

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PYTHON PROGRAMLAMA DİLİ KULLANILARAK GÜNLÜK MAKSİMUM
YAĞIŞ VERİLERİNİN TREND VE RİSK ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cihat SARI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yavuz Selim GÜÇLÜ

HAZİRAN 2023

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PYTHON PROGRAMLAMA DİLİ KULLANILARAK GÜNLÜK MAKSİMUM
YAĞIŞ VERİLERİNİN TREND VE RİSK ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Cihat SARI
(501201507)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yavuz Selim GÜÇLÜ

HAZİRAN 2023

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501201507 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Cihat SARI, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “PYTHON PROGRAMLAMA DİLİ KULLANILARAK GÜNLÜK MAKSİMUM YAĞIŞ VERİLERİNİN TREND VE RİSK ANALİZLERİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Yavuz Selim GÜÇLÜ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Melih KOŞUCU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÇOBAN
Haliç Üniversitesi

Teslim Tarihi : 25 Mayıs 2023
Savunma Tarihi : 21 Haziran 2023





Aileme,



ÖNSÖZ

Tez yazma sürecinde her zaman desteğini esirgemeyen, birlikte çalıştığım için kendimi şanslı hissettiğim saygıdeğer hocam Doç. Dr. Yavuz Selim GÜÇLÜ'ye teşekkür ederim.

Bu süreçte maddi ve manevi olarak büyük destek sağlayan sevgili eşime, hayatımın her döneminde bana güvenen ve beni destekleyen çok değerli babama, anneme ve kardeşime teşekkür ederim.

Mayıs 2023

Cihat Sarı
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Araştırması	4
1.1.1 Trend analizi çalışmaları	4
1.1.2 Risk analizi çalışmaları	10
1.1.3 Python çalışmaları	13
1.2 Tezin Amacı	15
2. METODOLOJİ	17
2.1 Trend Analizi	17
2.1.1 Mann-Kendall yöntemi	17
2.1.2 Runs testi	19
2.1.3 Yenilikçi trend analizi (YTA) yöntemi	20
2.1.4 Geliştirilmiş YTA yöntemi	21
2.1.5 Çift YTA yöntemi	23
2.1.6 Geliştirilmiş Ç-YTA yöntemi	25
2.2 Risk Analizi	26
2.2.1 Alternatif Burr XII dağılımı	28
2.3 Python Programlama Dili	29
2.3.1 Genel bilgi	29
2.3.2 İnşaat mühendisliğindeki yeri	31
2.3.3 Tezde kullanılan kütüphaneler	32
2.3.4 Verilerin işlenmesi	33
2.3.5 Arayüz tasarımı	35
3. UYGULAMA	41
3.1 Çalışma Alanı ve Veriler	41
3.2 Trend Analizi Sonuçları	50
3.3 Risk Analizi Sonuçları	77
4. SONUÇLAR	95
KAYNAKLAR	97
ÖZGEÇMİŞ	103



KISALTMALAR

Ç-YTA	: Çift YTA
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MK	: Mann-Kendall
ODF	: Olasılık Dağılım Fonksiyonu
KDF	: Kümülatif Dağılım Fonksiyonu
YTA	: Yenilikçi Trend Analizi



SEMBOLLER

H_0	: Sıfır hipotezi
H_1	: Karşı hipotez
N_a	: Aritmetik ortalamamanın altındaki değerler
N_u	: Aritmetik ortalamamanın üstündeki değerler
R	: Korelasyon katsayısı
R^2	: Belirlilik katsayısı
S	: Mann-Kendall Test istatistiği
T	: Tekerrür aralığı
V	: Varyans
Z_{MK}	: Mann-Kendall normal dağılım değeri
Z_r	: Runs testi normal dağılım değeri
a	: Burr XII şekil parametresi
k	: Burr XII şekil parametresi
r	: Run sayısı
w_i	: Weibull değerleri
α	: Anlamlılık düzeyi
β	: Burr XII ölçek parametresi
γ	: Burr XII yerleştirme parametresi



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : İstasyonlara ait coğrafi bilgiler.....	42
Çizelge 3.2 : İstasyonlara ait istatistik verileri (mm).....	43
Çizelge 3.3 : MK test sonuçları.	51
Çizelge 3.4 : Çanakkale istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.	78
Çizelge 3.5 : Çanakkale istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.	78
Çizelge 3.6 : Çanakkale istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.	79
Çizelge 3.7 : Çorlu istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.....	80
Çizelge 3.8 : Çorlu istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.....	80
Çizelge 3.9 : Çorlu istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.....	80
Çizelge 3.10 : Dikili istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.....	81
Çizelge 3.11 : Dikili istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.....	81
Çizelge 3.12 : Dikili istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.....	82
Çizelge 3.13 : Dört Yol istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.....	83
Çizelge 3.14 : Dört Yol istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.	83
Çizelge 3.15 : Dört Yol istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.....	83
Çizelge 3.16 : Edirne istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.	84
Çizelge 3.17 : Edirne istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.	84
Çizelge 3.18 : Edirne istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.	85
Çizelge 3.19 : İnebolu istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.....	86
Çizelge 3.20 : İnebolu istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.....	86
Çizelge 3.21 : İnebolu istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.....	86
Çizelge 3.22 : Niğde istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.	87
Çizelge 3.23 : Niğde istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.	88
Çizelge 3.24 : Niğde istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.	88
Çizelge 3.25 : Şanlıurfa istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.	89
Çizelge 3.26 : Şanlıurfa istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.	89
Çizelge 3.27 : Şanlıurfa istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.	90
Çizelge 3.28 : Yozgat istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.	91
Çizelge 3.29 : Yozgat istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.	91
Çizelge 3.30 : Yozgat istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.	91
Çizelge 3.31 : Zonguldak istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.....	92
Çizelge 3.32 : Zonguldak istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.....	92
Çizelge 3.33 : Zonguldak istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri....	93



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Mann-Kendall hipotezi.....	18
Şekil 2.2 : Artan, azalan ve trend olmayan durumlar.	21
Şekil 2.3 : Geliştirilmiş YTA yöntemiyle örnek trend analizi.....	22
Şekil 2.4 : YTA yöntemiyle örnek trend analizi.....	24
Şekil 2.5 : Ç-YTA yöntemiyle örnek trend analizi.....	24
Şekil 2.6 : Geliştirilmiş Ç-YTA örneği.	25
Şekil 2.7 : Teorik ODF (a) ve KDF (b).	26
Şekil 2.8 : ODF ile olasılık hesabı.....	27
Şekil 2.9 : KDF ile olasılık hesabı.....	27
Şekil 2.10 : TIOBE endeksine göre 2002-2022 yılları arasında Python kullanım oranı değişimi.....	30
Şekil 2.11 : Python ile çizgi grafiği örneği.....	34
Şekil 2.12 : Python ile saçılım grafiği örneği (Url-3).....	34
Şekil 2.13 : Python ile oluşturulmuş arayüz örneği.....	36
Şekil 2.14 : Arayüzün güven aralığını değiştirme ekranı.....	37
Şekil 2.15 : Arayüzün trend analizi bölümünden bir örnek.....	38
Şekil 2.16 : Arayüzün risk analizi bölümünden bir örnek.....	39
Şekil 2.17 : Arayüzün tekerrür aralığına göre yağış değeri hesaplama bölümünden bir örnek.....	40
Şekil 3.1 : İstasyonların Türkiye üzerinde konumları.....	42
Şekil 3.2 : 1961-2020 Çanakkale günlük maksimum yağış verisi.....	44
Şekil 3.3 : 1961-2020 Çorlu günlük maksimum yağış verisi.....	44
Şekil 3.4 : 1961-2020 Dikili günlük maksimum yağış verisi.....	45
Şekil 3.5 : 1961-2020 Dört Yol günlük maksimum yağış verisi.....	46
Şekil 3.6 : 1961-2020 Edirne günlük maksimum yağış verisi.....	46
Şekil 3.7 : 1961-2020 İnebolu günlük maksimum yağış verisi.....	47
Şekil 3.8 : 1961-2020 Niğde günlük maksimum yağış verisi.....	48
Şekil 3.9 : 1961-2020 Şanlıurfa günlük maksimum yağış verisi.....	48
Şekil 3.10 : 1961-2020 Yozgat günlük maksimum yağış verisi.....	49
Şekil 3.11 : 1961-2020 Zonguldak günlük maksimum yağış verisi.....	50
Şekil 3.12 : Çanakkale istasyonu YTA grafiği.....	52
Şekil 3.13 : Çanakkale istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.....	53
Şekil 3.14 : Çanakkale istasyonu Ç-YTA grafiği.....	53
Şekil 3.15 : Çanakkale istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.....	54
Şekil 3.16 : Çorlu istasyonu YTA grafiği.....	55
Şekil 3.17 : Çorlu istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.....	55
Şekil 3.18 : Çorlu istasyonu Ç-YTA grafiği.....	56
Şekil 3.19 : Çorlu istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.....	56
Şekil 3.20 : Dikili istasyonu YTA grafiği.....	57

Şekil 3.21 : Dikili istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.....	58
Şekil 3.22 : Dikili istasyonu Ç-YTA grafiği.....	58
Şekil 3.23 : Dikili istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.....	59
Şekil 3.24 : Dörtyol istasyonu YTA grafiği.....	60
Şekil 3.25 : Dörtyol istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.....	60
Şekil 3.26 : Dörtyol istasyonu Ç-YTA grafiği.....	61
Şekil 3.27 : Dörtyol istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.....	61
Şekil 3.28 : Edirne istasyonu YTA grafiği.	62
Şekil 3.29 : Edirne istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.	63
Şekil 3.30 : Edirne istasyonu Ç-YTA grafiği.	63
Şekil 3.31 : Edirne istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.	64
Şekil 3.32 : İnebolu istasyonu YTA grafiği.	65
Şekil 3.33 : İnebolu istasyonu geliştirilmiş YTA örneği.	65
Şekil 3.34 : İnebolu istasyonu Ç-YTA grafiği.....	66
Şekil 3.35 : İnebolu istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.....	66
Şekil 3.36 : Niğde istasyonu YTA grafiği.	67
Şekil 3.37 : Niğde istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.	68
Şekil 3.38 : Niğde istasyonu Ç-YTA grafiği.	68
Şekil 3.39 : Niğde istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.	69
Şekil 3.40 : Şanlıurfa istasyonu YTA grafiği.	70
Şekil 3.41 : Şanlıurfa istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.	70
Şekil 3.42 : Şanlıurfa istasyonu Ç-YTA grafiği.	71
Şekil 3.43 : Şanlıurfa istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.	71
Şekil 3.44 : Yozgat istasyonu YTA grafiği.....	72
Şekil 3.45 : Yozgat istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.	73
Şekil 3.46 : Yozgat istasyonu Ç-YTA grafiği.....	73
Şekil 3.47 : Yozgat istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.	74
Şekil 3.48 : Zonguldak istasyonu YTA grafiği.....	75
Şekil 3.49 : Zonguldak istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.....	75
Şekil 3.50 : Zonguldak istasyonu Ç-YTA grafiği.....	76
Şekil 3.51 : Zonguldak istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.....	76
Şekil 3.52 : Çanakkale istasyonu alternatif Burr XII grafiği.	78
Şekil 3.53 : Çorlu istasyonu alternatif Burr XII grafiği.	79
Şekil 3.54 : Dikili istasyonu alternatif Burr XII grafiği.....	81
Şekil 3.55 : Dörtyol istasyonu alternatif Burr XII grafiği.....	82
Şekil 3.56 : Edirne istasyonu alternatif Burr XII grafiği.	84
Şekil 3.57 : İnebolu istasyonu alternatif Burr XII grafiği.....	85
Şekil 3.58 : Niğde istasyonu alternatif Burr XII grafiği.	87
Şekil 3.59 : Şanlıurfa istasyonu alternatif Burr XII grafiği.	89
Şekil 3.60 : Yozgat istasyonu alternatif Burr XII grafiği.	90
Şekil 3.61 : Zonguldak istasyonu alternatif Burr XII grafiği.....	92

