



Seasonal and annual time period precipitation trend analysis, case study of Ankara province

Mehmet Furkan Çelik¹, Murat Pınarlık^{2*}, Zeliha Seleğ²

¹Civil Engineering Graduate Program, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Gazi University, 06500, Teknikokullar, Ankara, Türkiye

²Department of Civil Engineering, Faculty of Technology, Gazi University, 06500, Teknikokullar, Ankara, Türkiye

Highlights:

- The homogeneity test was performed using the Pettitt method on the data of seven precipitation stations.
- Sen innovative trend analysis method was used in trend analysis in addition to classical methods such as Mann Kendall.
- Trend analyzes were conducted to shed light on the climate change projection of Ankara province.

Keywords:

- Ankara,
- Precipitation,
- Pettitt Homogeneity,
- Mann Kendall,
- Innovative Trend Analysis

Article Info:

Research Article

Received: 30.07.2023

Accepted: 23.11.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1334926

Correspondence:

Author: Murat Pınarlık

e-mail:

muratpinarlik@gazi.edu.tr

phone: +90 541 831 4848

Graphical/Tabular Abstract

The aim of this study is to analyse precipitation data specific to the province of Ankara. Precipitation trend analyses were conducted using data from seven rainfall observation stations, including Ankara Regional, covering the period from 1991 to 2020. Prior to the trend analyses, a homogeneity test was applied to the data from each station. The Pettitt test was chosen for the homogeneity assessment. For trend analyses, the Mann-Kendall test and the Innovative Trend Analysis method were utilized. The analyses were performed and interpreted separately for each station on both an annual and seasonal basis. Figure A shows trend graphs of different station precipitation data for Ankara region.

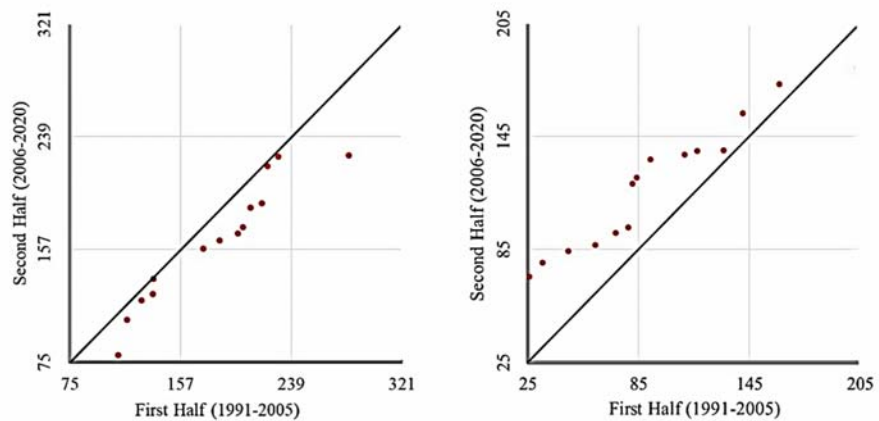


Figure A. Trend graphs of different station precipitation data for Ankara region

Purpose: It determines the precipitation trend in Ankara using different methods. In the first stage, the homogeneity test was applied to the precipitation data of seven stations. In the next stages, trend analyzes were made with different precipitation trend analysis methods. The main purpose of the study is to reveal a precipitation trend with the analyzes made using historical precipitation data of Ankara, the capital and second most populated city of Türkiye, and to support early measures against drought that may occur due to climate change.

Theory and Methods: Pettitt Homogeneity Test method was used for the calculation of seasonal and annual average precipitation values and homogeneity controls. From this point of view, precipitation graphs of each station were drawn and it was checked whether there was a break or not. In the second stage, Man Kendall and Sen Innovative Trend Analysis methods were used to determine precipitation trends. The results of these methods are given in graphics and tables. Thus, the precipitation trend analysis of the region was evaluated with both a classical and an innovative trend analysis method.

Results: The analyzes made belong to seven different regions of Ankara. It was also evaluated both seasonally and annually. For this reason, a clear trend could not be obtained when looking at the province in general. While a decrease was observed in precipitation trends for some stations, this situation was observed as an increasing trend in some regions. However, as seen in Figure A, net precipitation trends were obtained at some stations (for example, Nallıhan and Kızılcahamam stations).

Conclusion: Homogeneity test was performed on the data of seven precipitation stations belonging to the province of Ankara and precipitation trend analyzes were carried out with different methods. It is thought that the results of the precipitation trend will have an important role in the measures to be taken against drought, which is a result of climate change



Mevsimsel ve yıllık zaman periyodunda yağış trend analizi, Ankara ili örneği

Mehmet Furkan Çelik¹, Murat Pınarlık^{2*}, Zeliha Selek²

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 06500, Teknikokullar, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06500, Teknikokullar, Ankara, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Homojenlik testi, yedi yağış istasyonunun verileri üzerinde Pettitt yöntemi kullanılarak yapılmıştır
- Yağış trend analizinde Mann Kendall gibi klasik yöntemlere ek olarak Şen yenilikçi trend analizi yöntemi kullanılmıştır
- Ankara ilinin iklim değişikliği projeksiyonuna ışık tutmak için trend analizleri yapılmıştır

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 30.07.2023

Kabul: 23.11.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1334926

Anahtar Kelimeler:

Ankara,

Yağış,

Pettitt Homojenlik,

Mann Kendall,

Yenilikçi Trend Analizi

ÖZ

Yağış, sıcaklık gibi iklim parametreleri üzerinde meydana gelen uzun süreli değişimlerin hidrolojik döngüde neden oldukları değişimler insan yaşamını olumsuz etkilemektedir. İklim değişikliğinin etkili olduğu ülkemizde su kaynaklarının en uygun şekilde kullanılması açısından hidrometeorolojik çalışmalar önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Ankara ilinde yer alan 7 adet meteoroloji gözlem istasyonunun yağış verileri mevsimsel ve yıllık olarak incelenerek trend analizleri yapılmıştır. Analizlerde Pettitt Homojenlik Testi, Mann Kendall ve Yenilikçi Trend Analizleri kullanılmıştır. Homojenlik testine göre yıllık sonuçlarda sadece bir istasyonda kırılma meydana gelmiştir. Mevsimsel sonuçlarda ise sadece kış ve yaz mevsimlerinde birer istasyonda kırılma olduğu tespit edilmiştir. Mann Kendall trend analizlerinde hem yıllık hem de mevsimsel olarak sadece birer adet istasyonda trend belirlenmiştir. Yenilikçi Trend Analizi testi sonuçlarında daha belirgin sonuçlar elde edilmiştir. Yıllık olarak bir adet istasyonda azalan, beş adet istasyonda artan trend tespit edilmiştir. Mevsimsel olarak sonbaharda üç adet istasyonda azalan, dört adet istasyonda ise artan trend tespit edilmiştir. Üç yöntem kullanılarak elde edilen sonuçlar incelenmiş ve bölgenin mevcut yağış trendi değerlendirilmiştir.

Seasonal and annual time period precipitation trend analysis, case study of Ankara province

HIGHLIGHTS

- The homogeneity test was performed using the Pettitt method on the data of seven precipitation stations
- Sen innovative trend analysis method was used in trend analysis in addition to classical methods such as Mann Kendall
- Trend analyzes were conducted to shed light on the climate change projection of Ankara province

Article Info

Research Article

Received: 30.07.2023

Accepted: 23.11.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1334926

Keywords:

Ankara,

Precipitation,

Pettitt Homogeneity,

Mann Kendall,

Innovative Trend Analysis

ABSTRACT

Climate parameters such as precipitation and temperature, which undergo long-term changes, have negative effects on the hydrological cycle and, consequently, on human life. In our country where climate change has an impact, hydro-meteorological studies are of significant importance to ensure the optimal utilization of water resources. In this study, precipitation data from seven meteorological observation stations located in Ankara province were analyzed seasonally and annually to identify trends. The Pettitt Homogeneity Test, Mann Kendall Test, and Innovative Trend Analysis were employed for the analyses. According to the homogeneity test, a breakpoint was observed only in the annual results of one station. As for the seasonal results, breakpoints were detected in one station each for the winter and summer seasons. The Mann Kendall trend analysis revealed only one station with a trend, both in the annual and seasonal datasets. More distinct results were obtained from the Innovative Trend Analysis test. In the annual data, a decreasing trend was identified in one station, while an increasing trend was observed in five stations. Seasonally, three stations showed a decreasing trend in the autumn, and four stations exhibited an increasing trend. The results obtained from the three methods were examined to evaluate the current precipitation trends in the region.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : mfcelik74@gmail.com, *muratpinarlik@gazi.edu.tr, zelihaselek@gazi.edu.tr /
Tel: +90 541 831 4848

1. Giriş (Introduction)

Yağış, iklim ve hidro-meteoroloji için en önemli değişkenlerden biridir. Yağış modelindeki değişiklikler sellere, kuraklıklara, biyolojik çeşitlilik ve tarımsal üretkenlik kaybına neden olabilir. Bu nedenle, yağış serilerindeki trend tespiti, iklimsel etki araştırmalarını geliştirmek için hem hidroloji hem de klimatoloji için aktif bir ilgi alanı haline gelmiştir [1]. Yağış sonuçlarının mekânsal ve zamansal eğilimleri, iklim analistleri ve su kaynakları planlayıcıları için de önem kazanmıştır [2].

Günümüzde küresel iklim değişikliği tüm çıplaklığıyla karşımızda dururken bu duruma karşı dünya genelinde bilim insanları birçok çalışma yapmıştır. Küresel iklim değişikliğiyle alakalı olarak yapılan çalışmalardan bir tanesi de yağış ve sıcaklık trend analizleridir. Trend analizleri, herhangi bir iklim parametresi üzerinde geçmiş uzun dönem değerleriyle çalışılır ve bize geçmişten günümüze kadar artan, azalan veya eğilim olmayan şekilde bilgiler sağlar. Yağış ve sıcaklıktaki eğilimlerin tanımlanması, doğrulanması ve ölçülmesi son 10 yılda küresel iklimde meydana gelen önemli değişiklikler nedeniyle önemli bir zorunluluk haline gelmiştir [3].

Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) üçüncü değerlendirme raporuna göre, ortalama olarak, küresel kara yağışı yirminci yüzyılda yaklaşık %2 artmıştır [4]. Türkiye geneline bakıldığında ise 1961-1990 sıcaklık ortalamasına nazaran 2100 yılına kadar sıcaklıkların 5°C artacağı öngörülmektedir. Yağışlarda ise genel anlamda bir azalma beklenmekte ve özellikle Doğu Karadeniz bölgesinde azalmaların olacağı tahmin edilmektedir. Bunun yanı sıra kar kalınlığı azalması ile birlikte yağış-buharlaşma farkının da azalması öngörülmektedir [5]. Türkiye genelinde 2020 ve 2021 yıllarında alansal yağış ortalaması, 1981-2010 yılları ortalaması olan yaklaşık 574 mm'nin sırasıyla %13 ve %9 altında gerçekleşmiştir [6, 7]. Ayrıca, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Türkiye 2021 Yağış istatistik verilerine göre Türkiye genelinde 224 adet yağış istasyon verileri 1970-2021 yıllarını kapsayacak şekilde incelenmiş ve ülke genelindeki yağışlarda ciddi bir artma veya azalma meydana gelmemiştir [8, 9].

Elbette, yağış verilerinin trend analizi için kullanılan birçok yöntem vardır. Yaygın olarak kullanılan bazı yöntemler şunlardır; Doğrusal regresyon, Mann-Kendall (MK) trend testi, Şen eğim tahmini, Mevsimsel ayrışma, Spearman rho katsayısı ve Wavelet analiz tekniği. Son zamanlarda, yeni geliştirilen Şen yenilikçi trend analizi (YTA) yöntemi, bu makalenin ana odak noktalarından biri olan görsel-grafik çizimlerin ve trendlerin tanımlanmasının bazı avantajlarını sağlamaktadır [10]. Ayrıca bu yöntem, tava buharlaşması, nehir akışı ve yağış için farklı bölgelerde trend tespiti için kullanılmaktadır. YTA ile klasik yöntemler arasındaki karşılaştırmalar, YTA'nın diğer yöntemlere göre bazı avantajları olduğunu göstermektedir [11-13]. Türkiye'de altı farklı bölgede yapılan çalışmalarda YTA'nın herhangi bir varsayıma bağlı olmadığı kanıtlanmıştır [14]. Yeni Zelanda'da 152 yağış istasyonunun 52 yıllık verisi ile yapılan kapsamlı çalışmada ise mevsimlik ve yıllık yağış trendi belirlemede YTA yönteminin en yüksek ve en düşük değerlerin belirlenmesinde başarı ile kullanıldığı görülmüştür [15]. Bu yöntemler, farklı zaman ölçekleri ve coğrafi bölgeler üzerindeki yağış eğilimlerini analiz etmek için ayrı ayrı veya kombinasyon halinde kullanılabilir. Verilerin özelliklerine ve ele alınan araştırma sorusuna dayalı olarak uygun yöntemin seçilmesi önemlidir. Dünya genelinde ve Türkiye'de yapılan yağış trendi analizlerinde genellikle MK, Sen trend testi ve Spearman Rho analiz yöntemlerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir [16-18]. Yine Yeni Zelanda bölgesinde yapılan çalışmada da Man-Kendall testi kullanılarak başarılı sonuçlar alındığı görülmüştür [19]. Kuraklık analizine bağlı olarak kuraklık

şiddet eğiliminin tahmini için de Man Kendall testi ve Thiel-Sen yaklaşımlarından yararlanılmıştır [20]. Bunun yanı sıra çoğunlukla 2018 yılı ve sonrası dönemde YTA yönteminin de yağış analizlerinde kullanılmaya başlanmıştır [21]. Yapılan çalışmaların özellikle yarı kurak bölgelerde iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [22-25].

