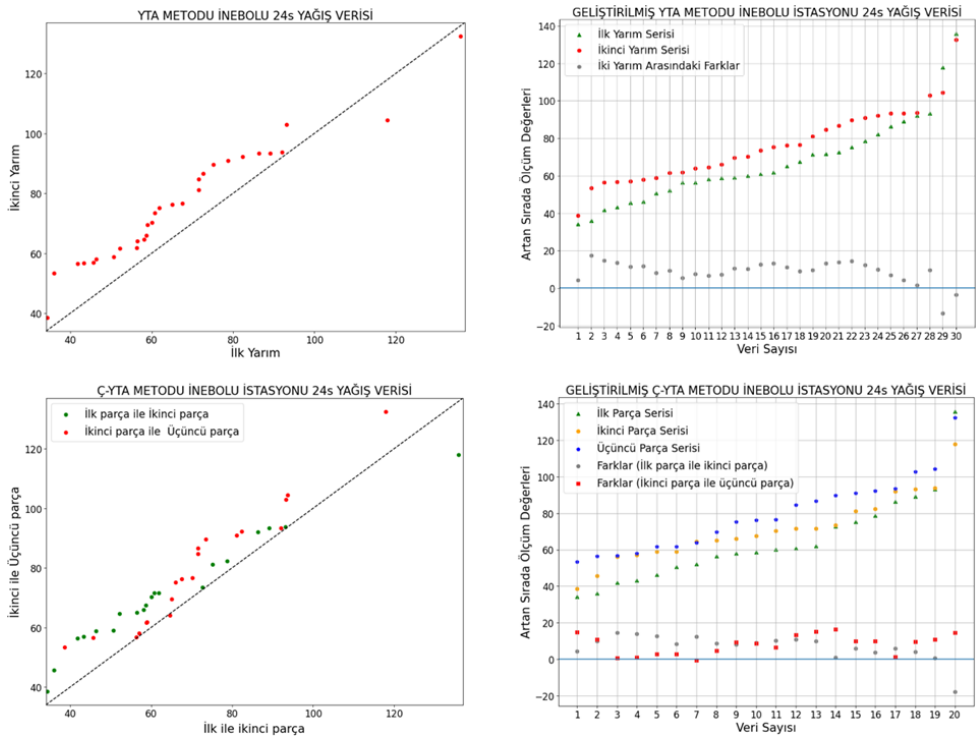
Şekil 10: Dörtyol istasyonu trend grafikleri

Edirne istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucuna göre, artan trend eğilimi bulunmaktadır (Tablo 2). YTA sonucuna göre bütüncül artan trend olduğu görülmektedir. Geliştirilmiş YTA grafiğinde, iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu ve y=0 ekseninden pozitife doğru uzaklaştığı görülmektedir. Ç-YTA yöntemi incelendiğinde ikinci parça ile üçüncü parça verilerinin bütüncül artan trend eğiliminde olduğu söylenebilmektedir. İlk parça ile ikinci parça verileri 1:1 doğrusu üzerinde bulunmaktadır. Bu durumda ilk parça ile ikinci parça verileri için trend yok sonucuna ulaşılabilmektedir. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Ç-YTA grafiğinde ise ilk parça ile ikinci parça verileri arasındaki farkların önce pozitif bölgede bulunduğu sonra negatif bölgeye geçiş yaptığı görülmektedir. GGÇ-YTA grafiğine göre üç adet veri değeri dışında genellikle ilk parça ile ikinci parça arasındaki farkların az olduğu ve y=0 doğrusuna oldukça yakın olduğu görülmektedir. İkinci parça ile üçüncü parça arasındaki farkların çoğunlukla pozitif olduğu ve y=0 doğrusundan uzaklaştığı görülmektedir. Bu durumda trendin stabil olmadığı sonucuna ulaşılabilmektedir (Şekil 11).