PYTHON PROGRAMLAMA DİLİ KULLANILARAK GÜNLÜK MAKSİMUM YAĞIŞ VERİLERİNİN TREND VE RİSK ANALİZLERİ

ÖZET

İklim değişikliği giderek daha ciddi bir sorun haline gelmekte ve hidrolojik olaylar üzerinde etkisi giderek artmaktadır. Bu nedenle, meteorolojik ve hidrolojik verilerin doğru bir şekilde analiz edilmesi, hidrolojik afetlerin yönetimi ve önlenmesi için büyük öneme sahiptir. Meteorolojik bir veri olan yağış ölçümleri, çevre koşullarının ve iklim değişikliğinin izlenmesi ve analiz edilmesi için önemli bir veri kaynağıdır. Aynı zamanda bu veriler, su yönetimi, çevre planlaması ve tarım gibi birçok sektör için hayati önem taşımaktadır. Özellikle trend ve risk analiz yöntemleri, yağış verilerinin incelenmesinde ve analiz edilmesinde önemli araçlardır. Trend analiz yöntemleri yağış verilerindeki eğilim varlığının tespit edilmesinde ve yönünün belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Ayrıca risk analiz yöntemleri de gelecekteki muhtemel yağış yüksekliklerinin belli tekerrür aralığına göre öngörülmesinde yardımcı olan araçlardır. Her iki analiz türünden elde edilen çıktılara göre de alınacak önlemler belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de muhtelif noktalardan elde edilen günlük maksimum yağış verilerinin trend ve risk analizleri hem klasik hem de modern yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Analizler sırasında, 10- 20- 50- 100- 200- 500 yıllık dönüş periyotlarına göre yağış değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde, trend analiz sonuçlarının sayısal olarak nasıl değiştiği gösterilmiştir. Böylece ilgili tekerrür aralıklarına göre muhtemel en büyük (maksimum) yağış miktarları trend dikkate alınarak öngörülmüştür. Trend analiz yöntemleri olarak klasik Mann-Kendall, modern Şen yaklaşımı (Yenilikçi Trend Analizi, YTA) ve YTA’nın türevleri kullanılmıştır. Risk analizi için kullanılan iki parametrelili olasılık dağılım fonksiyonu ise alternatif Burr XII fonksiyonudur. Analizlerin tümü ve görselleştirmeler Python programlama dili kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin analizi için Python programlama dilinin etkili bir araç olabileceği de böylece vurgulanmıştır. Çalışma kapsamında, Python programlama dili kullanılarak arayüz oluşturulmuştur. Hem trend hem de risk analizlerinin yapılması açısından değerlendirildiğinde bu denli kapsamlı bir çalışma Python programlama dili kullanılarak ilk defa yapılmıştır. Bu çalışma, yağış verileri üzerinde trend ve risk analizleri yapmak isteyenler için bir örnek teşkil edebilecektir ve bu alanda yapılacak araştırmalara kolaylık sağlayabilecektir. Çalışmada kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından elde edilmiştir. Türkiye’nin muhtelif noktalarındaki istasyonlardan elde edilen veriler 1961-2020 yılları arasındaki günlük maksimum yağış değerlerini içermektedir.

YTA ve türevleri uygulanarak gerçekleştirilen trend analizi ile alternatif Burr XII dağılımı uygulanarak gerçekleştirilen risk analizi değerlendirmelerinde çoğunlukla artan trend eğiliminin hakim olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Mevcut verilere göre Türkiye’de son altmış yılda günlük maksimum yağışların arttığı ve kuraklık tehlikesinin olmadığı söylenebilmektedir. İklim değişikliğinin etkilerinin Türkiye’nin farklı bölgelerinde hissedilmeye başlandığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



TREND AND RISK ANALYSIS OF DAILY MAXIMUM RAINFALL DATA WITH PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE

SUMMARY

Climate change is becoming an increasingly serious problem, and its impact on hydrological events is growing. Therefore, accurate analysis of hydrological and meteorological data is of great importance for the management and prevention of hydrological disasters. Precipitation measurements, which are meteorological data, are important source of data for monitoring and analyzing environmental conditions and climate change. Furthermore, these data are vital for many sectors such as water management, environmental planning, and agriculture. Especially trend and risk analysis methods are important tools for examining and analyzing precipitation data. Trend analysis methods help to detect the presence of trends in precipitation data and determine their direction. Additionally, risk analysis methods are tools that help to predict possible future precipitation heights according to a certain return period. With these predictions precautions can be taken based on the outputs obtained from both types of analysis.

In this study, trend and risk analysis of daily maximum precipitation data obtained from various stations in Turkey were conducted using both classical and modern methods. During the analyses, precipitation values were calculated for return periods of 10- 20- 50- 100- 200- 500 years. As a result of these calculations, the numerical changes in the trend analysis results were demonstrated. Thus, the possible largest (maximum) precipitation amounts were predicted by taking trends into account for relevant return periods.

Classical Mann-Kendall, modern Şen approach (Innovative Trend Analysis, ITA), and derivatives of ITA were used as trend analysis methods. The two-parameter probability distribution function used for risk analysis such as new type of Burr XII functions.

Mann-Kendall method is widely used to detect monotonic trends in environmental, climatic, or hydrological data series. The null hypothesis (H_0) suggests the absence of a trend, while the alternative hypothesis (H_A) indicates that the data exhibit a monotonic trend. Trend test with Mann-Kendall was applied according to Z probability values. Z values were used in the range of $\alpha=0.05$ significance level. As a result of this method, four stations have increasing trends and six stations have no trend conditions.

ITA method demonstrates monotonic or non-monotonic increasing or decreasing trends in trend analysis. It easily identifies monotonic increasing, monotonic decreasing, non-monotonic increasing, non-monotonic decreasing, and no trend types. To apply ITA, firstly data are divided into two parts. After division, each part is sorted in ascending order. First part is placed at x axis and second part is placed at y axis. These values are compared with scatter diagram. And 1:1 line is drawn on this diagram. If the dots are above the 1:1 line, there is a monotonic increasing trend. Otherwise there is a monotonic decreasing trend. If the dots are partially above or

below the line there is a non monotonic increasing or decreasing trend. Finally if the dots are on the line, this means there is no trend. In this study ITA results show monotonic decreasing trends for six stations. Non-monotonic increasing and non-monotonic decreasing trends are equally divided for the rest four stations.

In order to examine stability of trends, a derivation of ITA method named Double ITA (D-ITA) is used in this study. In this method data is divided into three parts. So first with second and second with third parts compared each other. If both pairs of data result in the same way, that means there is a stable trend condition. Otherwise there is an instable trend condition.

Improved ITA and improved double ITA methods were applied to see dimension of the data while observing trends. Since ITA and double ITA does not indicate the dimension (number) of the data, improved versions of ITA were used. It is important to say that improved double ITA is used for the first time in this study. Its is also important that these improved versions of ITA is useful especially for large datasets. While visualizing trends with large datasets on a scatter diagram, dots can nest each other. It makes harder to detect trends. Improved versions can solve this issue with showing dimension of the data.

To apply improved ITA, firstly datas are divided into two parts. After division each part is sorted in ascending order. As different from ITA, instead of 1:1 line, $y=0$ line is used in this method. Differences of first and second parts are calculated. A scatter diagram is drawn with data numbers on the x axis and differences on the y axis.

For Improved double ITA firstly datas are divided into three parts. After division each part is sorted in ascending order. Differences of first and second parts and second and third parts are calculated. A scatter diagram is drawn with data numbers on the x axis and differences on the y axis. This method helps to understand not only dimension of the data but also stability of trends.

A new type of Burr XII distribution is a type of distribution which is obtained by modification of Burr XII distribution. Shape, scale and location parameters in the original distribution (k , a , β and γ) are assumed as $k=1$, $\gamma=0$ and $b=1/\beta^a$. After these conversions a new cumulative distribution function is obtained. Since this new equation is compatible with S-Curve, it is fitted on the data with weibull empirical model. Then, parameters a and b are found. By using a and b parameters and new equation y (probability) versus x (measurements) can be calculated. Also, with inverse equation x (measurements) can be calculated with given y (probabilities). Measurements with given return periods are calculated with this method in this study which shows risks of rainfall.

All analyses and visualizations were carried out using the Python programming language. It was also emphasized that the Python programming language can be an effective tool for analyzing data.

Since processing the data in Excel is time-consuming, an SQL database was created to gather the data. Sqlite was used in this manner. After this stage, reading the data from the database became sufficient for applying trend and risk analyses. Mainly pandas, numpy and matplotlib libraries were used to analyze and visualize the data.

As part of the study, a graphical user interface was created using the Python programming language, and all visualizations were made using this interface. Tkinter library was used to handle this issue. GUI that is created has many widgets to use. There are radio buttons related with each trend and risk analysis methods. Information

labels and tables to show results of Mann-Kendall test and some geographical and statistical information about meteorological stations. Also there is a combobox which user can choose station to analyze. After choosing the meteorological station from a combobox, trend and risk analyses are applied automatically on the data in seconds. So all results can be seen and examined through this interface.

Considering from the perspective of both trend and risk analysis, such a comprehensive study was first conducted using the Python programming language. This study could serve as an example for those who want to conduct trend and risk analyses on precipitation data and could facilitate researches in this area. The data used in the study were obtained by the General Directorate of Meteorology (MGM). The data obtained from stations in various locations in Turkey contains daily maximum precipitation values between 1961-2020.

As for the trend analysis results, it has been observed that the stations in Çanakkale, Çorlu, and Edirne, located in the northwest of Marmara and Thrace regions of Turkey, show an unstable increasing trend. For the D-ITA method, it can be stated that the second part and third part of the data either show no trend or have a stable increasing trend. As we move towards the west, the Dikili station shows a non-monotonic increasing trend, indicating an unstable trend. Among the stations in the southern region, Dörtüol demonstrates a stable increasing trend. On the other hand, the trend determination of Şanlıurfa station shows an unstable trend. For ITA results it can be both said that there is an absence of a trend or the presence of a decreasing trend. In the Central Anatolia region, Niğde shows an unstable increasing trend, while Yozgat shows a non-monotonic increasing trend with an unstable trend behavior. Moving towards the Black Sea region, an increasing trend is observed in Zonguldak, showing an unstable non-monotonic decreasing trend. On the contrary, Inebolu shows a stable increasing trend.

When examining the results of the risk analysis, it can be observed that the risks increase in the stations of Thrace, the northwest of Marmara, the Central Black Sea, and the Mediterranean regions, as well as in Niğde in Central Anatolia. On the contrary, the opposite situation is observed in the Western Black Sea and Southeastern Anatolia regions, where the risks appear to decrease based on the analyzed data. Looking at the Dikili station in the Aegean and the Yozgat station in Central Anatolia, it is seen that the risks tend to decrease for small precipitation values but increase for large precipitation values.

In conclusion, the trend analysis was conducted through the application of ITA and its derivatives, as well as the risk analysis performed using the alternative Burr XII distribution. Results generally indicate a dominant increasing trend. This suggests that maximum daily precipitation has increased and there is not a threat of drought in Turkey as a result of the past sixty years data. It can be concluded that effects of climate change are beginning to be seen in different regions of Turkey.