Yapılan literatür araştırması sonucunda çalışmada yer alan Türkiye'nin başkenti Ankara ili için tüm istasyonları kapsayan detaylı bir yağış trend analizi yapılmadığı görülmüştür. 2003 yılında Partal'ın yapmış olduğu çalışmada sadece Polatlı istasyonu üzerinde incelemelerde bulunulmuştur [26]. Bu çalışmanın hem Ankara özelinde tüm istasyonları kapsamı hem de MK yöntemi yanında YTA yönteminin kullanılıyor olması çalışmanın yenilikçi yönünü ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın amacı; Ankara ili özelinde yağış verilerini analiz etmektir. MGM'den alınan Ankara Bölge, Beypazarı, Esenboğa Havalimanı, Etimesgut Havalimanı, Kızılcahamam, Nallıhan ve Polatlı istasyonları olmak üzere toplam yedi adet yağış gözlem istasyon verilerine 1991-2020 yıllarını kapsayacak şekilde yağış trend analizleri yapılmıştır. Trend analizleri öncesinde her bir istasyon verisine homojenlik testi uygulanmıştır. Homojenlik testi için Pettitt testi tercih edilmiştir. Trend analizlerinde Mann Kendall ve Yenilikçi Trend Analizi testleri uygulanmıştır. Analizler her bir istasyon için yıllık ve mevsimsel olarak ayrı ayrı yapılmış ve yorumlanmıştır.

Ankara ili Türkiye Cumhuriyeti'nin başkenti olması ve nüfus bakımından en kalabalık ikinci şehri olması nedeniyle önemli bir konumdadır. Bu ve buna benzer sebepler ile Ankara iline ait yağış verilerinde böyle detaylı bir akademik çalışmanın yapılmaması bu çalışmanın önemini arttırmaktadır.

2. Materyal ve Metod (Material and Method)

2.1. Çalışma Alanı (Working Area)

Çalışma için Meteoroloji Genel Müdürlüğü yağış gözlem istasyonlarından Ankara iline ait Ankara bölge, Beypazarı, Esenboğa Havalimanı, Etimesgut Havalimanı, Kızılcahamam, Nallıhan ve Polatlı istasyonları 1991-2020 yıllarını kapsayan yağış verileri alınmıştır. Hidrometeorolojik analizlerde aylık toplam yağış verileri yıllık ve mevsimsel olarak her bir istasyon için ayrı ayrı incelenmiştir. Yağış istasyonlarının il sınırları içindeki konumları Şekil 1'de verilmiştir.

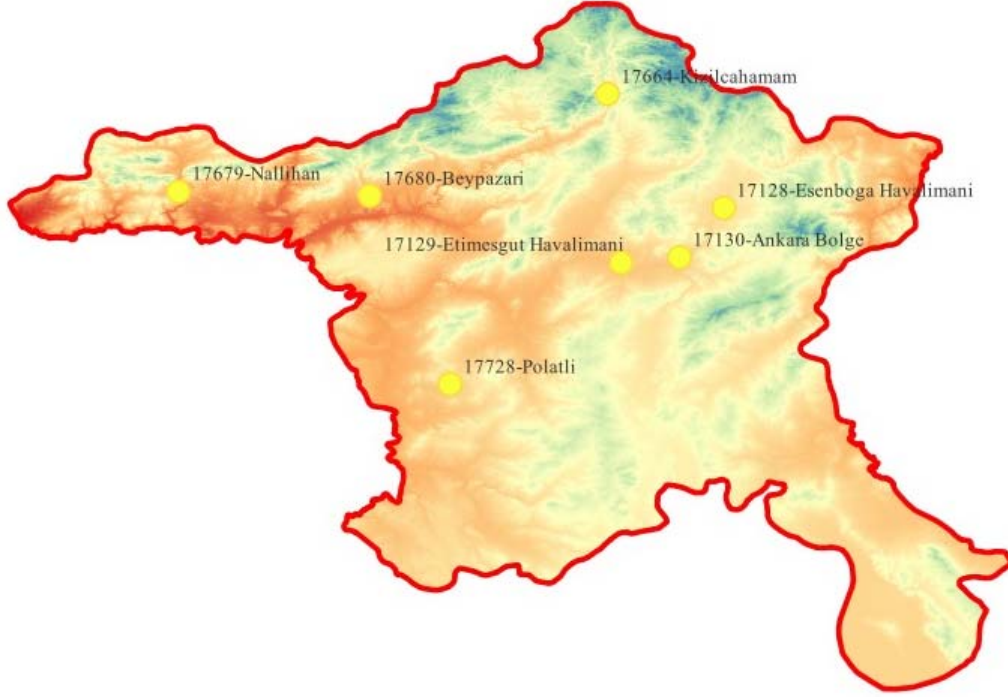
Aylık eksik veriler aynı istasyonda yer alan iki yıl önceki ve iki yıl sonraki değerlerin aritmetik ortalaması alınarak basit bir yaklaşımla tamamlanabilir [27]. Nitekim bu çalışmada da eksik olan aylık veriler bu yöntemle tamamlanmıştır. Yıllık eksik veriler sadece Etimesgut havalimanı istasyonunda 1990 yılı ile 1994 yılı ilk beş ayında var olup, bu eksik veriler en yakın iki istasyon olan Ankara bölge ve Etimesgut Havalimanı istasyonları verilerinin aritmetik ortalaması alınarak tamamlanmıştır. Trend analizi yapılan istasyonlar ve bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. Homojenlik testi için Pettitt testi, trend analizi için Mann Kendall ve Yenilikçi Trend Analizi testleri kullanılmıştır. Pettitt ve Mann Kendall analizleri için Excel programıyla uyumlu olarak çalışan Xlstat 2018 programı kullanılmıştır. Yenilikçi Trend Analizleri ise Excel programında manuel olarak yapılmıştır. Xlstat program çıktılarında aynı zamanda p-value değeri de hesaplanmıştır.

2.2. Pettitt Homojenlik Testi (Pettitt Homogeneous Test)

Geliştirilmiş yöntem, bir zaman serisinde kırılma meydana gelip gelmediğini gösteren parametrik olmayan istatistik testtir. Serideki değişimi noktasal olarak tespit edebilmek için Y_i (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)

Tablo 1. Yağış İstasyonları Konum ve Bilgileri (Locatin of precipitation stations and information)

| İstasyon Adı | İstasyon Numarası | Enlem | Boylam | Veri Aralığı |
|----------------------|-------------------|---------|---------|--------------|
| Ankara Bölge | 17130 | 39,9725 | 32,8639 | 1991-2020 |
| Beypazarı | 17680 | 40,1608 | 31,9172 | 1991-2020 |
| Esenboğa Havalimanı | 17128 | 40,124 | 32,9992 | 1991-2020 |
| Etimesgut Havalimanı | 17129 | 39,9558 | 32,6854 | 1991-2020 |
| Kızılcahamam | 17664 | 40,4729 | 32,6441 | 1991-2020 |
| Nallıhan | 17679 | 40,1733 | 31,332 | 1991-2020 |
| Polatlı | 17728 | 39,5834 | 32,1624 | 1991-2020 |



Şekil 1. Yağış istasyonlarının bölgedeki konumları (Locations of precipitation stations in the region)

Tablo 2. Veri sayısına göre %95 ve %99 güven aralığında kritik değerler (Critical values by number of data)

| n | 20 | 30 | 40 | 50 | 70 | 100 |
|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| %95 | 57 | 107 | 167 | 235 | 393 | 677 |
| %99 | 71 | 133 | 208 | 293 | 488 | 841 |

gözlem değerleri r_1, r_2, \dots, r_n olarak sıralanır. “n” veri uzunluğu için test istatistiği olan x_k Eş. 1’de verilmiştir.

$$x_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n + 1) \quad k = 1, 2, 3 \dots n \quad (1)$$

Burada “k” incelenen veri uzunluğuna kadar devam eden sıralı değerleri temsil eder. x_k test sonuçları grafik olarak gösterilir. “t” yılında bir kırılma olması durumunda meydana gelen değişim x_k mutlak değeri için en büyük değeri alır. X_t değerinin elde edildiği eşitlik Eş. 2’de verilmiştir.

$$X_t = \max_{1 \leq k \leq n} |x_k| \quad (2)$$

Eğer X_t tablo değerini aşarsa yokluk hipotezi (homojenlik) reddedilir ve alternatif hipotez yani heterojen hipotezi kabul edilir. Pettitt istatistiğine ait kritik değerler Tablo 2’de gösterilmiştir [28].

2.3. Mann Kendall Testi (Mann Kendall Test)

Hidrometeorolojik iklim araştırmalarında yaygın olarak kullanılan ve parametrik olmayan test yöntemi Mann ve Kendall tarafından geliştirilmiştir [29, 30]. MK test analizi bir önceki ve bir sonraki veri değerlerinin tamamı arasındaki işaret farkına bağlıdır. Test istatistiği olan “S” denklemi aşağıda Eş. 3’de verilmiştir.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Sgn}(X_j - X_k) \quad (3)$$

Burada X_j ve X_k , n veri uzunluğuna sahip örnekleme sıralı değerlerdir. $\text{Sgn}(X_j - X_k)$ Eş. 4 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Sgn}(X_j - X_k) = \begin{cases} (X_j - X_k) > 0 & \rightarrow +1 \\ (X_j - X_k) = 0 & \rightarrow 0 \\ (X_j - X_k) < 0 & \rightarrow -1 \end{cases} \quad (4)$$

Test istatistiği olan S” nin varyans hesabı aşağıdaki gibi hesaplanır (Eş. 5).

$$var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^k t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (5)$$

Varyans hesabından sonra testin standart normal “Z” değeri şu şekilde (Eş. 6) hesaplanır.

$$Z = \begin{cases} S > 0 & \text{ise;} & S - \frac{1}{\sqrt{Var(S)}} \\ S = 0 & \text{ise;} & 0 \\ S < 0 & \text{ise;} & S + \frac{1}{\sqrt{Var(S)}} \end{cases} \quad (6)$$

MK “Z” değeri, seçilen $\alpha = \%5$ anlamlılık seviyesi kritik değeri olan $\pm 1,96$ değeri ile kıyaslanır. Eğer çıkan değer bu aralıkta ise “H₀: Hipotez Sıfır” yani trend yok denir. Eğer çıkan değer bu aralığın dışında bir değer ise “H_a: alternatif hipotez” yani trend var denir. Bulunan değer -1,96’nın altında ise azalan trend, +1,96’nın üstünde ise artan trend vardır denir.

2.4. Yenilikçi Trend Analizi (Innovative Trend Analysis)

Yenilikçi trend analizi, trend tipinin azalan, artan veya olmaması durumlarını inceleyen basit, yorumlaması kolay, görsellik sunan bir trend analizi formülasyonudur. YTA yönteminde zaman verileri tam ortadan ikiye ayırılır, her zaman serisi kendi içinde küçükten büyüğe doğru sıralanır. Kartezyen koordinat sistemine (1:1) eğrisi çizilir. İlk zaman serisi X_i, kartezyen koordinat sisteminin yatay eksenine, ikinci zaman serisi X_k, dikey eksenine gelecek şekilde noktasal olarak yerleştirilir. Noktasal değerler (1:1) eğrisinin tam üzerinde

konumlanmış ise trend yoktur denir. Eğer noktasal değerler (1:1) eğrisinin üst kısmında ise artan, alt kısmında ise azalan trend vardır denir [31] (Şekil 2).

YTA’nın en büyük avantajlarından biri de aynı grafik üzerinde düşük, orta, yüksek ölçüde sınıflandırma yapılabilmesi ve hem artan hem de azalan eğilimleri birlikte gösterebilmesidir. YTA sonuçlarını grafik üzerinde daha rahat yorumlayabilmek için Şekil 3’de yer alan trend tipleri incelendiğinde; üçgen ile gösterilen kısım monotonik artan, kare ile gösterilen kısım monotonik azalan trend varlığı anlamına gelir. Ayrıca çarpı işareti ile gösterilen kısım monotonik olmayan artan ve yeşil renk ile gösterilen kısım ise monotonik olmayan azalan trend anlamına gelmektedir. Tüm bu yorumlar YTA grafiğinde yer alan üç trend ölçüğü içinde kullanılabilir.