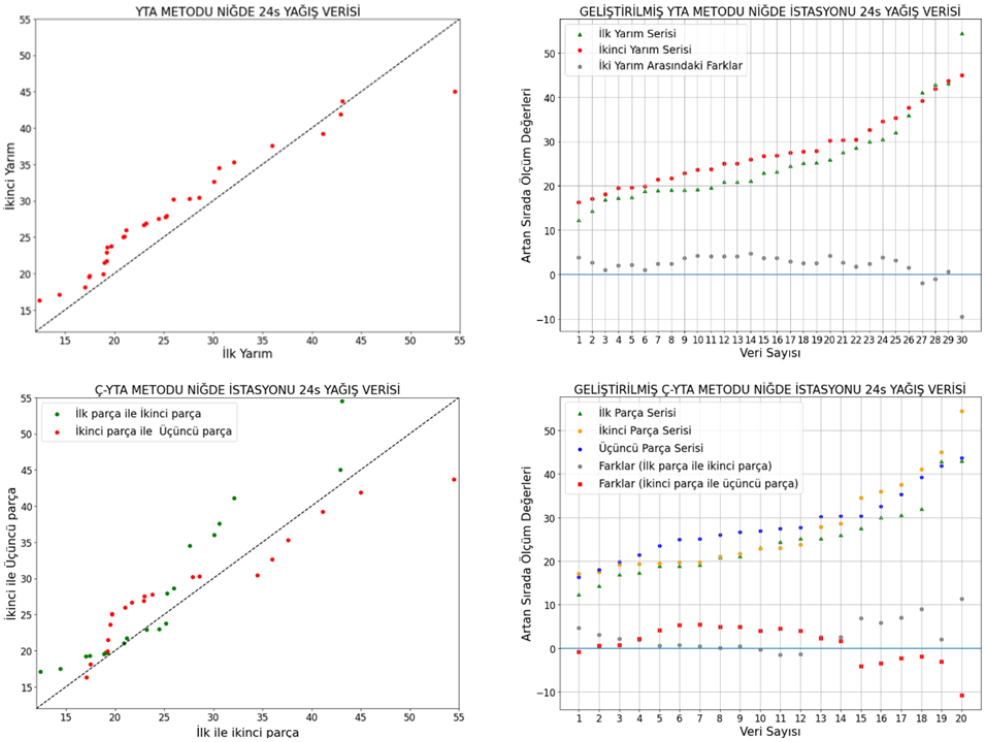
Şekil 11: Edirne istasyonu trend grafikleri

İnebolu istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. İnebolu İstasyonu'nun diğer istasyonlara göre R değeri çok küçük bir farkla 0,3'ten büyük çıkmıştır (Tablo 1). İçsel bağımlılık için sınır değer olan 0,3'e çok yakın bir değer olduğundan ön beyazlatma işlemine gerek duyulmamıştır. Dolayısıyla doğrudan trend analizlerine doğrudan geçilmiştir. MK testi sonucuna göre, artan trend eğilimi bulunmaktadır (Tablo 2). YTA sonucuna göre bütüncül artan trend olduğu görülmektedir. Geliştirilmiş YTA grafiğinde, iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu ve y=0 ekseninin üstünde olduğu görülmektedir. Ç-YTA yöntemi ile yapılan analizde zaman serisinin her iki dönemsel karşılaştırmasında da yağış değerlerinin arttığı görülmektedir. Hem ilk parça ile ikinci parça, hem de ikinci parça ile üçüncü parça arasındaki veri çiftlerinin çoğunluğu 1:1 referans çizgisinin üzerinde yer almakta ve düzenli bir artış eğilimini göstermektedir. Bu durum, İnebolu'da son 60 yıllık süreçte günlük maksimum yağışlarda kararlı ve bütüncül artış eğiliminin hâkim olduğunu ortaya koymaktadır. GGÇ-YTA grafiğinde stabil artan trend olmakla beraber ilk parça ile ikinci parça ve ikinci parça ile üçüncü parça değerleri arasındaki farkların y=0 doğrusunun üstünde olduğu söylenebilmektedir (Şekil 12).