1. GİRİŞ

Toplumların sağlıklı ve sürdürülebilir şekilde hayatlarını devam ettirebilmesi için dikkate alınmaları gereken en önemli unsurlar hava, su, toprak ve enerjidir. Bu dört unsurla doğrudan ilişkili olan iklim, unsurlardan bir veya birkaçında ortaya çıkan kirlilik ve yoğun tüketim neticesinde değişikliğe uğramaktadır. Nitekim yapılan uluslararası çalışmalar iklimin insan etkisine bağlı olarak değiştiği görüşündedir. Atmosferin alt tabakası olan troposferin kirlenmesi ve artan sera gazı emisyonları (SGE) hidrolojik ve meteorolojik olayları etkilemekte ve iklim değişikliğine sebep olmaktadır.

İklim değişikliği; karada, tatlı sularda, kıyılarda ve açık denizlerde önemli hasarlara ve giderek geri dönüşü olmayan kayıplara neden olmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerinin kapsamı ve büyüklüğü geçmişte tahmin edilenden daha fazladır. Ekosistemin yapısı ve işlevindeki bozulmalar, olumsuz sosyoekonomik sonuçlarla birlikte iklim değişikliği nedeniyle mevsimsel zamanlamada kaymalara da sebep olmaktadır. Öyle ki küresel olarak değerlendirilen türlerin yaklaşık yarısı, kutuplara veya karada daha yüksek rakımlara kaymıştır. Yüzlerce yerel tür kaybı, aşırı sıcaklıkların büyüklüğündeki artışların yanı sıra karada ve okyanusta kitlesel ölümler gerçekleşmektedir. İklim değişikliğinin neden olduğu türlerin yok olması ve buzulların geri çekilmesi ile ortaya çıkan hidrolojik değişiklikler vb. olumsuzluklar geri döndürülemez sonuçlara neden olmaktadır (Rama ve diğ, 2022).

Küresel ısınma sonucu ortaya çıkan iklim değişikliği, hidrometeorolojik olaylar üzerinde ciddi etkiye sahiptir. Buna bağlı olarak sel ve kuraklık gibi ekstrem olaylar sıklıkla görülmektedir. Bu sebeple su ile ilgili her türlü planlama ve tasarım bu ekstrem olaylar dikkate alınarak yapılmalıdır. Yükselen (artan) ve alçalan (azalan) trendlerin göz ardı edilmesi gelecekteki su kaynakları yönetiminde başarısızlıklara sebep olabilecektir (Güçlü, 2018).

Son zamanlardaki iklim değişikliğine bağlı hidrolojik rejim değişiklikleri trend belirleme yöntemlerinin arayışını önemli hale getirmiştir. Dünya üzerinde yapılan

birçok çalışma yarı-periyodik iklim davranışı ve temel iklim parametrelerinin sistematik trendlerinin iklim değişikliğine bağlı olduğunu göstermektedir. İyi bilinmektedir ki, hidrometeorolojik zaman serilerindeki iklim değişikliğine bağlı artan ve azalan eğilimlerin (trendlerin) yağış-akış süreçleri üzerinde kayda değer etkileri vardır. Bu etkilerin sabit olmadığı kabul edilir ve gelecekte bu etkiler muhtemelen devam edecektir. İklim değişikliği dikkate alınmazsa, alt ve üst su yapılarının 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 ve Cosun, 2009).

Yağış miktarları ve iklimler bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konumu ve iklimi sebebiyle yağış miktarları çeşitlilik göstermektedir. Bu durum ülkemizi iklim değişikliğine karşı hassas hale getirmektedir. Diğer taraftan, su arzının kişi başına yıllık 1700 m³ altında olan ülkeler mevsimlik veya sürekli su stresi altındadır. Kişi başına düşen su varlığı ile Türkiye su stresi altındadır. 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 kullanılabilir su miktarı sırasıyla 1276.3 ve 1160.6 m³'e düşecektir. Öngörülen bu rakamlara göre Türkiye'de su stresi giderek artacaktır (Çiçek ve Ataol, 2009). Güçlü (2021) Türkiye'nin bölgelerini aşağıdaki gibi özetlemiştir; Akdeniz, Karadeniz, karasal ve geçiş iklimleri olmak üzere dört farklı iklime sahiptir. Akdeniz iklimi, yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve yağışlı geçen Ege ve Akdeniz kıyılarında etkilidir. Karadeniz ikliminde her mevsim yağış görülmektedir. Dolayısıyla Türkiye'de yağış en fazla Karadeniz kıyılarında görülür. Doğu Karadeniz kıyılarında yağışlar 2500 mm'ye ulaşabilmektedir. Karasal iklim genel olarak Türkiye'nin orta, doğu ve güneydoğu kesimlerinde görülür. Bu iklimin özelliği olarak yıllık ve günlük sıcaklık farkları fazladır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. Doğu bölgesinde kışlar sert geçer ve kar yılın 120 günü boyunca yerde kalabilmektedir. Geçiş iklimi ise, Ege Denizi ve Karadeniz'i birbirine bağlayan Marmara bölgesinde görülmektedir. Sonuç

olarak, bu denli bir çeşitlilik dikkate alındığında ve iklim değişikliği düşünüldüğünde Türkiye’de su kaynakları yönetimi ile ilgili verilerin trend ve risk analizlerinin yapılması önem arz etmektedir.

Her yıl, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) iklim değerlendirme raporları hazırlamaktadır. Bu raporlar, Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO), ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) ve Alman Meteoroloji Teşkilatı (DWD) tarafından hazırlanan küresel iklim değerlendirme raporlarına katkıda bulunmaktadır. MGM iklim raporlarına dayanarak 1991-2020 yıllık ortalama yağış normalinin 573,4 mm olduğu görülmektedir. 2011-2019 yılları arası yağış ortalamaları incelendiğinde genellikle yağışlar 1991-2020 yağış normalinin üzerindedir. Türkiye 2019 yılı alansal ortalama yıllık yağışı 585,1 mm olarak gerçekleştirmiştir. Bu değer 1981-2010 normalinin (574 mm) %1,9 üzerinde olmuştur. Son 2 yılda yağışların önceki yıllara göre düştüğü görülmektedir. Türkiye 2020 yılı alansal yağış ortalaması 500 mm olarak gerçekleştirmiştir. Bu değer 1981- 2010 normalinin (574 mm) %13 altında olmuştur. 2021 yılı alansal yağış toplamı 524.8 mm ile 1991-2020 normalinin (573,4 mm) ve 1981-2010 normalinin (574 mm) %9 altında gerçekleşmiştir (Url-1).

Bir yere ne kadar yağış düştüğü rastgele bir olaydır ancak tarihsel verilerin elde edilmesiyle ileriye yönelik yağış miktarları belli tekerrüre göre öngörülebilmektedir. Bu öngörüler taşkın tahmini, baraj rezervuar kapasite hesapları, şehir drenaj sistemlerinin tasarımı, ulaşım ağı planlaması, tarımsal alanların kullanımı ve yeraltı suyunun yönetimi gibi konulara hizmet etmektedir. Yapılan tahminler aynı zamanda yağışların frekansı ve taşkın oluşma olasılığı hakkında bilgi sahibi olmaya ve buna bağlı erken uyarı sistemleri oluşturmaya da yarar sağlamaktadır. Bu bağlamda yağış ölçümleri üzerine 20. Yüzyıl’ın başından itibaren istatistik ve olasılık çalışmaları yapılagelmektedir (Güçlü ve diğ, 2018).

Yağışların yıllar içindeki değişkenliği ve rastgeleliği sonucunda trend ve risk analizi konuları önem kazanmıştır. Bu konularda araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar son yıllarda artmıştır. Geleneksel ve yenilikçi birçok yöntem bu çalışmalarda kullanılmıştır. Özellikle gelişmiş ülkeler bu çalışmalara büyük miktarlarda parasal kaynak ayırmaktadır. Bu tez kapsamında hem trend hem de risk analizlerine yer verilecektir. Böylece trend ve risk analizlerinin bütünleşik olarak düşünüldüğü bir çalışma ortaya çıkarılacaktır.

1.1 Literatür Araştırması

Hidrolojik ve meteorolojik verilerin analizi, günümüzde giderek daha da önemli hale gelmektedir. Bu verilerin analizi, trendlerinin belirlenmesi ve risk analizlerinin yapılması, sürdürülebilir su yönetimi için önemli adımlardır. Bu bağlamda, literatürde klasik ve modern birçok trend belirleme metodu kullanılmaktadır. Ayrıca, Python programlama dili de, birçok alanda veri analizi için sıklıkla kullanılan bir araçtır ve trend analizi ile risk analizi için de kullanılabilecektir. Bu bölümde, literatürde yapılan çalışmalar trend analizi, risk analizi ve Python çalışmaları alt başlıkları ile üç kısımda ele alınacaktır.

1.1.1 Trend analizi çalışmaları

Trend analizi çalışmaları, zaman serilerindeki değerlerin istatistiksel olarak sürekli bir değişim gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılır. Bu çalışmalarda, Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, M. G., 1970), Sen'in Trend Eğim Metodu (Sen, 1968) ve Spearman'ın Rho (Lehmann ve D'Abrera, 2006; Sneyers, 1990) testi gibi birçok farklı yöntem literatürde kullanılmaktadır.

Taylor ve Loftis (1989) tarafından yapılan çalışmada göl ve yeraltı sularının kalitesiyle ilgili veri setleri üzerinde trend belirleme açısından önemli istatistik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Literatürdeki hem istatistiksel hem de su kalitesi çalışmaları ile ortaya çıkan sekiz farklı trend belirleme yöntemi karşılaştırılmıştır. Varyanslarda ve ortalamalarda ortaya çıkan mevsimsellikleri, yapay verilere dahil ederek performans analizi gerçekleştirilmiştir.

Chiew ve McMahon (1993) Avustralya nehrinin tarihsel akış verileri üzerinde çalışma yapmıştır. İlk bölümde, yıllık akım serilerinin ortalamalarındaki eğilimleri veya değişiklikleri saptamak için istatistik testler uygulanmıştır. İkinci bölümde, yıllar arası değişkenlik, değişimin büyüklüğü ve ortalama yıllık akış ortalamalarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik olması için gerekli veri uzunluğu arasındaki ilişkinin tespiti amacıyla t-testi kullanılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğin ortaya çıkmasının, yıllar arası değişkenliğe veri uzunluğundan daha çok bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hamed ve Rao (1998) Indiana ve Ohio eyaletlerinden alınan otokorelasyonlu veriler üzerinde modifiye edilmiş Mann-Kendall testi uygulamıştır. Ampirik anlamlılık düzeyi açısından modifiye edilmiş testin orijinal Mann-Kendall testinden daha üstün olduğu gösterilmiştir.

Jhajharia ve diğ. (2009) tarafından Hindistan'ın kuzeydoğusunda bulunan on bir bölgesi için nemli koşullar altında Mann-Kendall testi ve bir parametrik test kullanarak buharlaşma eğilimlerinin özellikleri analiz edilmiştir. Esas olarak iki parametrenin, yani güneşlenme süresi ve rüzgâr hızının buharlaşma üzerinde güçlü bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Şen (2012) çalışmasında verileri eşit parçalara bölüp küçükten büyüğe doğru sıralayarak her parçanın kendi arasında 1:1 doğrusunu referans alarak trend yok, artan trend veya azalan trend şeklinde eğilimleri belirlemek amacıyla yeni bir yöntem önermiştir. Şen'in Yenilikçi Trend Analiz (YTA) yöntemi, Mann-Kendall (MK) yönteminin kısıtlı varsayımlarını aşması ve trend büyüklüğünü hesaplama olanağı sunması sebebiyle oldukça popüler hale gelmiştir. 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'in önerdiği YTA yöntemi sayesinde, MK yönteminden farklı ve yeni yaklaşımlar geliştirilebilmektedir.

Gavrilov ve Markovic (2013) tarafından yapılan araştırmada, Sırbistan'da bulunan 12 farklı meteorolojik istasyonun 1980-2010 yılları arasındaki verileri kullanılarak MK ve Sen'in eğim tahmincisi testleri ile meteorolojik değişkenlerin trendleri analiz edilmiştir. Ayrıca, MK ve Sen'in testlerinin trend tespiti performansında iyi bir uyum gösterdiği görülmüştür.