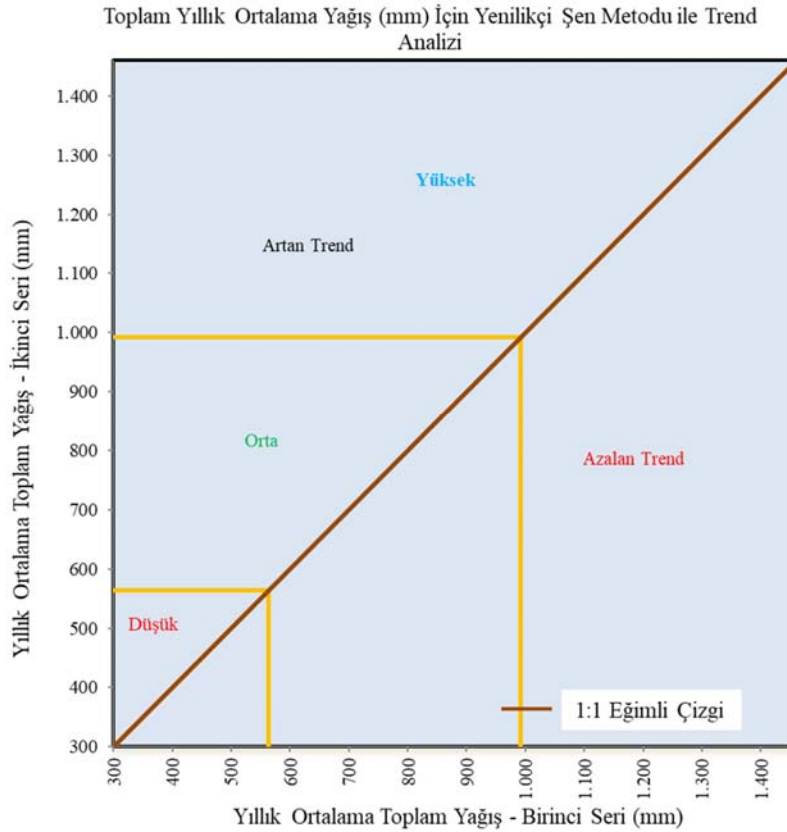
3. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

3.1. Pettitt Homojenlik Testi Sonuçları (Pettitt Homogenous test results)

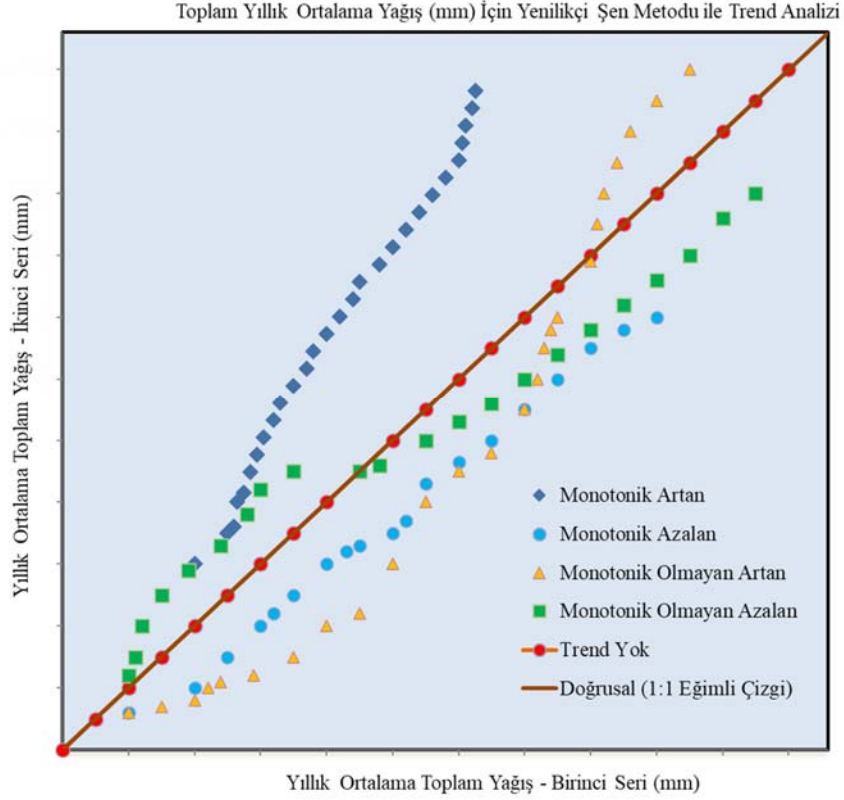
Pettitt homojenlik testleri %99 güven aralığında yapılmıştır. Testler yıllık ve mevsimlik olmak üzere (sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz) ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve sonuçları da ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.1.1. Yıllık toplam yağış homojenlik sonuçları (Annual total precipitation homogeneity results)

Ankara ilinde yer alan 7 adet yağış istasyonunun tamamına uygulanan yıllık homojenlik testi sonucunda; 17679 numaralı Nallıhan istasyonu dışında tüm istasyonlarda homojen durum tespit edilmiştir. Nallıhan istasyonunda 1998 yılında bir kırılma meydana geldiği görülmüştür. Kırılmanın olduğu 1998 yılından önceki yıllık toplam ortalama yağış değerinin 199,49 mm olduğu, kırılmadan sonraki yıllık toplam ortalama yağış değerinin 420,20 mm olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca



Şekil 2. Örnek YTA grafiği (Innovative Trend Analysis)



Şekil 3. Örnek YTA Çeşitleri (Exemplary types of innovative trend analysis)

Tablo 3. Pettitt testi yıllık toplam yağış homojenlik bulguları (Pettitt Test annual total precipitation homogeneous results)

| İstasyon Adı | İstasyon Numarası | Kritik Değer (133) | P-value(0,01) | Homojenlik Durumu |
|----------------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|
| Ankara Bölge | 17130 | 80 | 0,714 | Kabul |
| Beypazarı | 17680 | 58 | 0,536 | Kabul |
| Esenboğa Havalimanı | 17128 | 80 | 0,698 | Kabul |
| Etimesgut Havalimanı | 17129 | 88 | 0,501 | Kabul |
| Kızılcahamam | 17664 | 50 | 0,293 | Kabul |
| Nallıhan | 17679 | 174 | 0 | Ret |
| Polatlı | 17728 | 48 | 0,216 | Kabul |

Tablo 4. Pettitt testi sonbahar mevsimi homojenlik bulguları (Pettitt test autumn season homogeneous results)

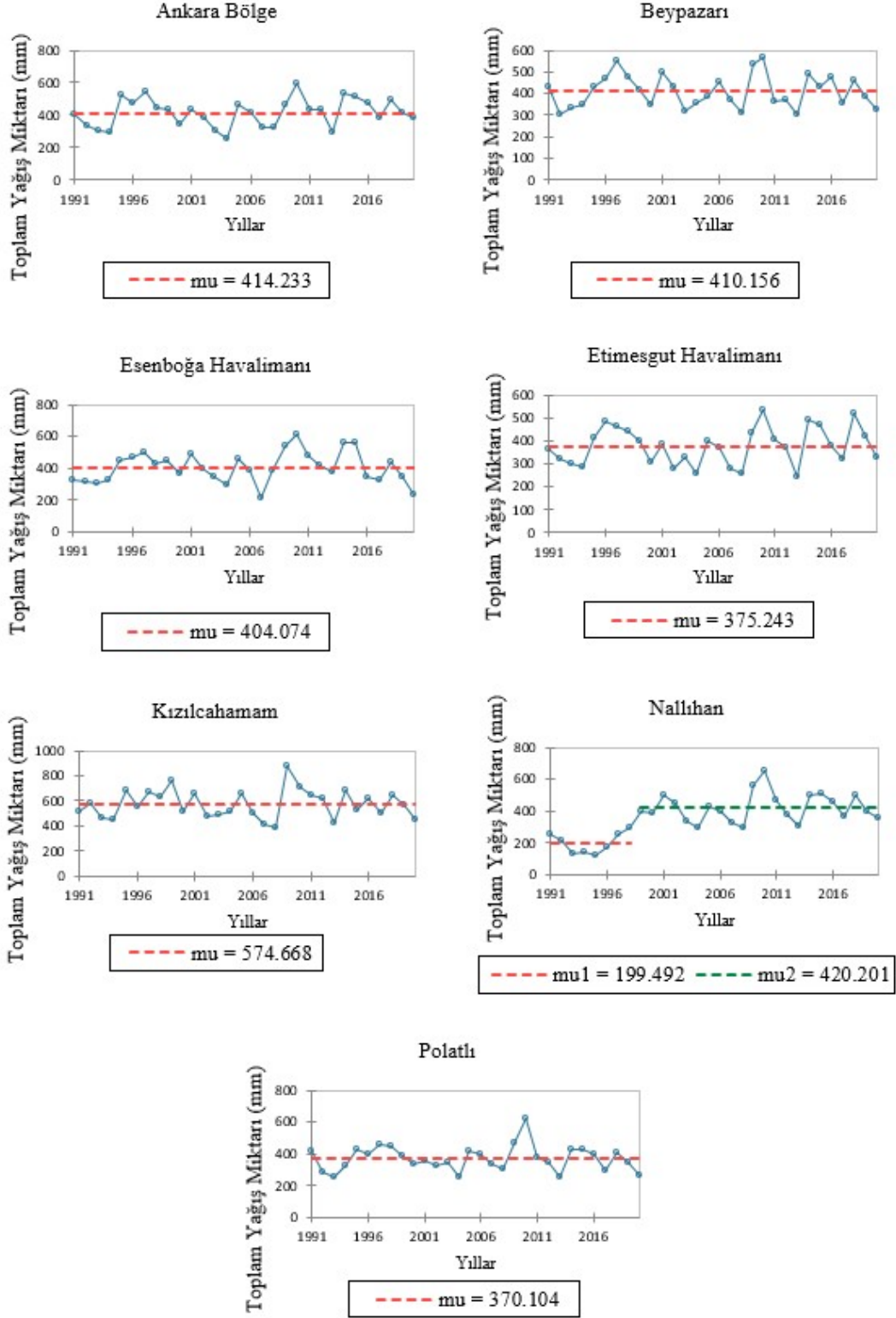
| İstasyon Adı | İstasyon Numarası | Kritik Değer (133) | P-value(0,01) | Homojenlik Durumu |
|----------------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|
| Ankara Bölge | 17130 | 88 | 0,503 | Kabul |
| Beypazarı | 17680 | 110 | 0,17 | Kabul |
| Esenboğa Havalimanı | 17128 | 83 | 0,645 | Kabul |
| Etimesgut Havalimanı | 17129 | 72 | 0,951 | Kabul |
| Kızılcahamam | 17664 | 87 | 0,527 | Kabul |
| Nallıhan | 17679 | 96 | 0,349 | Kabul |
| Polatlı | 17728 | 76 | 0,816 | Kabul |

tüm istasyonlara ait kritik değerler ve homojenlik durumları Tablo 3 ve Şekil 4’de verilmiştir.

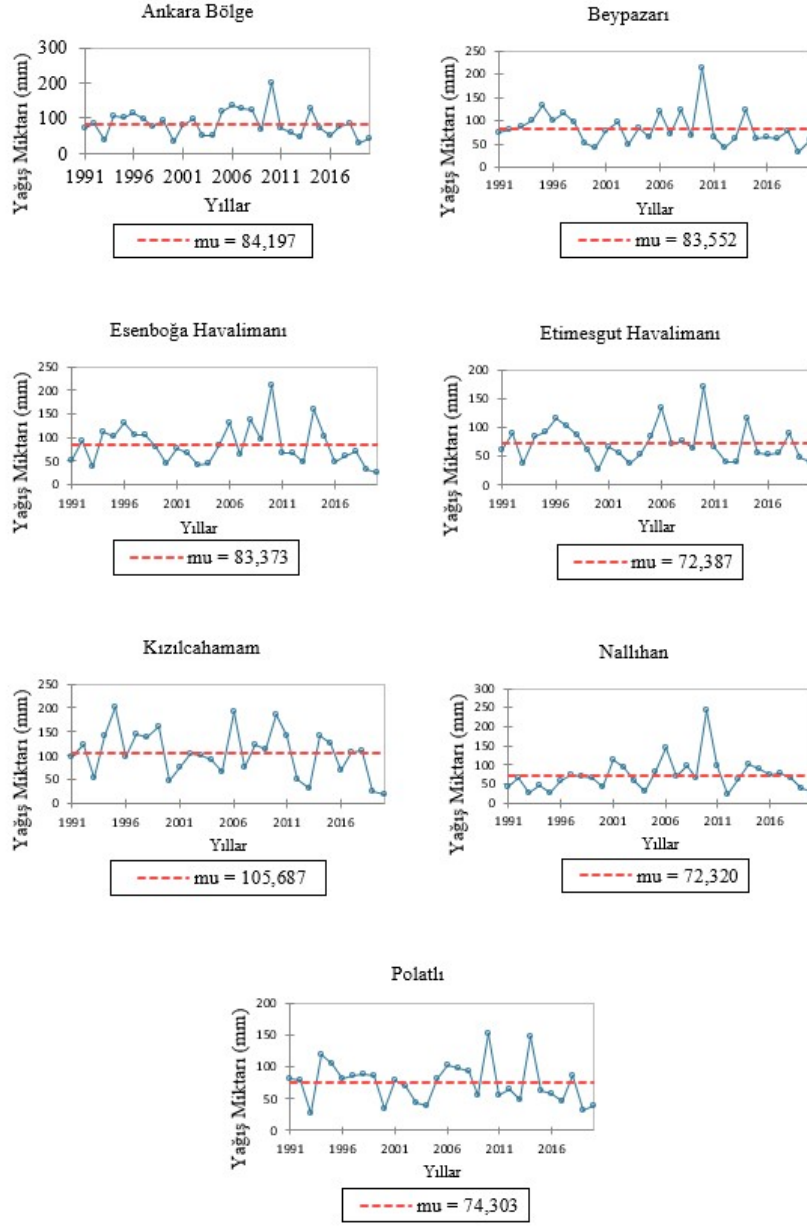
3.1.2. Sonbahar mevsimi homojenlik sonuçları (Autumn season homogeneous results)