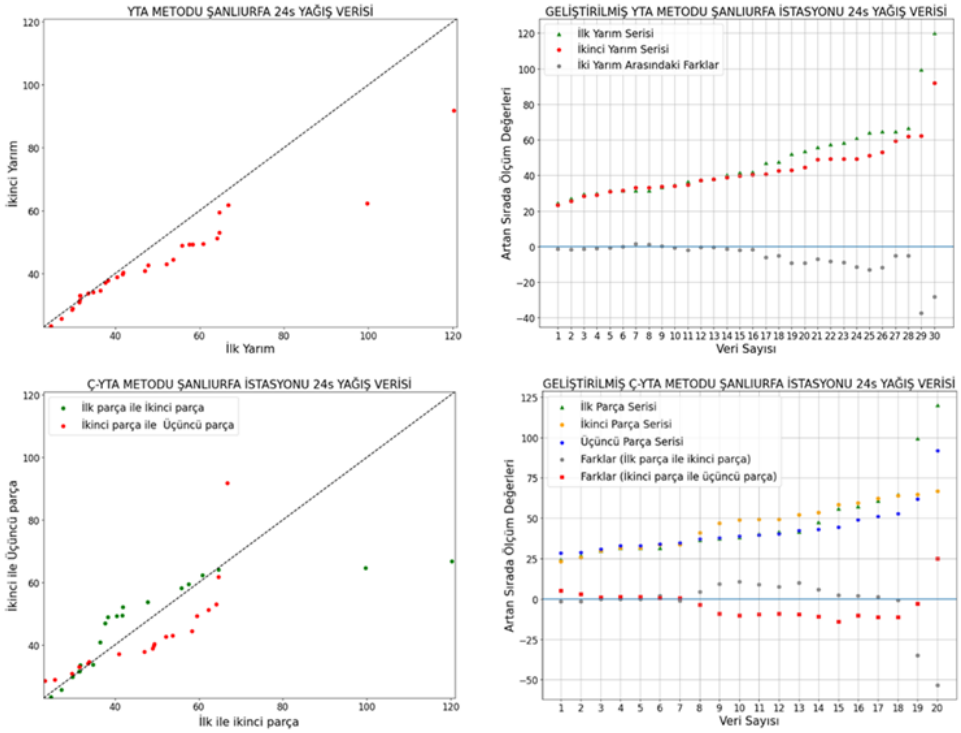
Şekil 12: İnebolu istasyonu trend grafikleri

Niğde istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir (Tablo 2). YTA sonucuna göre bütüncül artan trend olduğu görülmektedir. Geliştirilmiş YTA grafiğinde, iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu ve y=0 ekseninin üstünde olduğu görülmektedir. Ç-YTA yöntemi incelendiğinde ilk parça ile ikinci parça verilerinde artan trend olduğu söylenebilmektedir. İkinci parça ile üçüncü parça verileri için bütüncül olmayan azalan trend olduğu söylenebilmektedir. Trendin stabil olmadığı sonucuna ulaşılabilmektedir. GGÇ-YTA grafiği de Ç-YTA sonuçlarını desteklemektedir. Ç-YTA yönteminde iç içe geçmiş olan bazı verilerin sayısı GGÇ-YTA grafiğinde görülebilmektedir (Şekil 13).