Nalley ve diğ. (2013) tarafından Ontario ve Quebec, Kanada'daki yüzey hava sıcaklıklarındaki trendleri belirlemek için 1967-2006 yılları arasındaki veriler üzerinde çalışılmıştır. Dalgacık dönüşümü yaklaşımının MK trend testi ile birleştirilmesi yoluyla dört sıcaklık kategorisindeki (aylık, mevsimsel, mevsimsel ve yıllık) trendleri analiz edilmiştir.

Sonali ve Kumar (2013) tarafından Hindistan'daki yıllık, aylık ve mevsimsel maksimum ve minimum sıcaklıkların mekansal ve zamansal trend analizi yapılmıştır. Hindistan'ın tümü ve Batı Himalaya, Kuzeybatı, Kuzeydoğu, Kuzey Merkez, Doğu sahil, Batı sahil ve İç Yarımada olmak üzere yedi homojen bölgesinin ayrı ayrı sıcaklık verileri ele alınmıştır. Zaman serileri, 1901-2003, 1948-2003 ve 1970-2003 olmak üzere üç zaman diliminde analiz edilmiştir. Seri korelasyon etkisini dikkate alan çeşitli parametrik olmayan yöntemler kullanılarak bir trend tespit analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmanın Hindistan'daki iklim değişikliğinin hidrolojik döngü üzerindeki etkisini analiz etmek için bir temel oluşturduğu ve çevresel kaynaklar ile su kaynakları yönetimine de ışık tutabileceği sonucuna varılmıştır.

Timbadiya ve diğ (2013) tarafından Tapi Havzası'ndaki dört akarsu ölçüm istasyonunda gözlenen yıllık pik akım verilerinin trend analizi yapılmıştır. Şen tarafından önerilen YTA ve MK testi, Tapi Havzası'ndaki söz konusu ölçüm istasyonlarında aşırı yıllık akış (sel) trendini belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca, aşırı akış verilerinin zaman serisi, seri korelasyonlarının kontrol edilmesi ve daha sonra farklı geri dönüş sürelerine sahip sel sıklık analizinin gerçekleştirilmesi için incelenmiştir.

Dinpashoh ve diğ. (2014) tarafından yapılan çalışmada İran'ın kuzeybatısındaki yağış eğilimleri, MK yönteminin dört farklı versiyonu kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada aylık, mevsimsel ve yıllık zaman ölçeklerinde 16 gözlem istasyonunun 1955-2004 yılları arasındaki 50 yıllık yağış verileri kullanılarak eğilimler incelenmiştir. Çalışmada kullanılan dört farklı MK yöntemi şunlardır: geleneksel Mann-Kendall yöntemi (MK1); önemli gecikmeli-1 otokorelasyonun etkisi kaldırılmış Mann-Kendall yöntemi (MK2); tüm önemli otokorelasyon katsayılarının etkisi kaldırılmış Mann-Kendall yöntemi (MK3); ve Hurst katsayısının göz önünde bulundurulduğu Mann-Kendall yöntemi (MK4).

Şen (2014) tarafından YTA üzerine yapılan çalışmada trend tanımlama prosedürü için kapsamlı bir bilgisayar simülasyonu sunulmuştur. Benzer çalışmalardan farklı olarak trend eğimleri ile birinci dereceden seri korelasyon katsayısı arasındaki ilişkiyi gösteren kapsamlı Markov süreci simülasyon sonuçları elde edilmiştir. Ayrıca, MK ve Spearman trend istatistikleri ile Sen'in trend eğimi gibi klasik metodolojilerle bu trend

prosedürünün karşılaştırmaları tablo formunda verilmiş ve gerekli yorumlar yapılmıştır.

Jones ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Tennessee Valley Authority yağış ölçüm ağından ve Ulusal Hava Servisi'nden elde edilen verileri kullanarak ortalama alan yağış değerleri analiz edilmiştir. Üst Tennessee Nehri Havzası'ndaki yağışın zamansal değişimi incelenmiştir. MK testi, Mann-Kendall-Sneyers testi, Yamamoto yöntemi ve Morlet'in dalgacık analizi, yıllık yağış hacimlerindeki eğilimleri ve ani değişiklikleri ortaya çıkarmak için uygulanmıştır.

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. Diğer yandan, MK test sonuçları bu çalışmanın sonuçlarıyla kısmen benzer bulunmuştur. Bu yeni test yönteminin trend analizi için kullanılabileceği önerilmiştir.

Dabanlı ve diğ. (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.

Şen (2017) tarafından yapılan çalışmada, hidro-klimatolojik zaman serilerindeki eğilimlerin tespiti ve istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının test edilmesi için kısıtlayıcı varsayımlar gerektirmeyen bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntem, ana zaman serisinden çıkarılan alt serilerin karşılaştırılmasıyla çalışmaktadır ve alt zaman aralıklarının seçiminde esneklik sağlamaktadır. Önerilen metodoloji Güney New Jersey yıllık sıcaklık, Danube Nehri yıllık debi ve Diyarbakır Tigris Nehri meteoroloji istasyonu yıllık toplam yağış kayıtları gibi dünya genelinden üç farklı zaman serisi için

uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, New Jersey'de artan bir eğilim, diğer iki örnekte ise azalan bir eğilim tespit edilmiştir.

Zamani ve diğ. (2017) İran'daki Karkheh Nehri Havzası'ndaki 20 hidrometrik istasyon ve 11 yağış ölçüm istasyonunda, son 38 yılda (1974-2011) aylık, mevsimsel ve yıllık zaman ölçeklerinde akım trendlerini belirlemek için çalışma yapmıştır. Bu çalışma, otokorelasyon yapısını dikkate alan MK testi ile uzun dönem dayanıklılık ve Hurst katsayısını dikkate alan MK testi olmak üzere iki farklı versiyon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karkheh Nehri Havzası'nın akım trendinin (her iki test kullanılarak) üç zaman ölçeğinde de azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Cui ve diğ. (2017) tarafından yapılan çalışmada 1960-2015 yılları arasında Çin'in Yangtze Nehri Havzası'nda hava sıcaklığı ve yağışın değişim özellikleri analiz edilmiştir. Bu analiz, doğrusal regresyon, MK testi, Sen'in eğim tahmini ve YTA yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 1960-2015 yılları arasında bölge genelinde yıllık maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıkların önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir.

Güçlü (2018a) çalışmasında Türkiye'deki Adana, İzmir ve Rize istasyonlarından alınan 66 yıllık yağış verileri üzerinde YTA metodolojisini kullanarak eğilimleri belirlemeyi ve görselleştirmeyi amaçlamıştır. MK, Spearman'ın rho'su, Sen'in eğim metodu ve lineer regresyon metodolojileri yerine önerilen bu metodolojinin kullanımı ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre, farklı bölgelerdeki bu istasyonlarda farklı eğilim koşulları mevcuttur. Sen'in yöntemine göre, Adana ve Rize istasyonlarındaki ölçümler herhangi bir eğilim bileşeni içermezken, İzmir verilerinde monotonik artan bir eğilim mevcuttur. Yarım zaman serisi yaklaşımı kullanılarak elde edilen sonuçlar Sen'in yaklaşımında mevcut olmayan bazı bilgileri ortaya çıkarmıştır. İzmir ve Rize istasyonlarında farklı aşırı durumlar ile karşılaşmıştır. Önerilen yöntemin Sen'in yöntemi ile birleştirildiğinde, daha iyi eğilim analizi sonuçları elde edilebileceği önerilmiştir.

Güçlü (2018b) çalışmasında basit YTA ile birlikte kullanılan çift-YTA ve üçlü-YTA prosedürleri gibi birkaç geliştirme önermiştir. Bu yöntemler, verilen bir kayıt serisinin farklı alt dönemlerindeki kısmi trend bileşenlerini karşılaştırarak trend istikrarı değerlendirmesi için kullanılabilir. Ayrıca, çalışmada aynı amaçla kısmi MK

testi yaklaşımı da önerilmiştir. Bu yöntem ve yaklaşımlar, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki birçok istasyonda yıllık yağış kayıtlarına uygulanmıştır. Aynı zaman serisinin kısmi alt serileri üzerinde yapılan karşılaştırmaların, trend tespitini ve istikrar tanımlamasını geliştirmeye yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır.

Alashan (2020) tarafından yapılan çalışmada değiştirilmiş MK yöntemi, Sen'in eğitim tahmincisi yerine YTA ile desteklenmiştir. Değiştirilmiş MK yöntemi, İngiltere'nin Oxford istasyonunun aylık maksimum sıcaklıklarına uygulanmıştır. Veri uzunluğu büyük olduğu için, 1854'ten başlayarak 1873 ile 2017 arasındaki tüm süreler için hareketli trend eğimi değerleri hesaplanmıştır.

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, Pettit 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.

Gadedjisso-Tossou ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmada Kuzey Togo'da bulunan Kara, Niamtougou, Mango ve Dapaong hava istasyonlarından elde edilen 1977-2012 tarihleri arasındaki verilerle, MK testi ve Sen eğimi yöntemi kullanılarak aylık ve yıllık yağış, minimum ve maksimum sıcaklık trendleri ve bunların darı ve mısır üretimi üzerindeki değişkenliklerinin önemi değerlendirilmiştir.

Ghate ve Timbadiya (2022) kısmi süre ve yıllık maksimum yağış serilerinde YTA yöntemini uyguladılar.

Zeybekoğlu (2023) tarafından sera etkisiyle atmosfere salınan gazların neden olduğu küresel ısınmanın hidrolojik ve meteorolojik değişkenler üzerindeki etkisi, MK testi ve ardışık MK testi kullanılarak Hirfanlı Baraj Havzası'nın sıcaklık verileri üzerinde incelenmiştir. 1965-2017 yılları arasındaki altı istasyonun kaydedilen yıllık ortalama sıcaklık verileri analiz edilmiş ve havzanın tamamında yıllık ortalama sıcaklığın arttığı ve önemli artışların 1990'lardan bu yana başladığı belirlenmiştir.

1.1.2 Risk analizi çalışmaları

Su kaynakları ve taşkın kontrolü açısından risk analizi çalışmaları ilgili su yapılarının tasarım boyutlarını belirlemek adına son derece önemlidir.

Gumbel (1941) tarafından ortaya koyulan ve ilk risk çalışmalarından olan çalışma, taşkın debilerinin dönüş periyodu ile ilgilidir. Makalede, olasılık teorisine dayalı bir yöntem kullanılarak, taşın debilerinin dönüş periyodunun hesaplanması için bir formül elde edilmiştir. Bu formül, belirli bir büyüklükteki bir debinin belli bir dönüş periyodu ile tekrarlanma olasılığını hesaplamak için kullanılmaktadır. Ayrıca, bu formülün kullanımı örneklerle açıklanmış ve uygulanabilirliği gösterilmiştir. Makale, su mühendisliği ve benzeri alanlarda taşkın afet yönetimi ve risk analizi çalışmalarında kullanılabilen önemli bir araçtır.

Burr (1942) yığılımlı (kümülatif) dağılım fonksiyonlarının özelliklerine ve uygulamalarına dair bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, kümülatif dağılım fonksiyonlarının, olasılık teorisi ve istatistik alanlarında önemli bir yere sahip olan olasılık dağılımları ve yoğunluk fonksiyonlarıyla nasıl ilişkili olduğu ele alınmıştır. Ayrıca, çeşitli olasılık dağılımları için kümülatif dağılım fonksiyonlarının nasıl hesaplanacağına dair örnekler de verilmiştir. Bu hesaplamalar, özellikle normal dağılım ve Poisson dağılımı gibi sık kullanılan dağılımlar için yapılmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışmanın, kümülatif dağılım fonksiyonlarının, olasılık dağılımlarının ve istatistiksel verilerin analizi için kullanılabilecek önemli bir araç olduğu vurgulanmıştır.