%99 güven aralığında tüm istasyonlar için gerçekleştirilen homojenlik testinde sonbahar dönemi için tüm istasyonlarda homojen durum

tespit edilmiştir. Sonbahar mevsimi ortalama yağış miktarları sırasıyla Ankara bölge istasyonunda 84,19 mm, Beypazarı istasyonunda 83,55 mm, Esenboğa Havalimanı istasyonunda 83,37 mm, Etimesgut Havalimanı istasyonunda 72,38 mm, Kızılcahamam istasyonunda 105,68 mm, Nallıhan istasyonunda 72,32 mm, Polatlı istasyonunda 74,30 mm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kritik değerler ve yağış miktarları Tablo 4 ve Şekil 5’de gösterilmiştir.



Şekil 4. Pettitt testi yıllık toplam yağış grafikleri (Pettitt test total annual precipitation graphics)



Şekil 5. Pettitt testi sonbahar mevsimi grafikleri (Pettitt test autumn season graphics)

3.1.3. Kış mevsimi homojenlik sonuçları (Winter season homogeneous results)

Kış mevsimi için yapılan Pettitt homojenlik testinden elde edilen sonuçlara göre 17679 numaralı Nallıhan istasyonu dışında tüm istasyonlarda homojen durum tespit edilmiştir. Yıllık verilerle yapılan homojenlik testinde olduğu gibi, Nallıhan istasyonunda 1998 yılında bir kırılma meydana geldiği belirlenmiştir. Kırılmanın olduğu 1998 yılından önceki kış mevsimi ortalama yağış değerinin 62,35 mm olduğu, kırılmadan sonraki değer 141,25 mm olduğu gözlemlenmiştir. Diğer istasyonların kış mevsimi yağış miktarları sırasıyla Ankara bölge istasyonunda 118,46 mm, Beypazarı istasyonunda 134,49 mm, Esenboğa Havalimanı istasyonunda 125,65 mm, Etimesgut Havalimanı istasyonunda 110,15 mm, Kızılcahamam istasyonunda 194,99 mm, Polatlı istasyonunda 106,93 mm olduğu tespit edilmiştir. İstasyonlara ait $\alpha = \%1$ anlamlılık seviyesinde homojenlik testi sonuçları ve yıllık ortalama yağış miktarlarının yıllara göre değişimi Tablo 5’de ve Şekil 6’da verilmiştir.

1286

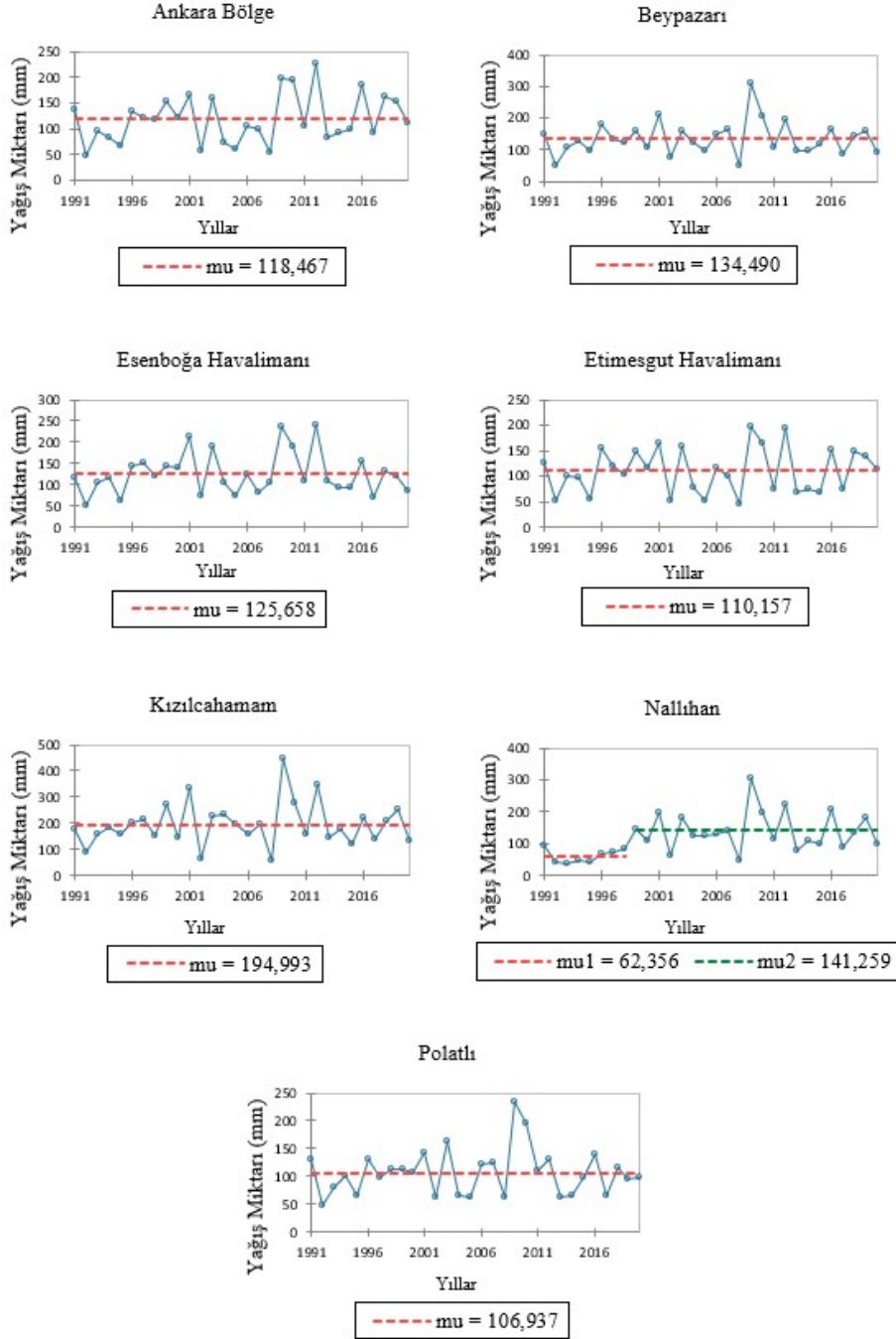
3.1.4. İlkbahar mevsimi homojenlik sonuçları (Spring season homogeneous results)

İlkbahar mevsimi için yapılan homojenlik testlerinde tüm istasyonlarda homojen durum tespit edilmiştir. Ancak Nallıhan istasyonunda kritik değer 147 olarak ve p-value değeri 0,012 gibi sınırda bir değer bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Nallıhan istasyonu için heterojen durum yorumu da yapılabilir.

İlkbahar mevsimi ortalama yağış miktarları sırasıyla Ankara bölge istasyonunda 142,43 mm, Beypazarı istasyonunda 126,83 mm, Esenboğa Havalimanı istasyonunda 127,63 mm, Etimesgut Havalimanı istasyonunda 126,17 mm, Kızılcahamam istasyonunda 180,17 mm, Nallıhan istasyonunda 108,22 mm, Polatlı istasyonunda 123,12 mm olduğu tespit edilmiştir. Kritik değerlerin ve ortalama yağış miktarının yıllara göre değişimi Tablo 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Pettitt testi kış mevsimi homojenlik bulguları (Pettitt test winter season homogeneous results)

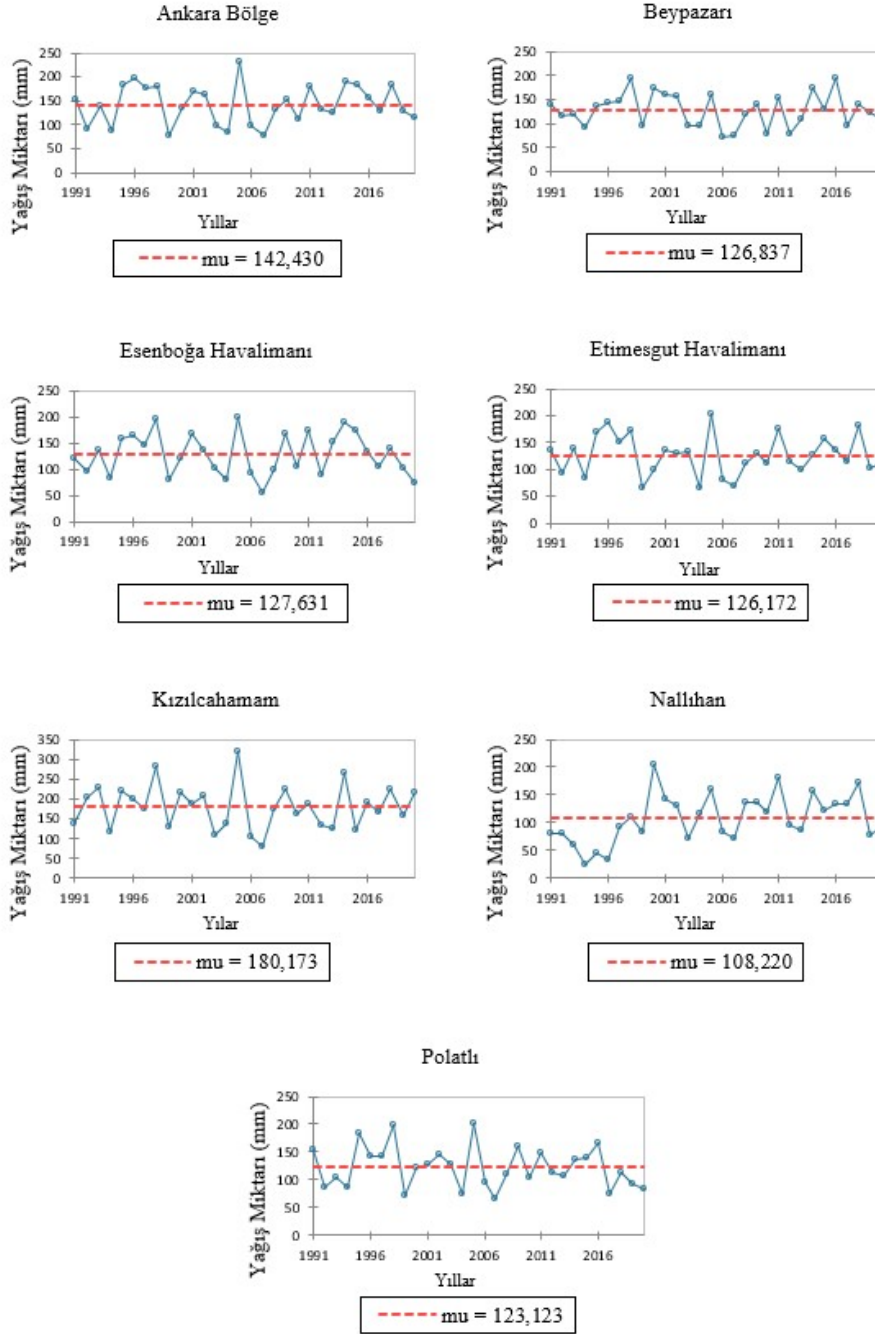
| İstasyon Adı | İstasyon Numarası | Kritik Değer (133) | P-value(0,01) | Homojenlik Durumu |
|----------------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|
| Ankara Bölge | 17130 | 88 | 0,512 | Kabul |
| Beypazarı | 17680 | 48 | 0,225 | Kabul |
| Esenboğa Havalimanı | 17128 | 67 | 0,882 | Kabul |
| Etimesgut Havalimanı | 17129 | 51 | 0,317 | Kabul |
| Kızılcahamam | 17664 | 45 | 0,161 | Kabul |
| Nallıhan | 17679 | 152 | 0,008 | Ret |
| Polatlı | 17728 | 43 | 0,12 | Kabul |



Şekil 6. Pettitt testi kış mevsimi grafikleri (Pettitt test winter season graphics)