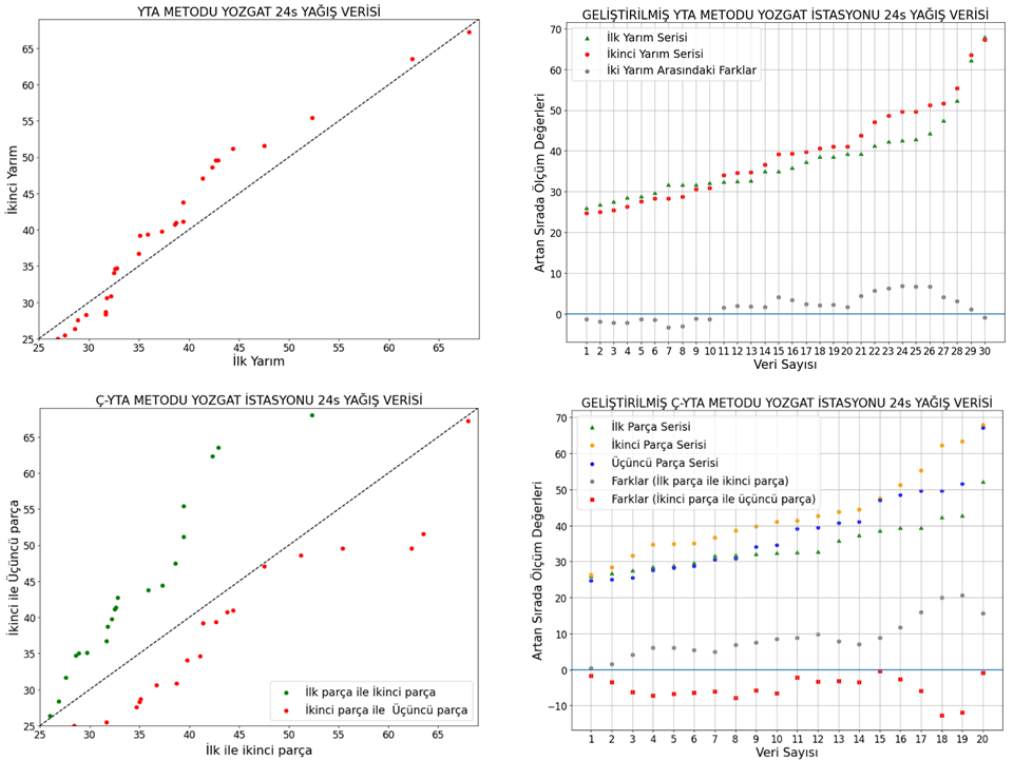
Şekil 13: Niğde istasyonu trend grafikleri

Şanlıurfa istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir (Tablo 2). YTA sonucuna göre verilerin önce 1:1 doğrusu üzerinde ilerlediği ancak sonra azalan bölgeye kaydığı görülmektedir. Geliştirilmiş YTA grafiğine bakıldığında ilk yarım ile ikinci yarım arasındaki farkların, veri sayısının yarısında trend yok eğilimi, diğer yarısında ise azalan trend eğilimi gösterdiği söylenebilmektedir. Bu durumda artan bir trend olmadığı görülmektedir. Ç-YTA yöntemine göre ilk parça ile ikinci parça değerlerinde bütüncül olmayan artan trend olduğu söylenebilmektedir. İkinci parça ile üçüncü parça verilerine bakıldığında ise bütüncül olmayan azalan trend olduğu söylenebilmektedir. GGÇ-YTA yöntemi, ilk parça ile ikinci parça trend sonucunu desteklemektedir. İkinci parça ile üçüncü parça verilerine bakıldığında, ilk verilerin trend yok eğilimine sahip olduğu sonradan azalan trend eğilimi gösterdiği söylenebilmektedir. Trendin stabil olmadığı görülmektedir (Şekil 14).