Hershfield (1961) tarafından yapılan çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yağışların yıllık maksimumu, 2, 5, 10, 15, 30, 60, 120 ve 1440 dakikalık dönemler için ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Bu rapor, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yağış frekanslarının istatistiksel analizlerine dayanarak, farklı bölgelerdeki farklı yağışların olasılıklarını hesaplamak için kullanılan standart bir kaynaktır. Ayrıca rapor, farklı yağış türleri ve şiddetleri için değişen olasılık seviyelerine ilişkin veriler içermektedir. Raporun amacı, su yönetimi, su kaynakları planlaması ve tasarımı, tarım ve inşaat endüstrileri gibi alanlarda kullanılan su kaynakları ile ilgili kararların alınmasında faydalı olabilecek girdiler sağlamaktır.

Chen (1983) çalışmasında önceki çalışmalarını geliştirerek yeni bir yağış şiddeti süresi-frekans formülü sunmuştur.

Burlando ve Rosso (1996) tarafından yapılan çalışmada, yağış şiddeti-süre-sıklık eğrilerinin şeklini belirlemiştir. Ayrıca, aşırı (ekstrem) fırtına verilerinden şiddet-süre-sıklık eğrilerini belirlemek için bir log-normal model de tanıtılmıştır.

Garcia-Bartual ve Schneider (2001) tarafından yapılan çalışmada, Alicante (İspanya) bölgesinde 1925-1992 yılları arasındaki 408 yağış olayı istatistiksel olarak analiz edilmiştir. 5 ila 500 yıl arasında değişen dönüş süreleriyle maksimum yağış değerlerinin tahminlerinin güvenilirliği değerlendirilmiştir. Hidrolojik uygulamalar için kısa süreli en yüksek yağış şiddeti tahminlerinin önemi vurgulanmıştır.

Javelle ve diğ. (2002) istatistiksel bir model bir üzerine çalışmıştır. Çalışmada benimsenen yaklaşım, debilerin süreye göre değişkenliğini dikkate alan debi-süre-sıklık analizine dayanmaktadır. Bu yaklaşım, yağış analizi için yaygın olarak kullanılan şiddet-süre-sıklık modeline benzer. Çalışılan modelin, bir havzanın debi-süre-sıklık eğrilerinin en az sayıda parametre kullanılarak tahmin edilmesine izin verdiği tespit edilmiştir.

Gerold ve Watkins (2005) tarafından yapılan çalışma, su mühendisliği tasarımları için kullanılan yağış kayıtlarının istatistiksel özetleri olan şiddet-süre-sıklık tahminlerinin Michigan eyaleti için güncellenmesini amaçlamaktadır. Son verilerden ve modern istatistiksel yöntemlerden yararlanmak için, bölgesel frekans analizi prosedürü kullanılarak Michigan eyaletinin şiddet-süre-sıklık tahminleri güncellenmiştir. Kısa süreli veriler (bir saatten az) yalnızca Detroit metropolitan alanında mevcut olduğundan, kısa süreli şiddet-süre-sıklık değerleri tüm eyalet boyunca varsayımlar kullanılarak tahmin edilmiştir. Basit ölçekleme ve çok ölçekli modeller ele alınmış ve pratik amaçlar için basit ölçekleme modeli seçilmiştir. Doğrulama sonuçları, kısa süreli tahminlerin tarihsel gözlemlerle uyumlu olduğunu göstermiştir.

Cunderlik ve Ouarda (2006) tarafından yapılan çalışmada debi-süre-sıklık analizinin artan popülerliğine değinilerek, bölgesel debi-süre-sıklık modellerinin hidrolojik olarak homojen bölgeler için türetilmesi ve uygulanması ele alınmıştır. Bölgesel debi-süre-sıklık modelleri, bir homojen bölgedeki belirli bir taşkın sıklığı ve süresi için, herhangi bir bölgedeki taşkın niceliklerinin tahmin edilmesinde kullanılabilir.

Ancak, çevresel koşullardaki değişiklikler nedeniyle zamanla değişen istatistiksel parametreleri hesaba katan yeni bir taşkın tahmin yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, zamanla değişen parametreleri hesaba katan durağan olmayan bir debi-süre-sıklık modeli tanımlanarak, Kanada'nın hidrolojik olarak homojen olan Quebec bölgesindeki veriler üzerinde test edilmiştir.

Karahan ve diğ. (2008) tarafından yapılan çalışmada Genetik Algoritma (GA) optimizasyon tekniği kullanılarak şiddet-süre-sıklık ilişkisini çözen bir algoritma, Güney Anadolu Projesi (GAP) bölgesindeki dört şehir merkezine uygulanmıştır. Modifiye edilmiş verimlilik katsayısı, amaç fonksiyonu olarak seçilmiş ve katsayının maksimize edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonuçları, şiddet-süre-sıklık ilişkisini belirlemek için alternatif olarak önerilen geliştirilmiş çözüm algoritmasının, GAP bölgesindeki şehirler için doğru sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Van de Vyver ve Demaree (2010) tropikal bölgelerdeki uzun vadeli ekstrem yağış verilerinin eksikliği nedeniyle şiddet-süre-sıklık eğrilerinin oluşturulmasının, zor veya imkânsız olduğunu tespit etmiş ve bu eksikliği gidermek için yeni bir teknik önermiştir. Bu teknikte sınırlı sayıda yüksek frekanslı aşırı yağış bilgisi, uzun vadeli günlük yağış bilgisi ile birleştirilmiştir. Bu teknik kullanılarak, Kongo'daki Lubumbashi için yağış şiddet-süre-sıklık eğrileri üretilmiştir.

Taye ve Willems (2011) tarafından yapılan çalışmada Etiyopya'daki yukarı Mavi Nil havzasının hidrolojik aşırılıklarının araştırılması konu alınmıştır. Bu amaçla, yüksek ve düşük akım olasılık dağılımları ve debi-süre-sıklık ilişkileri kullanılmıştır. Analiz için kullanılan dönemin (periyot mu?) önemi üzerinde durulmuş ve kısa dönemli (periyot mu?) verilerin uzun vadeli değişkenliği yeterince temsil etmediği durumlarda debi-süre-sıklık tahminlerinin yanıltıcı olabileceği belirtilmiştir.

Awadallah (2015) çalışmasında Suudi Arabistan'ın Jeddah bölgesindeki yağışın sıklık analizini ele almıştır. Bölge, iki homojen yağış bölgesine ayrılmıştır ve 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık geri dönüş periyotları için iki set yağış şiddet-süre-sıklık eğrisi geliştirilmiştir. Bu çalışma, bölgesel bir yaklaşım kullanarak şiddet-süre-sıklık eğrilerinin geliştirilmesine yardımcı olan bir yöntem önermiştir.

Güçlü ve diğ. (2018) iklim değişikliğinin hidro-meteorolojik olaylar üzerindeki etkilerinin son yıllarda arttığını ve bu etkilerin birçok yağış-akış zaman serisinde

negatif veya pozitif bir trend olarak gözlemlendiğini belirtmiştir. Bu amaca yönelik yaptığı çalışmada, İstanbul'daki Florya istasyonundan elde edilen 46 yıllık yağış verisi ve Şen'in 1:1 (45°) doğrusal yöntemi kullanılarak grafiksel olarak olası trendler araştırılmıştır. Tek fırtına yağış kayıtlarından elde edilen şiddet-süre-sıklık eğrileri yerine sıklık-şiddet-süre eğrileri kullanılarak bu trendler nicel olarak değerlendirilmiştir. Sıklık-şiddet-süre eğrileri, Gamma olasılık veya kümülatif dağılım fonksiyonları kullanılarak yarı logaritmik kağıtlara çizilmiştir. Çalışmanın sonuçları, Florya istasyonunda negatif bir trendin varlığını göstermektedir ve bu istasyon için sıklık-şiddet-süre eğrileri elde edilmiştir.

Güçlü (2021) tarafından yapılan çalışmada mühendislik, doğa bilimleri, hidroloji, meteoroloji ve birçok diğer alanda olasılık özelliklerinin hesaplanmasında sıkça kullanılan olasılık dağılım fonksiyonu ve kümülatif dağılım fonksiyonu (KDF) kullanılmıştır. Fakat bu çalışmada farklı olarak, alternatif bir olasılık hesaplama yöntemi olarak Burr dağılımının farklı bir türü önerilmiştir.

1.1.3 Python çalışmaları

Python programlama dili birçok alanda yoğun kullanıma sahiptir ve özellikle büyük veri setlerinin hızlıca analiz edilmesi için kolaylık sağlamaktadır. 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. Çalışmada ilgili paketin içeriği de anlatılmaktadır. PyMannKendall, sadece Python ile yazılmıştır ve vektörleştirme yaklaşımını kullanılmıştır.

Gao ve diğ. (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. Sen eğimi tahmini (SSE), yağış trendinin büyüklüğünü tahmin etmek için kullanılmıştır. RMK testi uygulanırken çeşitli gecikmelerde otokorelasyon katsayılarını incelemek için Python kullanılarak çizdirilen otokorelasyon fonksiyonu grafiği kullanılmıştır.

Hordofa ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmada 1983-2005 tarihleri arasındaki geçmiş ve 2026-2100 yılları arasındaki gelecek yağış değerlerinin, maksimum ve

minimum sıcaklık trend eğilimleri değerlendirilmiştir. Geçmiş ve gelecek dönemlerdeki yıllık yağış, maksimum ve minimum sıcaklık trend eğilimlerini tahmin etmek için modifiye MK trend testi uygulanmıştır. Analizler Python programlama dili ve pyMannKendall paketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Herho ve Firdaus (2022) Endonezya'nın Doğu Nusa Tenggara eyaletinin başkenti olan Kupang'ta gıda güvenliğini tehlikeye atacak seviyede kuraklık olması sebebiyle bölgedeki yağış verileriyle trend analizi çalışması yapmıştır. Çalışmada yağış anomalisi indeksi fonksiyonu kullanılarak bu bölgedeki günlük yağış, kurak/sulak koşulların bir göstergesi olarak standartlaştırılmıştır. 1978-2020 arasındaki günlük yağış anomalisi indeksi zaman serilerini kullanarak, gelecek yıl için günlük yağış anomalisi indeksi modellemesi ve tahmin çalışmaları yapılmıştır. Tahminler için Python Prophet modeli, hata hesaplaması için de Python scikit-learn kütüphanesi kullanılmıştır.

Md Juber Alam ve Majumder (2022) tarafından yapılan çalışmada Hindistan'ın Kalkuta şehrinin 1901-2020 arasındaki yağış verisinin trendleri analiz edilmiştir. Yapılan analizler için Python 3.10 kullanılarak MK testi ve Sen eğimi tahmini kullanılmıştır.

Sam ve diğ. (2022) Nijerya'daki Uyo metropolünde tipik olarak sıralanmış 1986-2015 yılları arasındaki yıllık ve aylık maksimum 24 saatlik yağış verilerinin trend eğilimini incelemiştir. Çalışmada MK ve Sen'in eğimi metodları kullanılmıştır. Analizler Python programlama diline ait statsmodel ve pyMannKendall kütüphaneleri kullanılarak yapılmıştır.