Tablo 6. Pettitt testi ilkbahar mevsimi homojenlik bulguları (Pettitt test spring season homogeneous results)

| İstasyon Adı | İstasyon Numarası | Kritik Değer (133) | P-value(0,01) | Homojenlik Durumu |
|----------------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|
| Ankara Bölge | 17130 | 43 | 0,113 | Kabul |
| Beypazarı | 17680 | 72 | 0,944 | Kabul |
| Esenboğa Havalimanı | 17128 | 38 | 0,046 | Kabul |
| Etimesgut Havalimanı | 17129 | 66 | 0,832 | Kabul |
| Kızılcahamam | 17664 | 54 | 0,43 | Kabul |
| Nallıhan | 17679 | 147 | 0,012 | Kabul |
| Polatlı | 17728 | 64 | 0,783 | Kabul |



Şekil 7. Pettitt testi ilkbahar mevsimi grafikleri (Pettitt test spring season graphics)

3.1.5. Yaz mevsimi homojenlik sonuçları (Summer season homogeneous results)

Yaz mevsimi homojenlik testi sonuçlarında da kış mevsimi test sonuçlarında olduğu gibi 17679 numaralı Nallıhan istasyonu dışında tüm istasyonlarda homojen durum tespit edilmiştir. Nallıhan istasyonunda yine 2008 yılında bir kırılma görülmüştür. Kırılmanın olduğu 2008 yılından önceki yaz mevsimi ortalama yağış değerinin 38,13 mm olduğu, kırılmadan sonraki değer 94,25 mm olduğu gözlemlenmiştir. Diğer istasyonların yaz mevsimi yağış miktarları sırasıyla Ankara bölge istasyonunda 70,42 mm, Beypazarı istasyonunda 65,75 mm, Esenboğa Havalimanı istasyonunda 70,59 mm, Etimesgut Havalimanı istasyonunda 66,52 mm, Kızılcahamam istasyonunda 94,18 mm, Polatlı istasyonunda 64,90 mm olduğu tespit edilmiştir. Kritik değerler ve yıllara göre yaz aylarındaki ortalama sıcaklık değişimi Tablo 7 ve Şekil 8'de verilmiştir.

3.2. Mann Kendall Trend Analizi Bulguları (Mann Kendall trend analysis results)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Ankara Bölge, Beypazarı, Esenboğa Havalimanı, Etimesgut Havalimanı, Kızılcahamam, Nallıhan ve Polatlı istasyonlarına ait 1991-2020 yıllarını kapsayan toplam yağış miktarları üzerinde MK analizi yapılmıştır. Mann Kendall analizinde %95 güven aralığı kullanılmıştır. Testler yıllık ve mevsimlik olmak üzere (sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz) ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve sonuçları da ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.2.1. Yıllık toplam yağış MK bulguları (Annual total precipitation Mann Kendall findings)

Yapılan yıllık analiz sonuçlarına göre Nallıhan istasyonunda artan bir trendin olduğu ve diğer tüm istasyonlarda herhangi bir trendin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca kritik Z değerleri incelendiğinde Kızılcahamam ve Polatlı istasyonlarında azalan trende doğru bir eğilim olduğundan söz edilebilir. Aynı şekilde diğer istasyonlarda da kritik Z değerinin pozitif değerde olması, artan trende eğilimli olduklarını gösterir. Yıllık toplam yağış miktarı MK çıktıları Tablo 8'de verilmiştir.

3.2.2. Sonbahar mevsimi MK bulguları (Autumn season Mann Kendall results)

Sonbahar mevsimi toplam yağış verileri kullanılarak %95 güven aralığında yapılan MK testi sonuçları değerlendirildiğinde; Beypazarı istasyonunda azalan bir trendin olduğu ve diğer tüm istasyonlarda herhangi bir trendin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca kritik Z değerleri incelendiğinde Nallıhan istasyonu hariç tüm istasyonlarda azalan trende doğru bir eğilim olduğu da görülmektedir. Sonbahar mevsimi toplam yağış miktarı MK çıktıları Tablo 9'da verilmiştir.

3.2.3. Kış mevsimi MK bulguları (Winter season Mann Kendall results)

Kış mevsimine ait toplam yağış değerleri ele alınarak yapılan MK trend analizi sonucunda; yıllık veriler ile yapılan MK trend analizinde olduğu gibi Nallıhan istasyonunda artan bir trendin olduğu ve diğer tüm istasyonlarda herhangi bir trendin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca kritik Z değerleri incelendiğinde Beypazarı istasyonunda azalan trende doğru bir eğilim olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde diğer istasyonlarda da kritik Z değerinin pozitif değerde olması, artan trende eğilimli olduklarını göstermektedir. Kış mevsimi toplam yağış miktarı MK çıktıları Tablo 10'da verilmiştir.

3.2.4. İlkbahar mevsimi MK bulguları (Spring season Mann Kendall results)

İlkbahar mevsimi için MK sonuçlarına bakıldığında; yine Nallıhan istasyonunda artan bir trendin olduğu ve diğer tüm istasyonlarda

herhangi bir trendin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca kritik Z değerleri incelendiğinde Beypazarı, Etimesgut Havalimanı, Kızılcahamam ve Polatlı istasyonlarının azalan trende doğru bir eğilimi söz konusudur. Aynı şekilde Ankara bölge istasyonunda kritik Z değerinin pozitif değerde olması, artan trende eğilimli olduğunu gösterir. İlkbahar mevsimi toplam yağış miktarı MK çıktıları Tablo 11'de verilmiştir.

3.2.5. Yaz mevsimi MK bulguları (Summer season Mann Kendall results)

Yaz mevsimi için yapılan MK trend analizi sonuçlarına göre; Nallıhan istasyonunda artan bir trendin olduğu ve diğer tüm istasyonlarda herhangi bir trendin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca kritik Z değerleri incelendiğinde diğer tüm istasyonlarda artan trende doğru bir eğilim olduğundan söz edilebilir. Yaz mevsimi toplam yağış miktarı MK çıktıları Tablo 12'de verilmiştir.

3.3. Yenilikçi Trend Analizi Bulguları (Innovative Trend Analysis Results)

Yenilikçi Trend Analizi, MK analizinde olduğu gibi 1991-2020 yıllarını kapsayan toplam yağış miktarları üzerinde yapılmıştır. Testler yıllık ve mevsimlik olmak üzere (sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz) ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve sonuçları da ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında YTA bulguları MK analizine göre daha belirgin sonuçlar vermiştir.

3.3.1. Yıllık toplam yağış YTA bulguları (Annual total precipitation innovative trend analysis results)

Yıllık toplam yağış verilerine ait YTA çıktıları veren grafikler Şekil 4'de verilmiştir. Düşük ölçekte genel olarak artan trendler mevcut iken, Kızılcahamam istasyonunda azalan yönde bir trend vardır. Polatlı istasyonunda ise trend varlığı tespit edilmemiştir. Orta ölçekte Ankara bölge ve Nallıhan istasyonları hariç ciddi bir trende rastlanmamıştır. Yüksek ölçekte ise Polatlı istasyonu hariç tüm istasyonlarda artan bir trend mevcuttur. Beypazarı, Esenboğa havalimanı, Etimesgut havalimanı istasyonlarında bütüncül olmayan artan trend mevcuttur. Kızılcahamam istasyonunda ise bütüncül olmayan azalan bir trend söz konusudur. Polatlı istasyonunda ise noktasal veriler (1:1) eğimi etrafında toplandığı için trend yoktur. Tüm istasyonlara ait yıllık yağış trendlerini gösteren grafikler Şekil 9'da verilmiştir.

3.3.2. Sonbahar mevsimi YTA bulguları (Autumn season innovative trend analysis results)

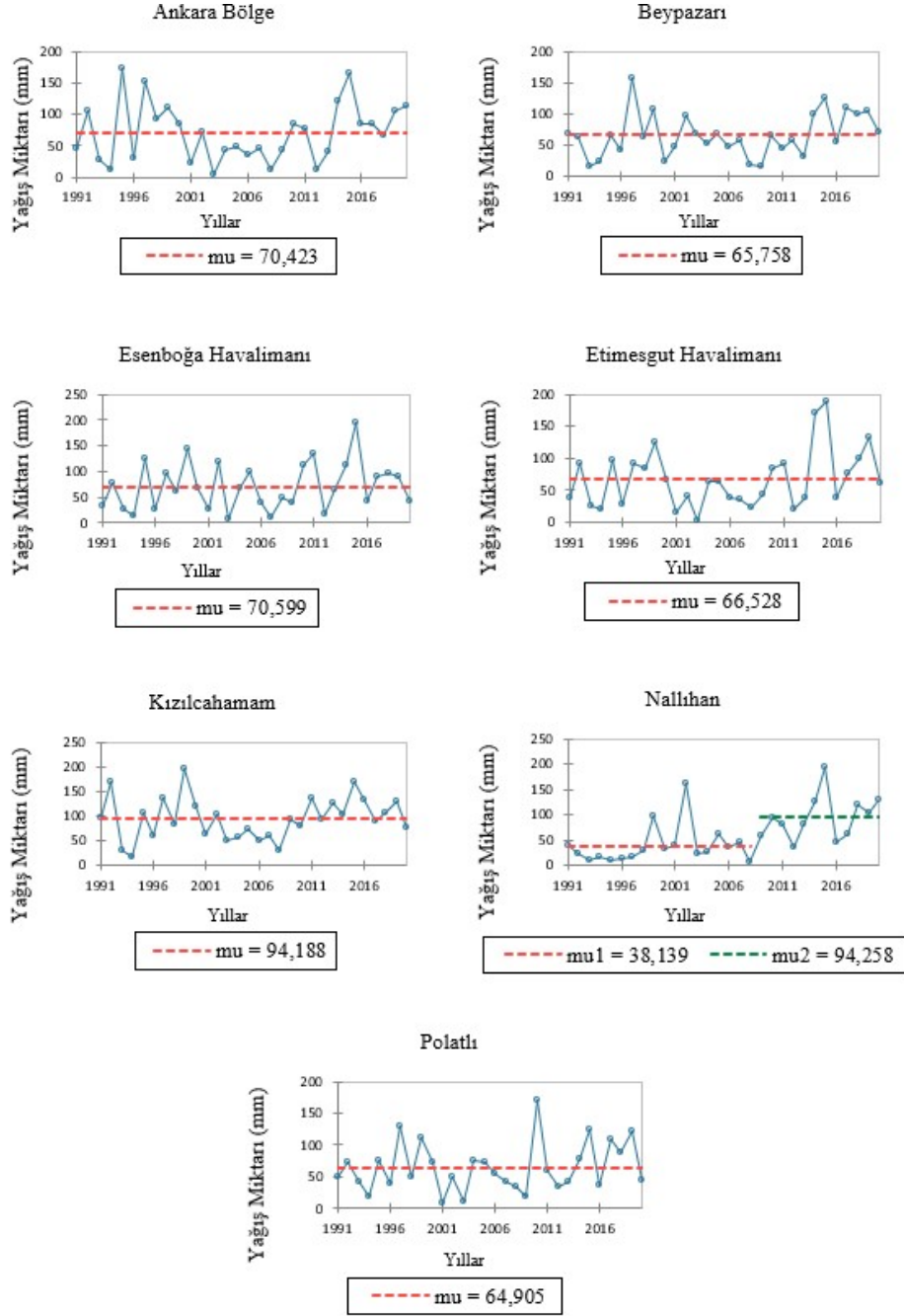
Sonbahar mevsimi YTA sonuçlarına bakıldığında düşük ölçekte genel olarak azalan trendler mevcut olup, Nallıhan ve Polatlı istasyonlarında artan trend mevcuttur. Orta ölçekte tüm istasyonlar artan trenddedir. Yüksek ölçekte de aynı durum söz konusudur. Tüm istasyonlar için YTA sonbahar mevsimi yağış trendlerini gösteren grafikler Şekil 10'da verilmiştir.