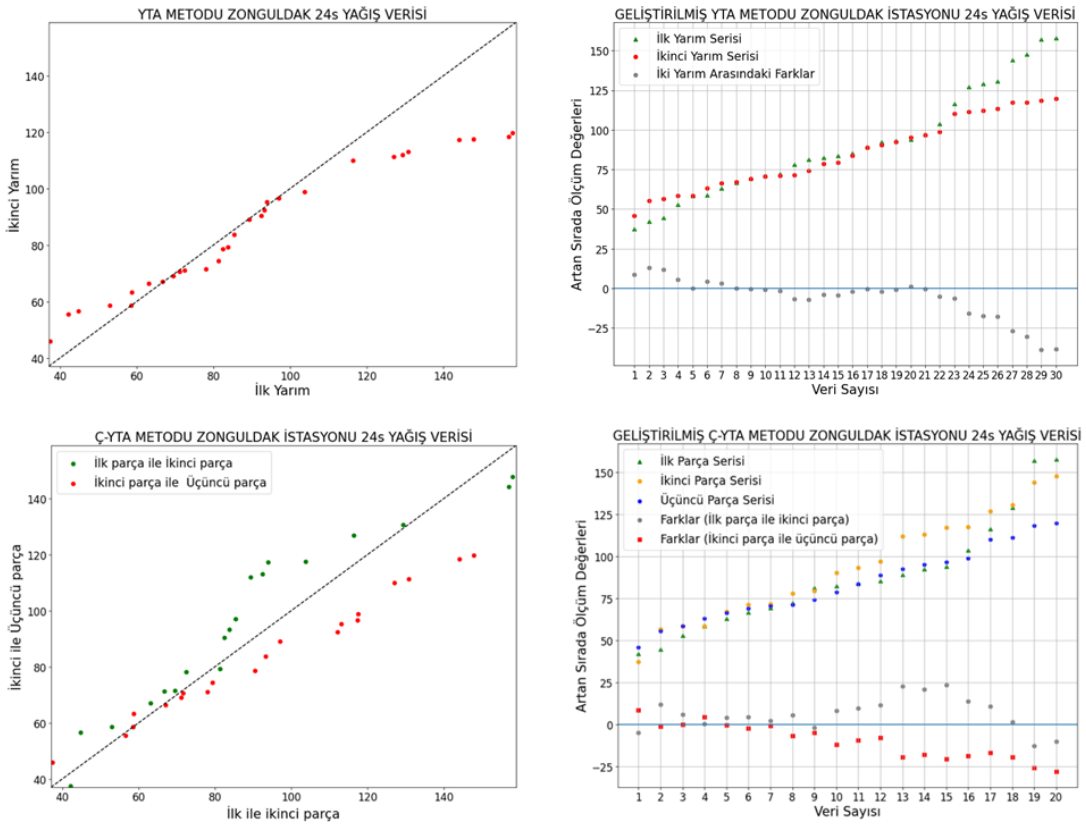
Şekil 14: Şanlıurfa istasyonu trend grafikleri

Yozgat istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir (Tablo 2). YTA ve Geliştirilmiş YTA sonuçlarına göre bütüncül olmayan artan trend olduğu söylenebilmektedir. Ç-YTA ve GGÇ-YTA grafiklerine bakıldığında ilk parça ile ikinci parça verilerinin bütüncül artan trend eğilimi gösterdiği söylenebilmektedir. İkinci parça ile üçüncü parça verilerinin de bütüncül azalan trend eğilimi gösterdiği sonucuna ulaşılabilmektedir. Aynı zamanda trendin stabil olmadığı görülmektedir (Şekil 15).



Şekil 15: Yozgat istasyonu trend grafikleri

Zonguldak istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir (Tablo 2). YTA ve Geliştirilmiş YTA grafiklerine göre bütüncül olmayan azalan trend eğilimi olduğu söylenebilmektedir. Çift YTA analizinde, ilk iki dönem arasında anlamlı bir eğilim bulunmamaktadır; veri noktaları referans çizgisine yakın dağılmıştır. Ancak 1981–2000 ile 2001–2020 yılları arasındaki karşılaştırmada, veri çiftlerinin büyük çoğunluğu 1:1 referans doğrusunun altında yer almaktadır. Bu durum, son dönemde yağışların azalma eğiliminde olduğunu ve trendin bütüncül olmayan azalan bir yapıya dönüştüğünü göstermektedir. Böylece Zonguldak için trendin zaman içinde değiştiği (stabil olmadığı) ve azalan yönlü bir yapıda olduğu görülmektedir. GGÇ-YTA grafiğinde hem ilk parça ile ikinci parça verileri hem de ikinci parça ile üçüncü parça verileri arasındaki farkların başlarda y=0 doğrusuna yakın olduğu, sonrasında pozitif ve negatif bölgelere kaydığı görülmektedir. Bu durumda trendin stabil olmadığı sonucuna ulaşılabilmektedir (Şekil 16).