Hussain ve diğ. (2023) tarafından yayınlanan makalede Python programlama dili ile geliştirilmiş olan pyHomogeneity paketinden bahsedilmektedir. İstatistiksel analizlerde kullanılan homojenlik testlerinin birçok çeşidi bulunmaktadır. Piyasada bulunan ticari yazılımlar aracılığıyla bu testler uygulanabilmektedir. Şimdiye kadar homojenlik testi için kullanılacak bir Python paketinin olmaması sebebiyle pyHomogeneity paketi geliştirilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, Türkiye'de muhtelif noktalardan elde edilen günlük maksimum yağış verilerinin trend ve risk analizleri hem klasik hem de modern yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Analizler sırasında, 10- 20- 50- 100- 200- 500 yıllık dönüş periyotlarına göre yağış değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde, trend analiz sonuçlarının sayısal olarak nasıl değiştiği gösterilmiştir. Böylece ilgili tekerrür aralıklarına göre muhtemel en büyük (maksimum) yağış miktarları trend dikkate alınarak öngörülmüştür. Trend analiz yöntemleri olarak klasik Mann-Kendall, modern Şen yaklaşımı (Yenilikçi Trend Analizi, YTA) ve YTA'nın türevleri kullanılmıştır. Bu tezde risk analizi için kullanılan iki parametrelili olasılık dağılım fonksiyonu ise alternatif Burr XII fonksiyonudur. Analizlerin tümü ve görselleştirmeler Python programlama dili kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin analizi için Python programlama dilinin etkili bir araç olabileceği de böylece vurgulanmıştır. Çalışma kapsamında, Python programlama dili kullanılarak arayüz oluşturulmuştur ve bu arayüz ile tüm görselleştirmeler yapılmıştır. Hem trend hem de risk analizlerinin yapılması açısından değerlendirildiğinde bu denli kapsamlı bir çalışma Python programlama dili kullanılarak ilk defa yapılmıştır. Bu çalışma, yağış verileri üzerinde trend ve risk analizleri yapmak isteyenler için bir örnek teşkil edebilecektir ve bu alanda yapılacak araştırmalara kolaylık sağlayabilecektir. Çalışmada kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından elde edilmiştir. Türkiye'nin muhtelif noktalarındaki istasyonlardan elde edilen veriler 1961-2020 yılları arasındaki günlük maksimum yağış değerlerini içermektedir.



2. METODOLOJİ

Tez çalışmasında trend analizi yöntemleri olarak Klasik Mann-Kendall, modern Şen yaklaşımı (Yenilikçi Trend Analizi, YTA) ve YTA'nın türevleri kullanılmıştır. Risk analizi için kullanılan iki parametrelili olasılık dağılım fonksiyonu (ODF) ise alternatif Burr XII fonksiyonudur. Python programlama dili kullanılarak bir arayüz oluşturulmuştur. Tüm analizler ve görselleştirmeler bu arayüz üzerinden gerçekleştirilmiştir. Trend ile risk analizi yöntemleri ve Python programlama dilinin çalışmaya olan katkısı bu bölümde detaylı olarak anlatılmıştır.

2.1 Trend Analizi

Zaman serilerinde "trend", bir değişkenin sürekli artan veya azalan bir eğilim göstermesi olarak tanımlanmaktadır. Trend analizi bölümü; Mann-Kendall yöntemi, Runs Testi, Yenilikçi Trend Analizi (YTA) yöntemi, geliştirilmiş YTA yöntemi, çift YTA yöntemi ve geliştirilmiş çift YTA yöntemi gibi farklı yöntemlerin kullanımını ele alacaktır. Her bir yöntemin ayrıntılı bir şekilde incelenmesiyle, zaman serisi verilerindeki trendlerin tespiti ve analizi konusunda detaylı bir bilgi sunulması hedeflenmektedir.

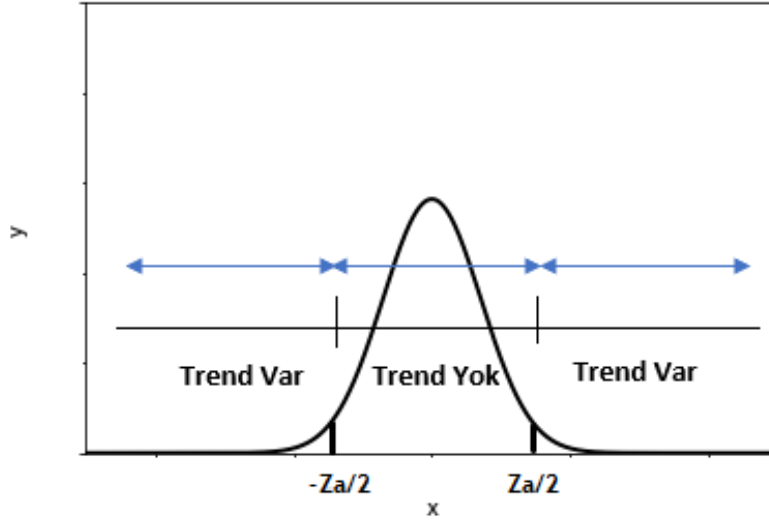
2.1.1 Mann-Kendall yöntemi

Mann-Kendall (MK) yöntemi (Mann, 1945; Kendall, 1975), çevre verileri, iklim verileri veya hidrolojik verilerin serilerinde monotonik trendleri tespit etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. H_0 hipotezi, trend olmadığını, H_A hipotezi ise, verilerin monotonik bir trendde sahip olduğunu ifade etmektedir.

Şekil 2.1'de gösterilen grafikte α anlamlılık düzeyini, Z ise bu anlamlılık düzeyine göre normal dağılım tablosunda karşılık gelen değeri ifade etmektedir. $-Z_{\alpha/2}$ ile $Z_{\alpha/2}$ arasında kalan bölge H_0 hipotezinin kabul edildiği bölgeyi, dışında kalan bölge ise reddedildiği bölgeyi ifade etmektedir.

Bu yöntemle göre bir zaman serisinde artan ve azalan trendlerin belirlenmesi için Z_{MK} değeri hesaplanmaktadır. Denklem 2.1'de bu değerin hesaplanması gösterilmiştir. Z_{MK}

ve $Z_{\alpha/2}$ değerlerinin kıyaslanması ile trend eğilimi belirlenebilmektedir. $|Z_{MK}| > |Z_{\alpha/2}|$ ise trend var demektir.



Şekil 2.1 : Mann-Kendall hipotezi.

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{V(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{V(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

MK testinin tam olarak uygulanabilmesi için aşağıdaki denklemlere de ihtiyaç duyulmaktadır. Denklem 2.2’de belirtilen $V(S)$ varyansı ifade etmektedir. S değeri $\{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_j, \dots, x_n\}$ şeklinde n tane gözlem değeri olan bir veri setinde, j ve k zaman noktalarındaki x_j ve x_k değerleri arasındaki Kendall toplam istatistiğidir. x_j ve x_k arasındaki kıyaslamamanın nasıl yapılacağı denklem 2.4’te belirtilmiştir. Pozitif (negatif) trend eğilimleri için +1 ve -1, trend olmayan durum için de 0 değeri verilir. İşaretleri belirlenen değerler, denklem 2.3 kullanılarak birleştirilerek S değeri elde edilmektedir.

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (2.2)$$

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (2.3)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & x_j - x_k > 0 \\ 0 & x_j - x_k = 0 \\ -1 & x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

Bu çalışmada, tüm anlamlılık düzeylerinde analiz yapılmıştır. Ancak, sonuçlar $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde elde edilmiştir. Python ile oluşturulan program sayesinde kolaylıkla anlamlılık düzeyi değerleri üzerinden değişiklik yaparak sonucun nasıl etkilendiği gözlemlenebilmektedir.

Burada $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyi, eğer bir trend yoksa, bir trend bulunma olasılığının %5 olduğu anlamına gelmektedir. $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyi için, $\alpha/2=0.025$ değeri normal dağılım tablosunda $Z_{\alpha/2}=1.96$ 'ya karşılık gelmektedir. Bu değer, hesaplanan Z_{MK} değeri ile mutlak değer olarak karşılaştırılır. Sonuç olarak H_0 hipotezi kabul edilir veya reddedilir.

2.1.2 Runs testi

Zaman serisi verilerinin güvenilirliğinin analizi için aynı kümeden olup olmadığının (homojenliğinin) incelenmesi gereklidir. Herhangi bir zaman serisinin homojenliğini test eden birkaç yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanlardan biri Runs testidir (Swed ve Eisenhart, 1943). Bu testte önerilen hipotez, aynı zaman serisindeki verilerin aynı kümeden geldiği ve homojen olduğudur.

Testin uygulanması öncesinde, medyan değeri bulunur. Daha sonra, zaman serisindeki verilerin medyan değerinin üstünde mi yoksa altında mı olduğu kontrol edilir. Bu hesaplamalar yapıldıktan sonra, test değeri denklem 2.5'te gösterildiği şekliyle hesaplanır.

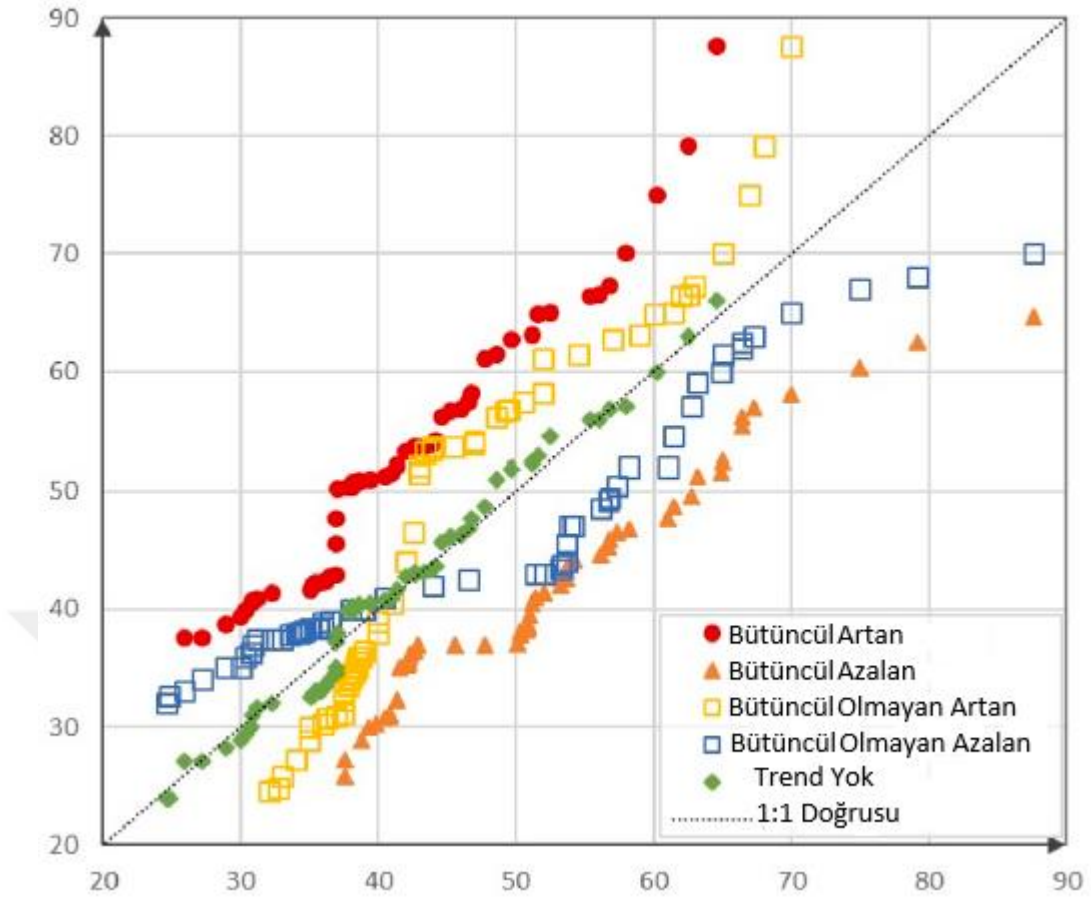
Denklem 2.5'te run sayısı r , ortalamanın altındaki değerlerin sayısı N_a , ortalamanın üstündeki değerlerin sayısı N_u , N veri sayısı olarak ifade edilir. Bulunan Z_r değeri, ilgili anlamlılık düzeyine göre normal dağılım tablosunda karşılık gelen Z değeri ile kıyaslanır. $|Z_r| < |Z|$ ise veriler homojendir.