3.3.3. Kış mevsimi YTA bulguları (Winter season innovative trend analysis results)

Kış mevsimi için; düşük ölçekte genel olarak artan trendler mevcut olup, Beypazarı ve Kızılcahamam istasyonlarında azalan trend mevcuttur. Orta ölçekte tüm istasyonlarda artan trend mevcut olup Ankara bölge ve Esenboğa havalimanı istasyonlarında bu artışlar monoton değildir. Yüksek ölçekte ise tüm istasyonlarda artan bir trenddedir. Nallıhan ve Polatlı istasyonlarında bütüncül bir artan trend var iken diğer istasyonlarda bütüncül olmayan bir artan trend mevcuttur. Kış mevsimi toplam yağış verileri ile yapılan YTA analizinin tüm istasyonlar için oluşturulan grafikleri Şekil 11'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Pettitt testi yaz mevsimi homojenlik bulguları (Summer season homogeneous results)

| İstasyon Adı | İstasyon Numarası | Kritik Değer (133) | P-value(0,01) | Homojenlik Durumu |
|----------------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|
| Ankara Bölge | 17130 | 107 | 0,19 | Kabul |
| Beypazarı | 17680 | 115 | 0,123 | Kabul |
| Esenboğa Havalimanı | 17128 | 79 | 0,745 | Kabul |
| Etimesgut Havalimanı | 17129 | 101 | 0,272 | Kabul |
| Kızılcahamam | 17664 | 108 | 0,191 | Kabul |
| Nallıhan | 17679 | 166 | 0,003 | Ret |
| Polatlı | 17728 | 75 | 0,849 | Kabul |



Şekil 8. Pettitt testi yaz mevsimi grafikleri (Pettitt test summer season graphics)

Tablo 8. MK testi yıllık toplam bulguları (Mann Kendall test total annual results)

| İstasyonlar | Veri Aralığı | S | P-Value (0,05) | Z ($\pm 1,96$) | H ₀ | Trend |
|----------------------|--------------|-----|----------------|------------------|----------------|-------|
| Ankara Bölge | 1991-2020 | 37 | 0,524 | 0,642 | Kabul | - |
| Beypazarı | 1991-2020 | 13 | 0,832 | 0,214 | Kabul | - |
| Esenboğa Havalimanı | 1991-2020 | 27 | 0,646 | 0,463 | Kabul | - |
| Etimesgut Havalimanı | 1991-2020 | 29 | 0,621 | 0,499 | Kabul | - |
| Kızılcahamam | 1991-2020 | -15 | 0,805 | -0,249 | Kabul | - |
| Nallıhan | 1991-2020 | 193 | 0 | 3,425 | Ret | ↑ |
| Polatlı | 1991-2020 | -13 | 0,832 | -0,214 | Kabul | - |

Tablo 9. MK testi sonbahar mevsimi bulguları (Autumn season Mann Kendall test results)

| İstasyonlar | Veri Aralığı | S | P-Value (0,05) | Z ($\pm 1,96$) | H ₀ | Trend |
|----------------------|--------------|------|----------------|------------------|----------------|-------|
| Ankara Bölge | 1991-2020 | -51 | 0,376 | -0,892 | Kabul | - |
| Beypazarı | 1991-2020 | -110 | 0,05 | -1,945 | Ret | ↓ |
| Esenboğa Havalimanı | 1991-2020 | -65 | 0,256 | -0,141 | Kabul | - |
| Etimesgut Havalimanı | 1991-2020 | -68 | 0,225 | -1,195 | Kabul | - |
| Kızılcahamam | 1991-2020 | -84 | 0,126 | -1,534 | Kabul | - |
| Nallıhan | 1991-2020 | 63 | 0,272 | 1,106 | Kabul | - |
| Polatlı | 1991-2020 | -81 | 0,155 | -1,427 | Kabul | - |

Tablo 10. MK testi kış mevsimi bulguları (Winter seasons Mann Kendall test results)

| İstasyonlar | Veri Aralığı | S | P-Value(0,05) | Z ($\pm 1,96$) | H ₀ | Trend |
|----------------------|--------------|-----|---------------|------------------|----------------|-------|
| Ankara Bölge | 1991-2020 | 63 | 0,272 | 1,106 | Kabul | - |
| Beypazarı | 1991-2020 | -6 | 0,915 | -0,089 | Kabul | - |
| Esenboğa Havalimanı | 1991-2020 | 11 | 0,86 | 0,178 | Kabul | - |
| Etimesgut Havalimanı | 1991-2020 | 19 | 0,75 | 0,321 | Kabul | - |
| Kızılcahamam | 1991-2020 | 17 | 0,777 | 0,285 | Kabul | - |
| Nallıhan | 1991-2020 | 143 | 0,011 | 2,533 | Ret | ↑ |
| Polatlı | 1991-2020 | 24 | 0,668 | 0,41 | Kabul | - |

Tablo 11. MK testi ilkbahar mevsimi bulguları (Spring season Mann Kendall test results)

| İstasyonlar | Veri Aralığı | S | P-Value(0,05) | Z ($\pm 1,96$) | H ₀ | Trend |
|----------------------|--------------|-----|---------------|------------------|----------------|-------|
| Ankara Bölge | 1991-2020 | 3 | 0,972 | 0,035 | Kabul | - |
| Beypazarı | 1991-2020 | -15 | 0,805 | -0,249 | Kabul | - |
| Esenboğa Havalimanı | 1991-2020 | -1 | 1 | 0 | Kabul | - |
| Etimesgut Havalimanı | 1991-2020 | -11 | 0,86 | -0,178 | Kabul | - |
| Kızılcahamam | 1991-2020 | -19 | 0,75 | -0,321 | Kabul | - |
| Nallıhan | 1991-2020 | 137 | 0,014 | 2,426 | Ret | ↑ |
| Polatlı | 1991-2020 | -45 | 0,436 | -0,785 | Kabul | - |

Tablo 12. MK testi yaz mevsimi bulguları (Summer season Mann Kendall test results)

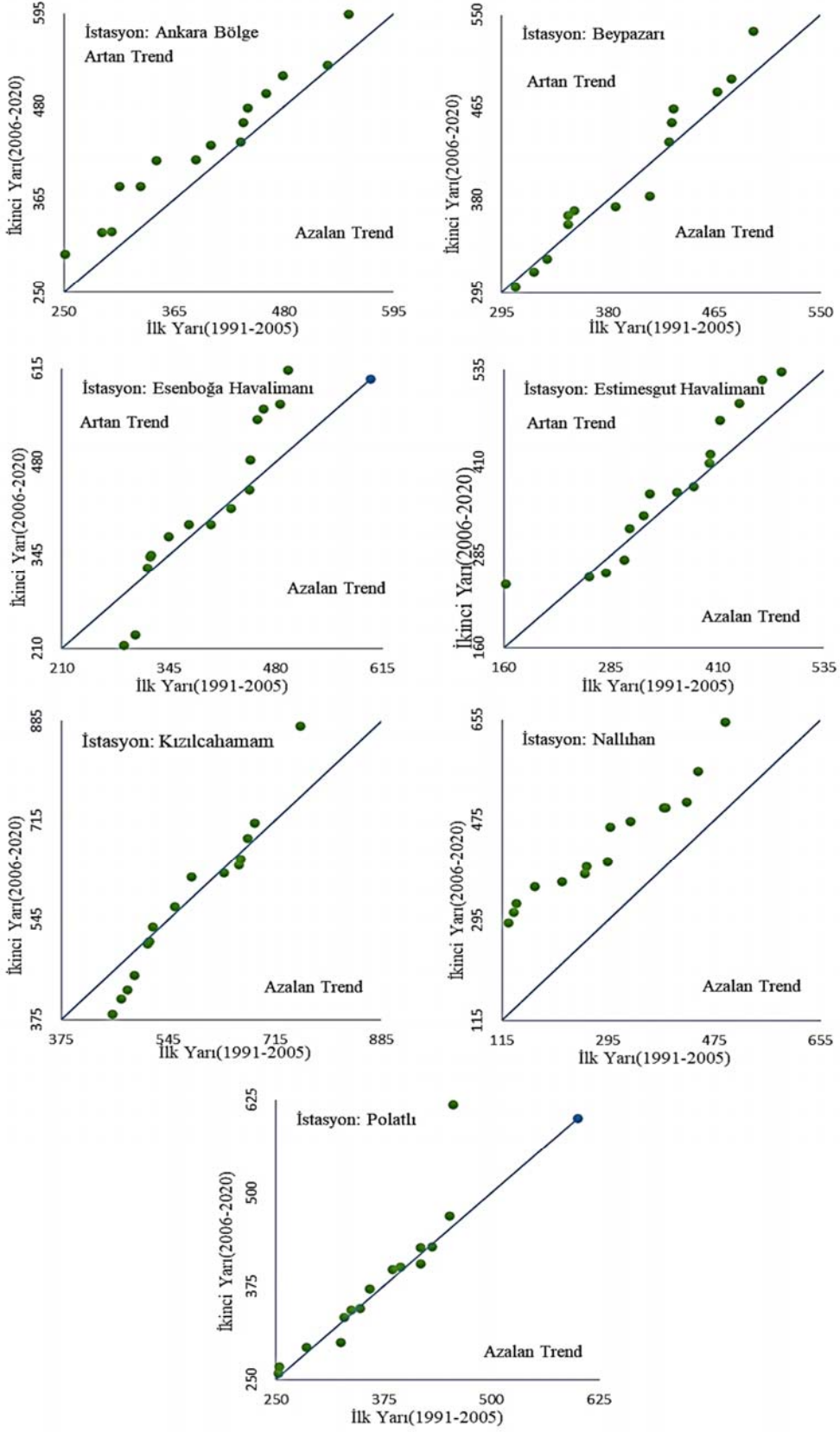
| İstasyonlar | Veri Aralığı | S | P-Value(0,05) | Z ($\pm 1,96$) | H ₀ | Trend |
|----------------------|--------------|-----|---------------|------------------|----------------|-------|
| Ankara Bölge | 1991-2020 | 58 | 0,357 | 0,927 | Kabul | - |
| Beypazarı | 1991-2020 | 71 | 0,214 | 1,248 | Kabul | - |
| Esenboğa Havalimanı | 1991-2020 | 63 | 0,272 | 1,106 | Kabul | - |
| Etimesgut Havalimanı | 1991-2020 | 68 | 0,225 | 1,195 | Kabul | - |
| Kızılcahamam | 1991-2020 | 63 | 0,272 | 1,106 | Kabul | - |
| Nallıhan | 1991-2020 | 223 | <0,0001 | 3,961 | Ret | ↑ |
| Polatlı | 1991-2020 | 51 | 0,376 | 0,892 | Kabul | - |

3.3.4. İlkbahar mevsimi YTA bulguları
(Spring season innovative trend analysis results)

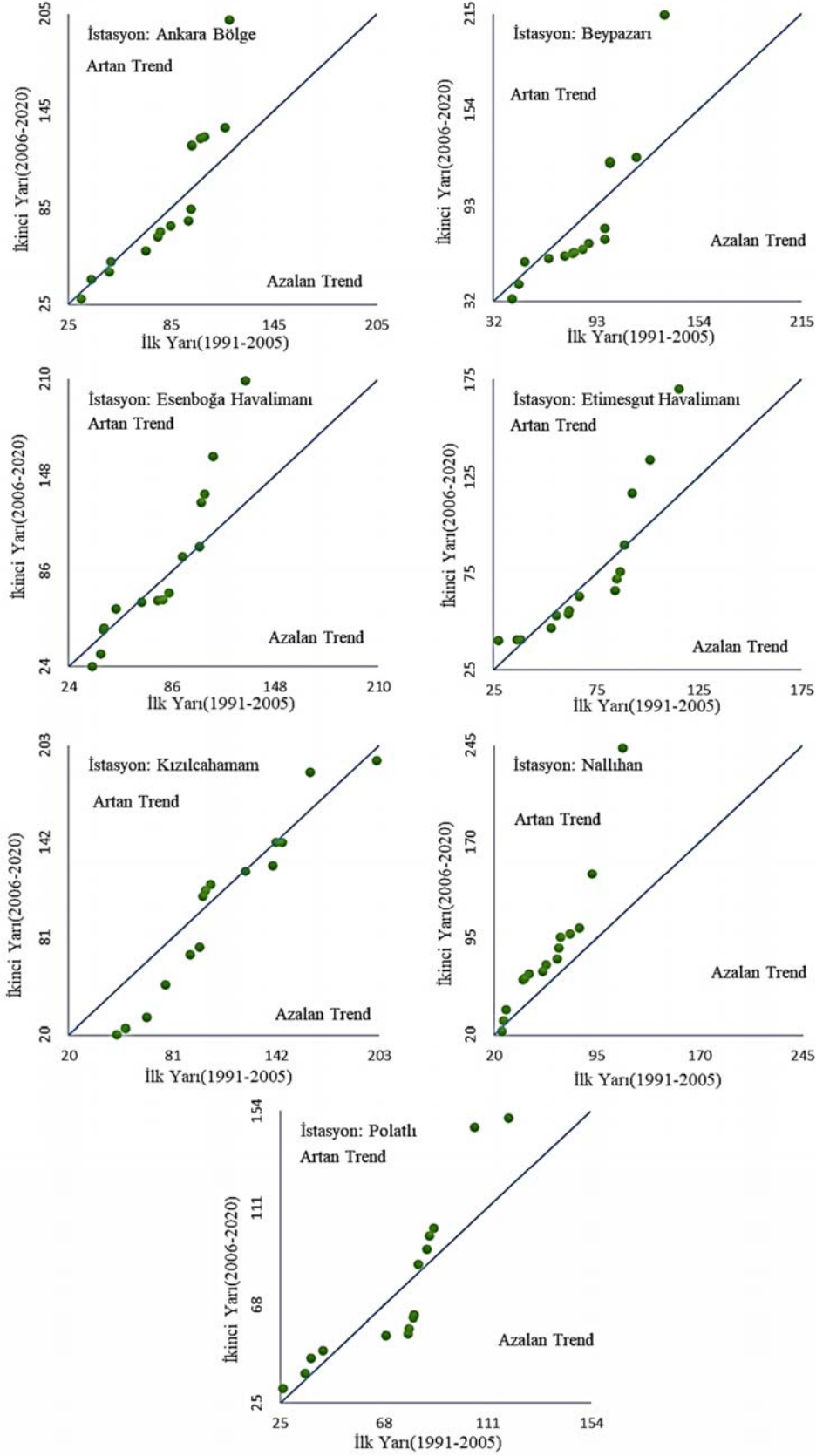
İlkbahar mevsimi analiz sonuçlarına göre; düşük ölçekte Ankara bölge, Etimesgut havalimanı ve Nallıhan istasyonlarında artan trend mevcut iken, Beypazarı, Esenboğa havalimanı, Kızılcahamam ve Polatlı istasyonlarında azalan trend mevcuttur. Orta ölçekte Nallıhan istasyonunda artan, diğer tüm istasyonlarda ise azalan trend mevcuttur. Yüksek ölçekte de orta ölçekte olduğu gibi Nallıhan istasyonu haricinde tüm istasyonlarda azalan trend mevcuttur. Azalan trendler incelendiğinde Beypazarı, Kızılcahamam ve Polatlı istasyonlarında bütüncül bir azalan trend göze çarpmaktadır. İlkbahar yağış verileri YTA çıktılarına ait grafikler Şekil 12’de verilmiştir.