Şekil 16: Zonguldak istasyonu trend grafikleri

Trend analizi konusunda literatürde önemli katkıya sahip olan Şen (2012), Yenilikçi Trend Analizi (YTA) yöntemini ortaya koymuştur. Bu yöntem, zaman serisini iki eşit parçaya bölerek grafiksel karşılaştırma yoluyla trendin yönünü (artan, azalan, yok) ve karakterini (bütüncül veya bütüncül olmayan) parametrik olmayan bir yaklaşımla değerlendirmektedir. Güçlü (2018b) ise zaman serisini üç parçaya bölüp Çift-YTA (Ç-YTA) uygulamasıyla trendin zaman içindeki stabilitesini ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu yaklaşım sayesinde aynı seride farklı dönemler için birbirinden farklı eğilimlerin gözlemlenebileceği gösterilmiştir. Güçlü (2020) çalışmasında ise, YTA'ya veri sayısının etkisini entegre eden geliştirilmiş görselleştirme teknikleri sunulmuştur. Böylece, yalnızca trendin yönü değil, trendin yoğunluğu ve yayılımı da grafiksel olarak değerlendirilmiştir. Güçlü (2020) tarafından önerilen görselleştirmeye dayalı yeni trend analiz yöntemi, klasik MK ve YTA testlerine kıyasla düşük ve yüksek alt grupları ayrımında trendleri daha ayrıntılı biçimde ortaya koymuş; özellikle farklı iklim bölgelerinde değişen eğilim karakterlerinin grafiksel olarak daha sezgisel şekilde analiz edilmesine olanak sağlamıştır. Pir vd. (2024) tarafından Sakarya Havzası'nda yürütülen çalışmada, klasik Mann-Kendall (MK) ve Yenilikçi Trend Analizi (YTA) yöntemleriyle azalan ya da artan trendler saptanırken, 3B-YTA (Üç Boyutlu Yenilikçi Trend Analizi) yöntemi bu eğilimlerin zamansal olarak istikrarlı mı yoksa değişken mi olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada ise söz konusu yöntemsel yaklaşımlar ilk kez birlikte ve bütüncül bir yapıda uygulanmış, ayrıca analizlerde kullanılan verilerin hem trend yönü hem de zamansal kararlılığı istasyon bazında detaylı biçimde incelenmiştir. Bununla birlikte, veri sayılarının görselleştirilmesi de doğrudan grafiklere yansıtılarak analizlerde farkındalık sağlanmıştır.

Sonuç

Trend analizi yöntemleri yağış verilerinin incelenmesinde etkili araçlardır. Trend analizi yöntemleri kullanılarak yağış verilerindeki eğilimlerin varlığı ve türü tespit edilebilmektedir. Bu analizler sayesinde doğabilecek sorunlara karşı gerekli önlemler alınabilmektedir. Bu bölüm, elde edilen verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması sonucunda ortaya çıkan bulguları içermektedir. Elde edilen sonuçların, yağış verilerinin mevcut eğilimlerini ve gelecekteki risklerini anlamamıza yardımcı olması amaçlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan Python programlama dili, veri analizi sürecini kolaylaştırmada ve sonuçların görselleştirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin muhtelif yerlerindeki Çanakkale, Çorlu, Dikili, Dörtyol, Edirne, İnebolu, Niğde, Şanlıurfa, Yozgat ve Zonguldak istasyonlarından alınan 1961 ile 2020 yılları arasındaki günlük maksimum yağış (mm) ölçümleri kullanılmıştır. Klasik yöntemlerin yanı sıra yenilikçi yöntemler de uygulanarak alınan sonuçlar bu başlık altında paylaşılmıştır. Yapılan yöntemsel karşılaştırmalar, klasik bir yaklaşım olan Mann–Kendall testinin monotonik trendleri belirlemede istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar verdiğini, ancak bütüncül olmayan veya dönemsel dalgalanmaları