$$Z_r = \frac{r - \frac{2N_a N_u}{N_a + N_u} + 1}{\sqrt{\frac{2N_a N_u (2N_a N_u - N)}{N^2 (N - 1)}}} \quad (2.5)$$

2.1.3 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. YTA'nın temel prosedürü ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu yöntem, veri sayısı az olduğunda bile trendleri kolayca gösterebilmektedir. YTA yönteminin uygulanışı aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- $a_1, a_2, \dots, a_n$ elemanlarından oluşan zaman serisi $\{b_{1,n/2}\} = \{a_1, a_2, \dots, a_{n/2}\}$ ve $\{b_{2,n/2}\} = \{a_{n/2+1}, a_{n/2+2}, \dots, a_n\}$ olmak üzere iki eşit parçaya bölünür.
- Her eşit parça artan şekilde sıralanır, böylece aynı sayıda elemana sahip iki sıralanmış dizi olan $\{s_1\} = \{\min(b_{1,n/2}), \dots, b_i, \dots, \max(b_{1,n/2})\}$ ($1 < i < n/2$) ve $\{s_2\} = \{\min(b_{2,n/2}), \dots, b_j, \dots, \max(b_{2,n/2})\}$ ($1 < j < n/2$) elde edilir.
- $\{s_1\}$ serisi, yatay eksen üzerinde $\{s_2\}$ serisi ise dikey eksen üzerinde olacak şekilde saçılım grafiği çizilir.
- Saçılım grafiği üzerinde verinin dağılışı göz önünde bulundurularak trend olup olmadığına karar verilir.
- Şekil 2.2'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 2.2'de gösterildiği şekildedir (Saphoğlu ve Güçlü, 2022).



Şekil 2.2 : Artan, azalan ve trend olmayan durumlar.

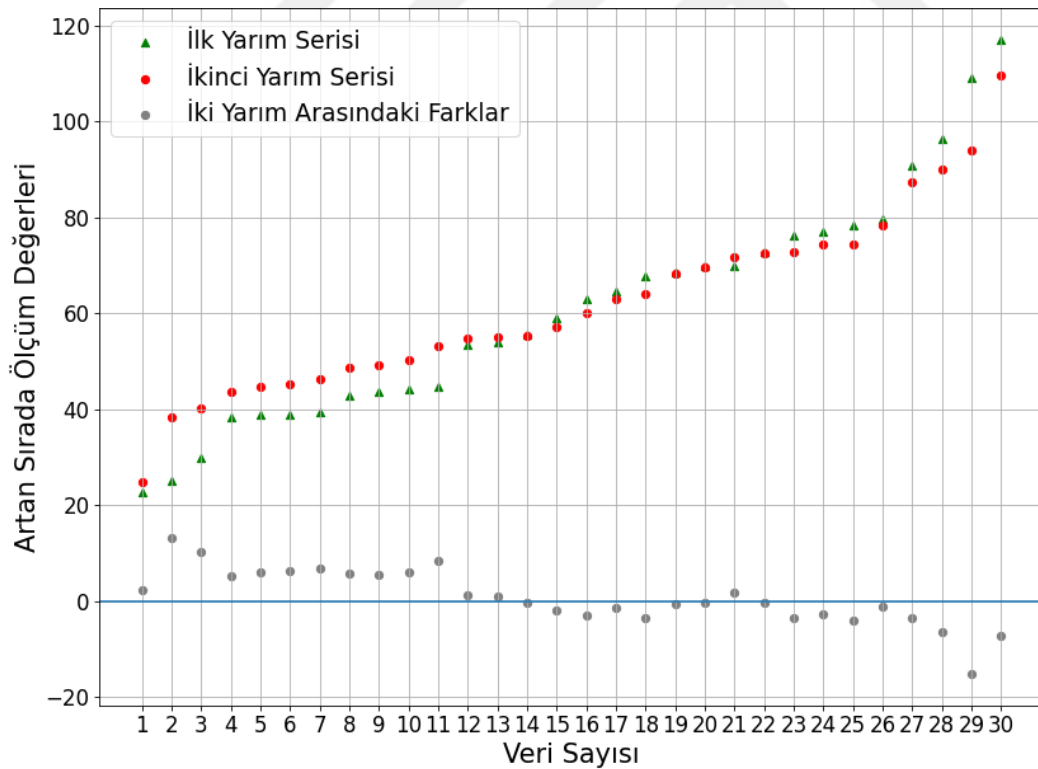
2.1.4 Geliştirilmiş YTA yöntemi

Şen (2012) tarafından tasarlanan klasik YTA yöntemi, verinin boyutunu (sayısını) belirtmez. Güçlü (2020) YTA yöntemini temel alan yeni bir bakış açısı geliştirerek literatüre katkıda bulunmuştur. Geliştirilmiş YTA yöntemi yalnızca belirtilen trendleri değil, aynı zamanda verinin boyutunu (sayısını) da göstermektedir. Bu yöntemin hesaplanması YTA'nın ilk iki aşamasını da içerir ve şu şekildedir.

- $a_1, a_2, \dots, a_n$ elemanlarından oluşan zaman serisi $\{b_{1,n/2}\} = \{a_1, a_2, \dots, a_{n/2}\}$ ve $\{b_{2,n/2}\} = \{a_{n/2+1}, a_{n/2+2}, \dots, a_n\}$ olmak üzere iki eşit parçaya bölünür.
- Her eşit parça artan şekilde sıralanır, böylece aynı sayıda elemana sahip iki sıralanmış dizi olan $\{s_1\} = \{\min(b_{1,n/2}), \dots, b_i, \dots, \max(b_{1,n/2})\}$ ($1 < i < n/2$) ve $\{s_2\} = \{\min(b_{2,n/2}), \dots, b_j, \dots, \max(b_{2,n/2})\}$ ($1 < j < n/2$) elde edilir.
- $\{s_1\}$ verileri dikey eksen üzerine yerleştirilir. Yatay eksen üzerinde ise $\{s_1\}$ veri sayısına ait numaralandırma yer alır. Aynı işlem $\{s_2\}$ verileri için de gerçekleştirilir.

- $\{s_1\}$ ve $\{s_2\}$ verilerinin ($\{s_1\}-\{s_2\}$) şeklinde farkı alınır. Verilerin birbirinden farklı olduğu noktalardaki fark değerleri ile yatay eksendeki değerlerin kesistiği noktalar Şekil 2.3'teki 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 2.3'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.



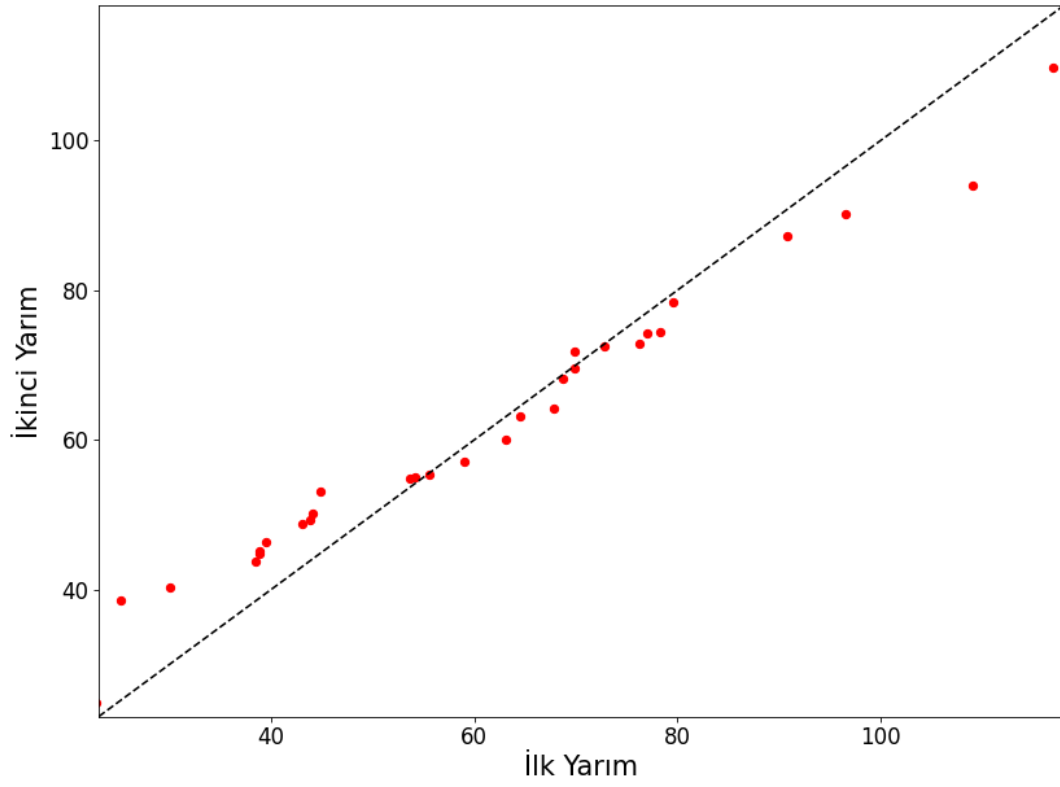
Şekil 2.3 : Geliştirilmiş YTA yöntemiyle örnek trend analizi.

2.1.5 Çift YTA yöntemi

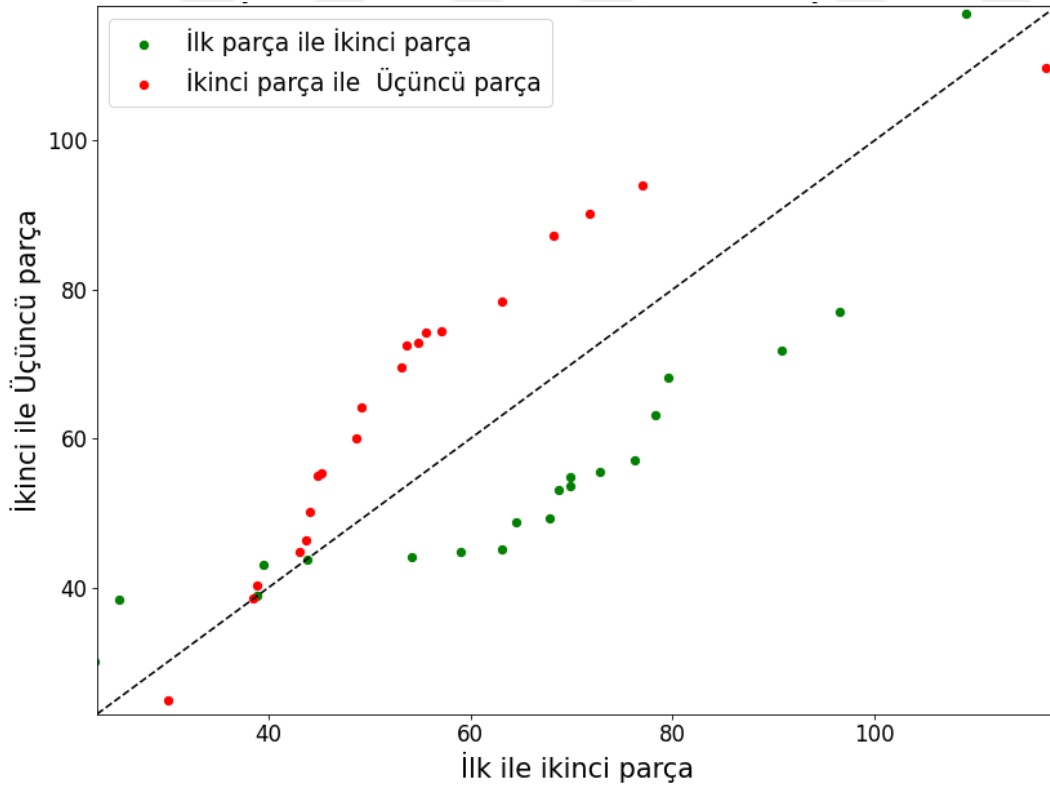
Güçlü (2018) zaman serilerindeki trendlerin istikrarlı olup olmadığını görebilmek için YTA yöntemini baz alarak Çift YTA (Ç-YTA) yöntemi üzerine çalışmıştır. YTA yönteminde zaman serisi iki parçaya bölünerek incelenirken, bu yöntemde üç parçaya bölünerek ilk parça ile ikinci parça ve ikinci parça ile üçüncü parça birlikte incelenmektedir. YTA yönteminin farklı bir grafiksel gösterimi olan bu yöntemin adımları aşağıdaki gibidir:

- Herhangi bir zaman serisi verisi üç alt seriye bölünür.
- Daha sonra, 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 2.4'te bir zaman serisi için YTA yöntemiyle trend olmadığı gözlemlenmektedir. Şekil 2.5'te Ç-YTA yöntemiyle oluşturulan grafikte ilk kısımda (ikinci kısımda) azalan (artan) trend görülmektedir. Sonuç olarak trend eğiliminin stabil olup olmadığı görülebilmektedir.