3.3.5. Yaz mevsimi YTA bulguları
(Summer season innovative trend analysis results)

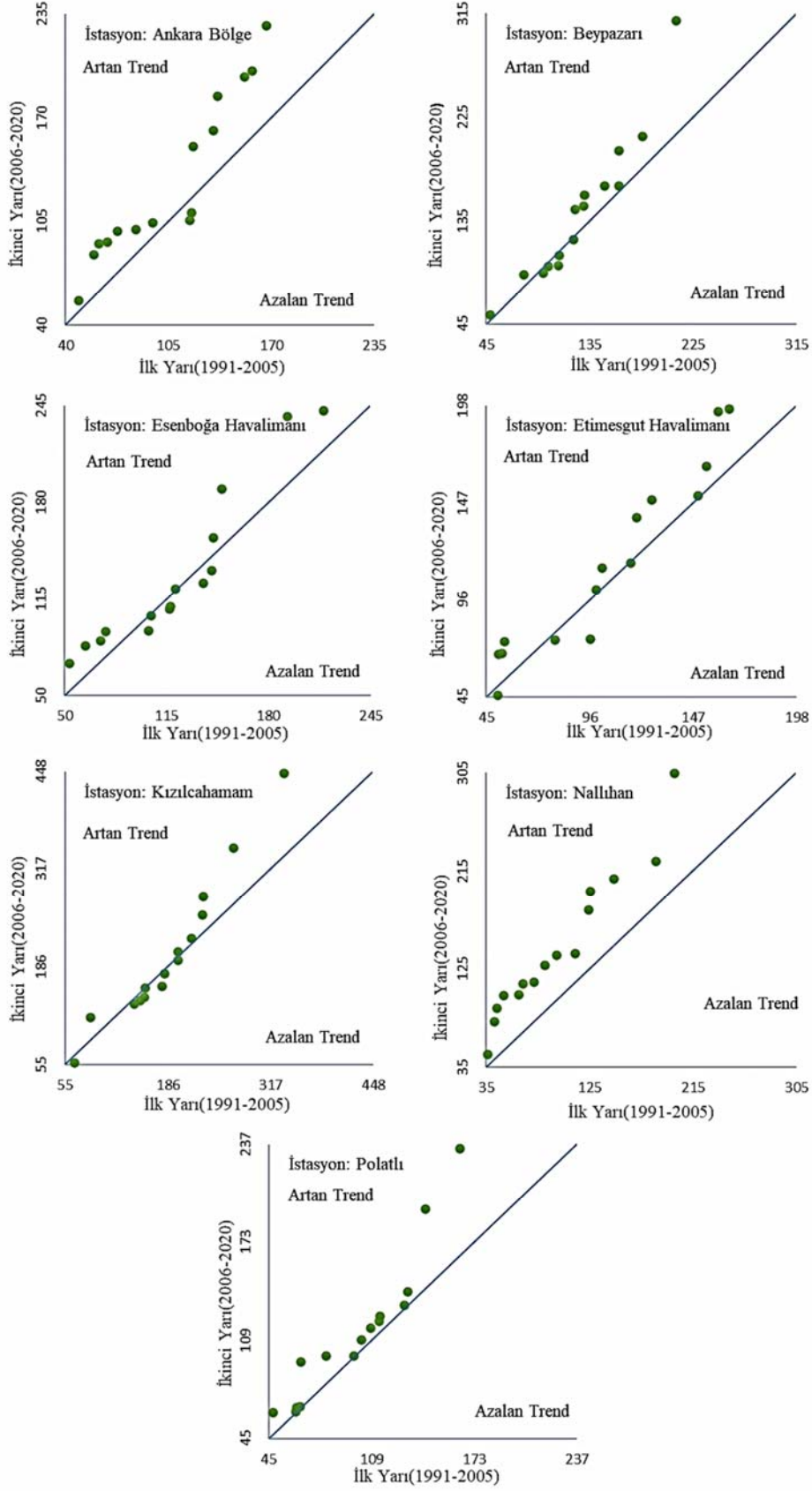
Yaz mevsimi için yapılan YTA sonuçları düşük ölçekte Beypazarı istasyonunda trend yok iken diğer tüm istasyonlarda artan trend olduğunu göstermektedir. Ayrıca, orta ölçekte Beypazarı istasyonunda yine trend yok iken, geri kalan istasyonlarda düşük ölçekte olduğu gibi artan trend tespit edilmiştir. Yüksek ölçekte de aynı sonuçlar gözlemlenmiştir. Etimesgut ve Nallıhan istasyonlarında noktasal değerlerin hemen hepsinin 1:1 eğimi üzerinde toplanması ve dolayısıyla bütüncül bir artan trendin olması dikkat çekicidir. İlkbahar yağış verileri YTA çıktılarına ait grafikler Şekil 13’de gösterilmiştir.



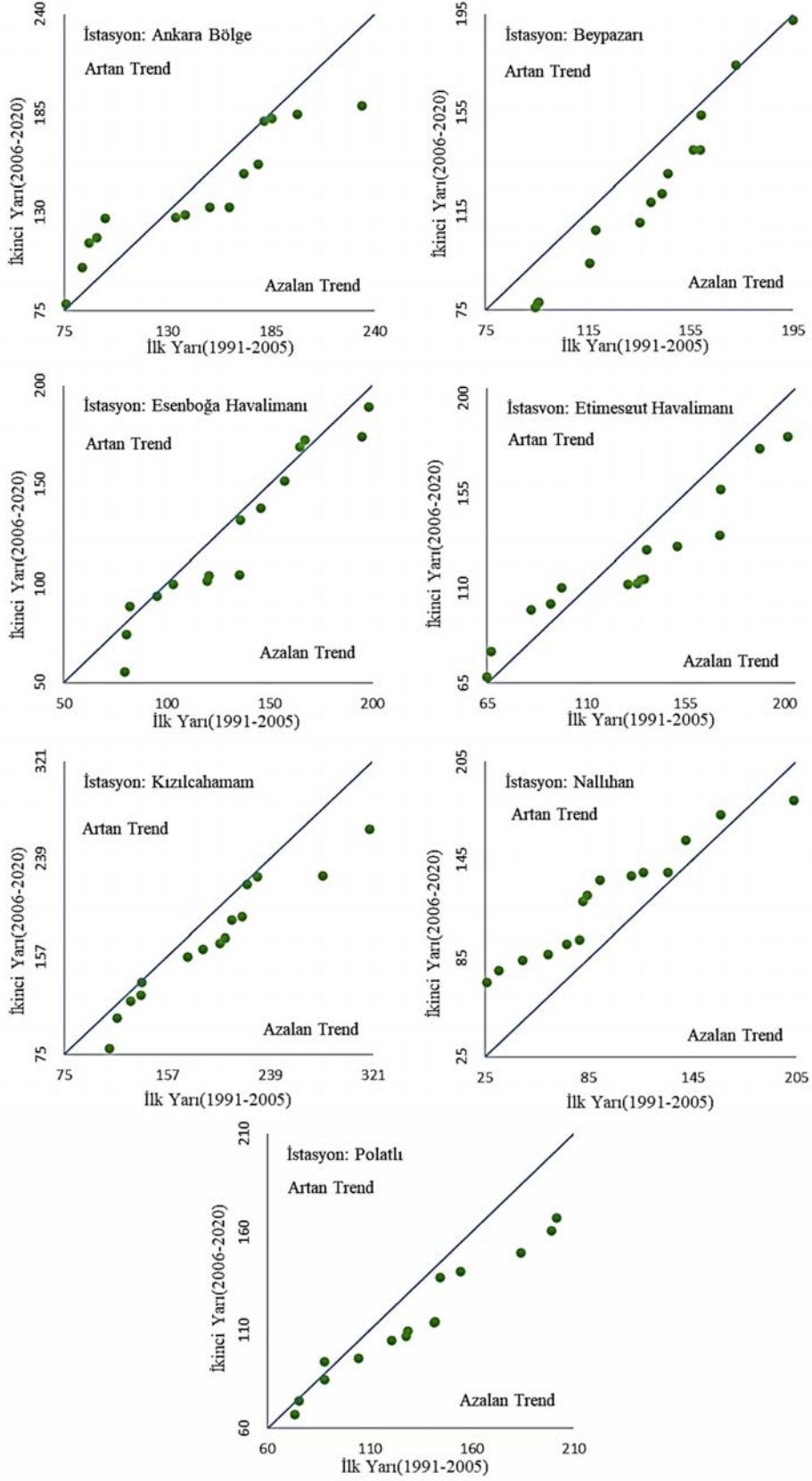
Şekil 9. Yıllık toplam yağış YTA bulguları (Annual total precipitation ITA findings)



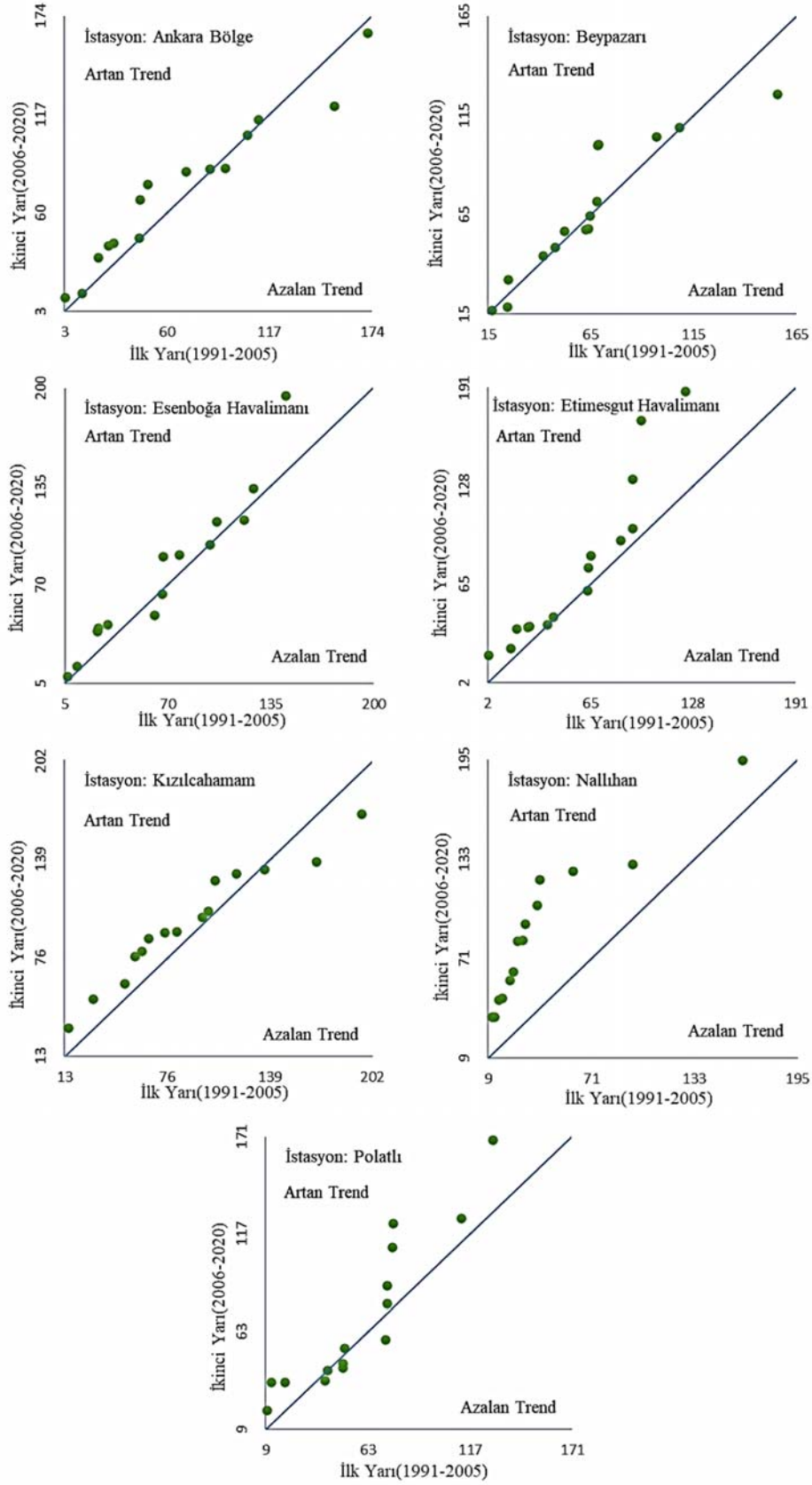
Şekil 10. Sonbahar toplam yağış YTA bulguları (Autumn total precipitation ITA findings)