yakalamada sınırlı kaldığını göstermektedir. Buna karşılık, Yenilikçi Trend Analizi (YTA), Çift-YTA (Ç-YTA) ve Geliştirilmiş Görselleştirme ile Çift-YTA (GGÇ-YTA) yöntemleri zaman serisindeki kısa dönemli değişimleri ve yapısal kırılmaları daha yüksek duyarlılıkla ortaya koyabilmiştir. Özellikle GGÇ-YTA yöntemi, trendlerin yönü kadar kararlılığını da alt dönemler üzerinden inceleme olanağı sağlamış ve MK testine kıyasla daha ayrıntılı bir bakış açısı sunmuştur. Dolayısıyla MK testi genel eğilimlerin belirlenmesinde etkili olurken, yenilikçi yöntemler yağış trendlerinin zamansal dinamiklerini daha kapsamlı biçimde ortaya koymuştur. Analiz edilen istasyonlar özelinde elde edilen eğilimlere göre Marmara'nın kuzeybatısı ve Trakya'da yer alan Çanakkale, Çorlu ve Edirne istasyonlarında stabil olmayan bütüncül artan trend eğiliminin hakim olduğu görülmüştür. Ç-YTA metodunda ikinci parça ile üçüncü parça verilerinin, trend olmadığı veya bütüncül artan trende sahip olduğu söylenebilmektedir. Batıya gelindiğinde Dikili istasyonunda bütüncül olmayan artan trend eğilimi görüldüğü ve trendin stabil olmadığı söylenebilmektedir. Güneydeki istasyonlardan Dörtyol'da stabil olarak bütüncül artan trend olduğu görülmüştür. Şanlıurfa istasyonunun trend değerlendirmesinde trendin stabil olmadığı görülmüştür. YTA sonucu incelendiğinde trend yok ya da azalan trend davranışı olduğu söylenebilmektedir. İç Anadolu'da Niğde verilerinin stabil olmayan bütüncül artan trend eğiliminde olduğu söylenebilmektedir. Yozgat verilerinin bütüncül olmayan artan trend eğilimde olduğu ancak trendin stabil olmadığı görülmüştür. Karadeniz bölgesi sınırları içerisinde bulunan istasyonlara geçildiğinde, batıda Zonguldak verilerinin trend analizinde azalan bir eğilim görülmüştür. Trendin stabil olmadığı bütüncül olmayan azalan trend olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İnebolu için tam tersi bir durum vardır. Stabil olarak bütüncül artan trend eğilimi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak analiz edilen istasyonlarda yapılan YTA ve türevleri uygulanarak gerçekleştirilen trend analizi çoğunlukla artan trend eğiliminin hâkim olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Bu doğrultuda analiz edilen istasyonlar dikkate alındığında son altmış yılda günlük maksimum yağış değerlerinin arttığı söylenebilmektedir. İklim değişikliğinin etkilerinin Türkiye'nin farklı bölgelerinde hissedilmeye başlandığı sonucuna da ulaşılabilmektedir.

Bilgi ve Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) temin edilmiştir. Ayrıca bu çalışma Cihat Sarı'nın Yüksek Lisans Tezinden (Sarı, 2023) üretilmiştir.