Şekil 11. Kış toplam yağış YTA bulguları (Winter total precipitation ITA findings)



Şekil 12. İlkbahar toplam yağış YTA bulguları (Spring total precipitation ITA findings)



Şekil 13. Yaz toplam yağış YTA bulguları (Summer total precipitation ITA findings)

4. Simgeler (Symbols)

| | |
|------------|--|
| IPCC: | Hükümetler arası iklim değişikliği paneli |
| MGM: | Meteoroloji Genel Müdürlüğü |
| İTA: | Yenilikçi Trend Analizi |
| MK: | Mann Kendall |
| Yi: | Gözlem Değerleri |
| Xk: | Belirlenen veri uzunluğu için test istatistiği |
| Xt: | Belirlenen zaman için Pettitt değişkeni |
| S: | Mann Kendall test değeri |
| Xj, Xk: | Mann Kendall testi sıralı veri değerleri |
| Var(S): | Mann Kendall Varyans Değerleri |
| α : | Anlamlılık Seviyesi |
| Z: | Mann Kendall Standart Normal Değeri |
| Ha: | Alternatif Hipotez |
| H0: | Hipotez Sıfır |
| mm: | Milimetre |

5. Sonuçlar (Conclusions)

İklim değişikliği yağış ve sıcaklık gibi iklim parametrelerinin uzun sürede ciddi değişimler göstermesi ile kendisini hissettiren, bu durum dünya çapında beklenmedik sel taşkınlarına, buzulların hızla erimesine dolayısıyla okyanus seviyesinin artmasına ve hatta kuraklıklara sebep olmaktadır. Dünya çapında birçok farklı disiplinden bilim insanları bu durumu araştırmaktadır. Trend analizleri de iklim değişkenlerindeki ani yön değişimlerini saptamak için kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında MGM'den Ankara iline ait 17130 numaralı Ankara bölge, 17680 numaralı Beypazarı, 17128 numaralı Esenboğa havalimanı, 17129 numaralı Etimesgut havalimanı, 17664 numaralı Kızılcahamam, 17679 numaralı Nallıhan, 17728 numaralı Polatlı istasyonları 1991-2020 yıllarını kapsayan aylık yağış verileri alınmıştır. Toplam yedi adet istasyon verilerine önce yıllık ve mevsimsel homojenlik testi yapılmıştır. Homojenlik testi için Pettitt testi tercih edilmiştir. Sonrasında Ankara'daki yağış eğilimini tespit etmek için trend analizleri yapılmıştır. Analizlerde MK ve YTA analizleri tercih edilmiş ve tıpkı homojenlik testi gibi yağış verileri yıllık ve mevsimsel olarak ayrı ayrı analiz edilmiştir.

Pettitt homojenlik testi sonuçlarına göre yıllık toplam yağış verileri üzerinde Nallıhan istasyonunda bir kırılma tespit edilmiş ve geri kalan altı istasyonun tümünde homojen durum gözlemlenmiştir. Mevsimsel homojenlik testi sonuçlarına göre ise kış ve yaz mevsiminde gene Nallıhan istasyonunda bir kırılma olduğu görülmüştür. Sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde ise tüm istasyonlarda homojen durum gözlemlenmiştir.

MK trend analizi sonuçlarına göre yıllık toplam yağış verileri, kış mevsimi, ilkbahar mevsimi ve yaz mevsimi sonuçlarına göre sadece Nallıhan istasyonunda artan trend tespit edilmiş, diğer istasyonlarda ise trend tespit edilmemiştir. Sonbahar mevsimi MK sonuçlarına göre ise sadece Beypazarı istasyonunda azalan trend varlığı gözlemlenmiş, diğer istasyonlarda trend gözlemlenmemiştir.

YTA sonuçları ise MK trend analizi sonuçlarına göre daha belirgin olup yıllık toplam yağış verilerinde Kızılcahamam istasyonunda azalan trend mevcuttur. Polatlı istasyonunda trend olmayıp, diğer beş istasyonda artan trend saptanmıştır. Sonbahar mevsimi YTA sonuçlarına göre Beypazarı, Etimesgut havalimanı, Kızılcahamam istasyonlarında azalan trend ve diğer istasyonlarda artan trend vardır. Kış mevsimi YTA sonuçlarına göre tüm istasyonlarda artan trend mevcuttur. İlkbahar YTA sonuçlarına göre Nallıhan istasyonunda artan, diğer istasyonlarda azalan trendle karşılaşılmıştır. Yaz mevsimi

YTA sonuçlarına göre ise Beypazarı istasyonunda trend mevcut olmayıp, geri kalan tüm istasyonlarda artan trend tespit edilmiştir. Nallıhan yağış istasyonu yıllık, kış ve yaz mevsimi homojenlik testlerinde meydana gelen kırılmalar, trend analizlerinde ortaya çıkan sonuçları doğrular niteliktedir. 1998 yılındaki kırılma öncesi 8 yıllık periyottaki ortalama yağış miktarlarında kırılma sonrası ciddi bir artış gözlemlenmiştir. Bu da MK ve YTA trend analizleri sonuçlarında Nallıhan istasyonu için ortaya çıkan artan trend sonucunun doğruluğunun ispatıdır. Diğer istasyonlarda bakıldığında Beypazarı istasyonu için hem MK hem de YTA analizlerinde azalan trend sonucu elde edilmiştir. Tüm istasyonlar göz önüne alındığında mevsimsel olarak gösterdikleri trend değişimleri, yıllık bazda net bir trend oluşmasına sebep olmuştur. YTA sonuçlarına bakıldığında çoğu barajın yıllık, sonbahar, kış ve yaz periyotlarında artan trendde olma çarpıcı bir sonuçtur.

Buna ek olarak Ankara ilinin bulunduğu coğrafi konum ve iklim şartları göz önüne alındığında neredeyse tüm istasyonların ilkbaharda azalan trendde olmaları da bir o kadar düşündürücüdür. Genel duruma bakıldığında ilk değişikliğinin Ankara ili yağış miktarlarına ve trendlerine etkisi net bir şekilde görülmektedir. İstasyonların buldukları bölgelerin şehir merkezine olan uzaklığı, bitki örtüsü, topografik ve coğrafik koşulları, nem ve sıcaklık parametreleri de farklı mevsimlerde farklı trend sonuçlarının çıkmasına sebebiyet vermiştir.

Tüm bu sonuçlara göre Ankara ilinde ciddi bir yağış kuraklığından söz edilemez. Ancak farklı iklim senaryoları ile Ankara ilinin su potansiyeli belirlenmeli ve gelecek yıllar için nüfus artışı da göz önünde bulundurularak su kıtlığına karşı önlemler alınmalıdır. Ankara ili yağışlarının şiddeti, süresi ve tekrarı detaylı olarak incelenmeli ve olası sel felaketleri için şehrin altyapısı güçlendirilmelidir. Sulama amaçlı inşa edilecek baraj, gölet gibi inşaatların yerlerinin belirlenmesinde trend analizleri incelenmelidir.

Kaynaklar (References)

1. Sakalis V.D., Trend analysis of annual and seasonal precipitation data in Arcadia region (Greece), *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*, 3 (8), 2022.
2. Sayemuzzaman M., Jha M.K., Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States, *Atmospheric Research*, 137, 183–194, 2014.
3. Hadi S.J., Tombul M., Long-term spatiotemporal trend analysis of precipitation and temperature over Turkey, *Meteorol. Appl.* 25, 445–455, 2018.
4. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Callander B.A., Harris N., Kattenberg A., and Maskell K., Eds., *Climate Change 1995, The Science of Climate Change*, Cambridge University Press, 572, 1996.
5. Demir İ., Kılıç G., Coşkun M., PRECIS bölgesel iklim modeli ile Türkiye için iklim öngörülerini: HadAMP3 SRES A2 senaryosu, *Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 365-373, 2008.
6. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye 2020 yılı iklim değerlendirmesi. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2020-iklim-raporu.pdf>. Yayın tarihi 2021. Erişim Tarihi: Ağustos, 11, 2022.
7. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2021 yılı iklim değerlendirmesi. <https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2021-iklim-raporu.pdf>, Yayın tarihi 2022. Erişim Tarihi: Ağustos, 11, 2022.
8. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2021-ortalama-sicaklik.pdf>, Yayın tarihi 2022. Erişim Tarihi: Ağustos, 13, 2022.
9. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2021-yagis.pdf>, Yayın tarihi 2022. Erişim Tarihi: Ağustos, 13, 2022.
10. Alifujiang Y., Abuduwaili J., Maihemuti B., Emin B., Groll M., Innovative trend analysis of precipitation in the Lake Issyk-Kul Basin, *Kyrgyzstan, Atmosphere*, 11 (4), 332, 2020.
11. Sen Z., Innovative trend analysis methodology, *J. Hydrol. Eng.*, 17, 1042–1046, 2012.

12. Li J., Wu W., Ye X., Jiang H., Innovative trend analysis of main agriculture natural hazards in China during 1989–2014. *Nat. Hazards*, 95, 677-720, 2019.
13. Tabari H., Taye M.T., Onyutha C., Willems P., Decadal analysis of river flow extremes using quantile-based approaches, *Water Resour. Manag.*, 31, 3371–3387, 2017.
14. Kisi O., An innovative method for trend analysis of monthly pan evaporations. *J. Hydrol.*, 527, 1123–1129, 2015.
15. Caloiero T., Evaluation of rainfall trends in the South Island of New Zealand through the innovative trend analysis (ITA), *Theor. Appl. Climatol.*, 139, 493–504, 2020.
16. Çiflik D., Ege Bölgesi DSİ istasyonlarında ölçülen yıllık toplam yağışların trend analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2012.
17. Şen C., Isparta ilinde sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2013.
18. Emek M.F., Doğu Anadolu Bölgesi yıllık ve aylık toplam yağışların trend analizi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2014.
19. Caloiero T., Analysis of rainfall trend in New Zealand, *Environmental Earth Sciences*, 73 (10), 6297-6310, 2015.
20. Yacoub E., Tayfur G., Spatial and temporal of variation of meteorological drought and precipitation trend analysis over whole Mauritania, *Journal of African Earth Sciences*, 163, 103761, 2020.
21. Yang H., Xiao H., Guo C., Sun Y., Spatial-temporal analysis of precipitation variability in Qinghai Province, China, *Atmospheric Research*, 228, 242-260, 2019.
22. Jenifer M.A., Jha M.K., Assessment of precipitation trends and its implications in the semi-arid region of Southern India, *Environmental Challenges*, 5, 100269, 2021.
23. Joshi G.S., Makhasana P., Assessment of seasonal climate transference and regional influential linkages to land cover–Investigation in a river basin, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 199, 105209, 2020.
24. Harka A.E., Jilo N.B., Behulu F., Spatial-temporal rainfall trend and variability assessment in the Upper Wabe Shebelle River Basin, Ethiopia: Application of innovative trend analysis method, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 37, 100915, 2021.
25. Nacaroğlu S., Trend analysis of temperature and precipitation values in Kızılırmak Basin, Master of Science Thesis, Gaziantep University Graduate School of Natural & Applied Sciences, Gaziantep, 58-105, 2021.
26. Partal T., Türkiye yağış verilerinin trend analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.
27. Türkeş M., Sümer U.M., Demir İ., Türkiye'nin günlük ortalama, maksimum ve minimum hava sıcakları ile sıcaklık genişliğindeki eğilimler ve değişiklikler, Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı, 11 (13), 89-106, 2002.
28. Pettitt A.N., A non-parametric approach to the change-point problem, *Applied Statistics*, 28, 126–135, 1979.
29. Mann H.B., Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, 13, 245–259, 1945.
30. Kendall, M.G., Rank Correlation Methods, Oxford University Press, New York, A.B.D., 1975.
31. Şen Z., Innovative Trend Methodologies in Science and Engineering, Springer International Publishing, New York, A.B.D., 2017.
32. Dabanlı İ., Şen Z., Yeleğen M.Ö., Şişman E., Selek B., Güçlü Y.S., Trend assessment by the innovative-Şen method, *Water Resources Management*, 30 (14), 5193-5203, 2016.