Kaynaklar

Çiçek, İ., & Ataol, M. (2009). Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım. *Coğrafi Bilimler Dergisi, 7*(1), 51–64. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000094

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

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), Article 2335. https://doi.org/10.3390/w12092335

Güçlü, Y. S. (2018a). Alternative trend analysis: Half time series methodology. *Water Resources Management, 32*(7), 2489–2504. https://doi.org/10.1007/s11269-018-1942-4

Güçlü, Y. S. (2018b). Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test. *Journal of Hydrology, 566*, 685–704. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.034

Güçlü, Y. S. (2020). Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann–Kendall test and ITA. *Journal of Hydrology, 584*, Article 124674. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124674

Hussain, M. M., & Mahmud, I. (2019). pyMannKendall: A Python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. *Journal of Open Source Software, 4*(39), Article 1556. https://doi.org/10.21105/joss.01556

Hussain, M. M., Mahmud, I., & Bari, S. H. (2023). pyHomogeneity: A Python package for homogeneity test of time series data. *Journal of Open Research Software, 11*, Article 4. https://doi.org/10.5334/jors.427

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.

Karabulut, M., & Cosun, F. (2007). Kahramanmaraş ilinde yağışların trend analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi, 7*(1), 65–83. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000095

Karahan, H. (2019). Şiddet-süre-frekans bağıntıları ve kümeleme analizi yardımıyla homojen alt bölgelerin belirlenmesi: Ege Bölgesi için bir uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25*(8), 998–1013.

Kendall, M. G. (1970). *Rank correlation methods* (4th ed.). Griffin.

Lehmann, E. L., & D'Abrera, H. J. M. (2006). *Nonparametrics: Statistical methods based on ranks* (Rev. 1st ed.). Springer.

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica, 13*(3), 245–259. https://doi.org/10.2307/1907187

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

Pir, H., Ceribasi, G., & Ceyhunlu, A. I. (2024). The effect of climate change on energy generated at hydroelectric power plants: A case of Sakarya river basin in Turkey. *Renewable Energy, 223*, Article 120077. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120077

Rama, B., et al. (2022). Oceans and coastal ecosystems and their services. In H.-O. Pörtner et al. (Eds.), *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability* (pp. 379–550). Cambridge University Press.

Sam, M. G., Nwaogazie, I. L., & Ikebude, C. (2022). Climate change and trend analysis of 24-hourly annual maximum series using Mann-Kendall and Sen slope methods for rainfall IDF modeling. *International Journal of Environment and Climate Change, 12*(2), 44–60. https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i230628

Saplıoğlu, K. (2015). A new methodology for trend analysis: A case study in Burdur and Isparta, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin, 24*(10A), 3344–3351.

Saplıoğlu, K., & Güçlü, Y. S. (2022). Combination of Wilcoxon test and scatter diagram for trend analysis of hydrological data. *Journal of Hydrology, 612*, Article 128132. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128132

Sarı, C. (2023). *Python programlama dili kullanılarak günlük maksimum yağış verilerinin trend analizleri* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Sarı, C. (2025). *Tez verileri ve analiz kodları* [GitHub deposu]. https://github.com/hebelemetu/tezim

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

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

Sneyers, R. (1990). *On the statistical analysis of series of observations* (Technical Note No. 143, WMO No. 415). World Meteorological Organization.

Swed, F. S., & Eisenhart, C. (1943). Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives. *The Annals of Mathematical Statistics, 14*(1), 66–87. https://doi.org/10.1214/aoms/1177731494

Zeybekoğlu, U., & Karahan, H. (2018). Standart süreli yağış şiddetlerinin eğilim analizi yöntemleriyle incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *24*(6), 974–1004. https://doi.org/10.5505/pajes.2017.54265

Zeybekoğlu, U. (2018). Bulanık C-ortalamalar yöntemi ile Karadeniz Bölgesi standart süreli yağış şiddetlerinin kümelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *8*(1), 147–154. https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.334693