Şekil 2.4 : YTA yöntemiyle örnek trend analizi.

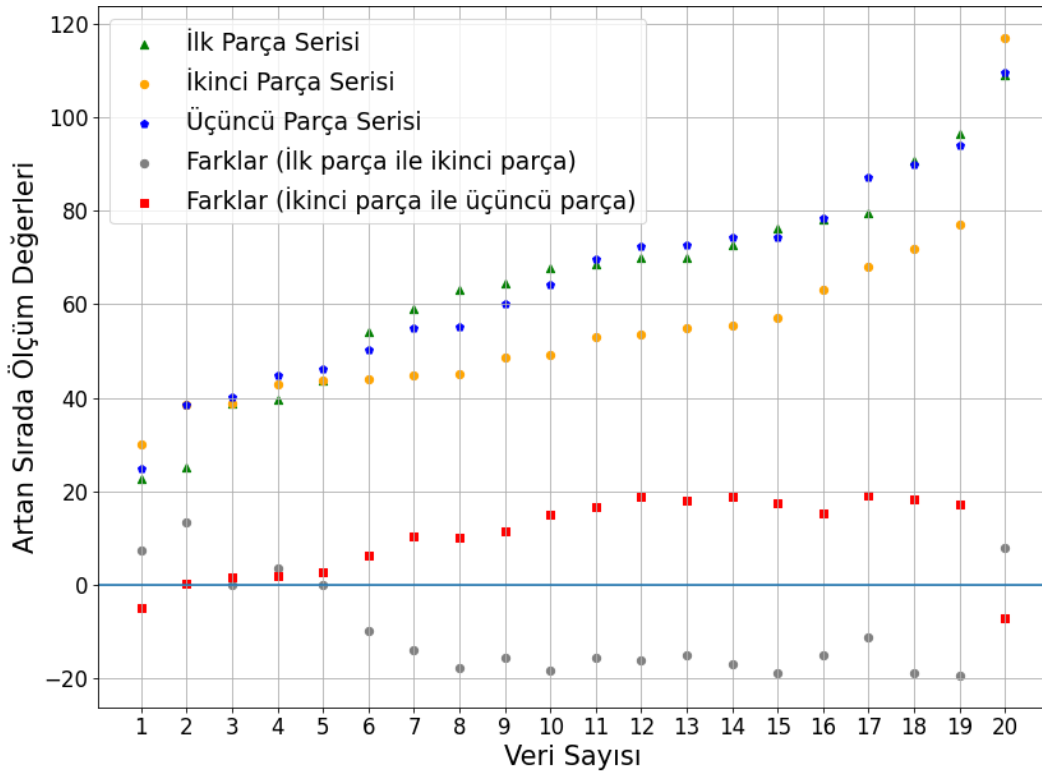


Şekil 2.5 : Ç-YTA yöntemiyle örnek trend analizi.

2.1.6 Geliştirilmiş Ç-YTA yöntemi

Geliştirilmiş YTA ve Ç-YTA yöntemlerinin birleşiminden oluşur. Hem zaman serisindeki trendlerin stabilitesini hem de verinin boyutunu ve sayısını göstermektedir (Şekil 2.6). Bu çalışmada ilk defa kullanılmıştır. Geliştirilmiş Ç-YTA yönteminin adımları aşağıdaki gibidir:

- 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.

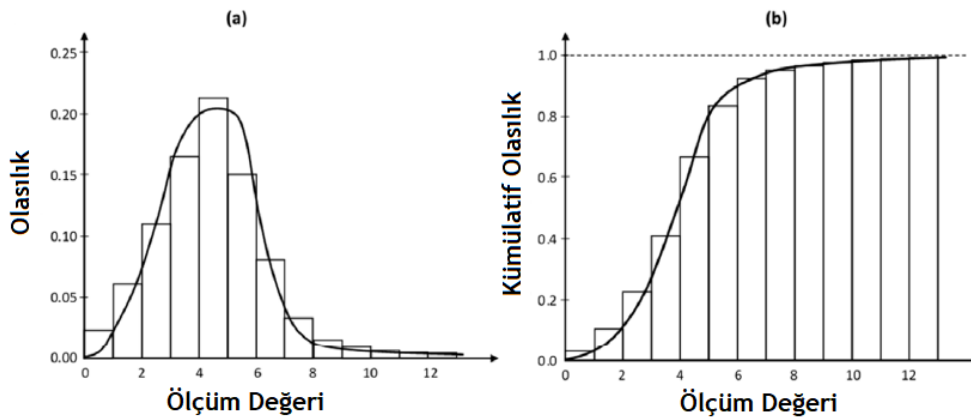


Şekil 2.6 : Geliştirilmiş Ç-YTA örneği.

2.2 Risk Analizi

Yağışların belirli bir bölgede veya alanda olası etkilerini önceden tahmin etmek için risk analizi yöntemleri kullanılmaktadır. Risk analizleri, yağış verilerinin geçmiş trendleri, mevcut koşullar ve olası senaryolara dayalı olarak yapılmaktadır. Yağış risk analizi, yağış miktarlarının belirli bir dağılım fonksiyonu tarafından tanımlanabileceği varsayımına dayanmaktadır. Bu fonksiyonlar, yağış miktarlarının belirli bir zamanda ne kadar olası olduğunu belirlemeye yardımcı olmaktadır. Yağış risk analizi için en yaygın kullanılan dağılım fonksiyonları arasında Normal, Gamma, Weibull ve Lognormal dağılımları yer almaktadır. Yağış risk analizi için dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi, gelecekteki yağışların tahmini için önemli bir adımdır. Ölçülmüş yağış verileri, risk analizi yöntemleri kullanılarak olası risklerin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu sayede, önlem alınması gereken durumlar önceden öngörülerek risklerin minimize edilmesi mümkün hale gelmektedir.

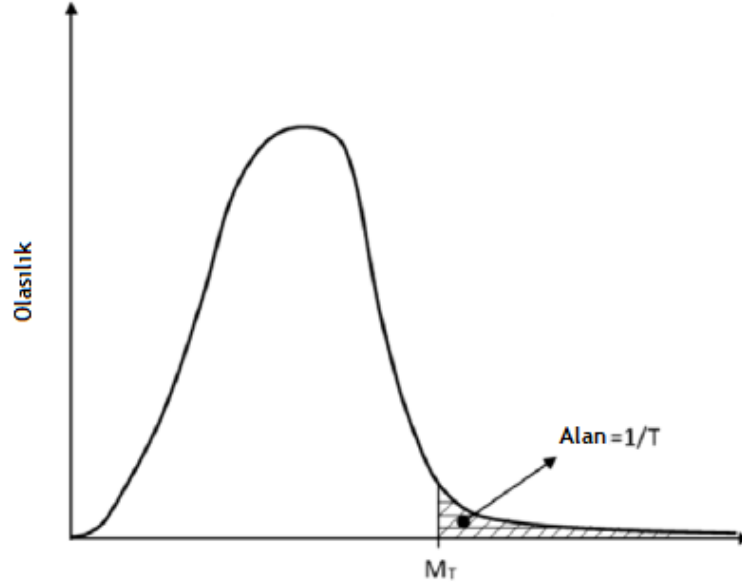
ODF'ler hemen hemen tüm alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Olasılık ve istatistik çalışmalarında son derece yararlı araçlardır. Yağış, akış, buharlaşma, sıcaklık ve diğer hidrometeorolojik değişken ölçümleri gibi veriler için uzun vadeli tahminler ve risk analizleri sağlamaktadırlar. Bu tür tahminler ve analizler hidrometeorolojik planlama, tasarım ve inşaat çalışmaları sırasında gereklidir. Bununla birlikte, hidrometeorolojik ölçümlerin uzunluğu (sayısı) en az 30 olmalıdır. Yeterli ölçümler elde edilirse, frekans histogramlarındaki veriler sınıflandırılır ve en iyi ODF (Şekil 2.7a) veya KDF (Şekil 2.7b) histogramlar üzerine çizilir.



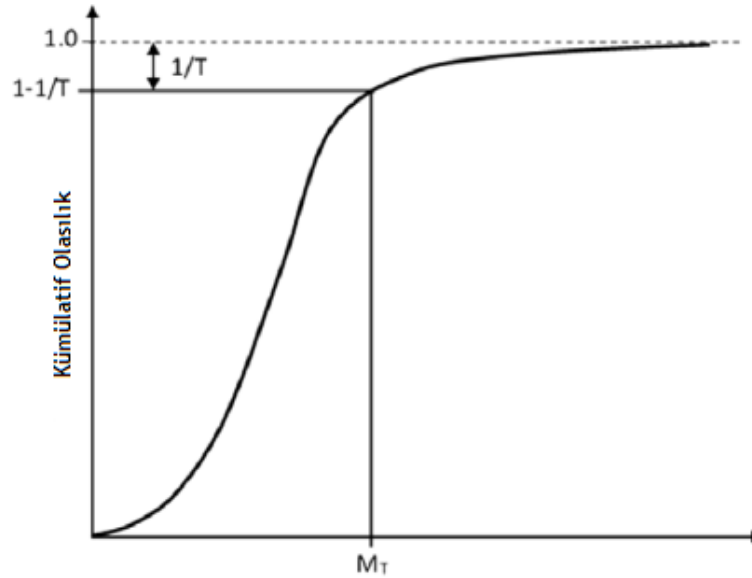
Şekil 2.7 : Teorik ODF (a) ve KDF (b).

Olasılık, frekans, risk, periyot veya yüzde hesaplamaları, teorik ODF'ye göre elde edilebilmektedir. Örneğin, geri dönüş periyodu T ve risk olasılığı R arasındaki $R=1-$

$1/T$ ilişkisi kullanılarak verilen ODF eğrisinin sağ tarafında kalan alanın hesaplanmasıyla tahmini değerler elde edilmektedir (Şekil 2.8). Aynı denklem kullanılarak yatay ekseninde karşılık gelen değişken değeri M_T , ODF'deki bir alan olarak (Şekil 2.8) veya KDF'de bir risk değeri olarak (Şekil 2.9) elde edilebilmektedir. ODF ve KDF'den elde edilen M_T değerleri birbirine tam olarak eşittir (Güçlü, 2021).



Şekil 2.8 : ODF ile olasılık hesabı.



Şekil 2.9 : KDF ile olasılık hesabı.

2.2.1 Alternatif Burr XII dağılımı

Tez çalışması kapsamında, klasik olasılık hesaplama yöntemleri yerine kullanılabilecek ve hatta $R^2 \approx 1$ ile uyum sağlayabilecek S eğrisi özelliği olan alternatif Burr XII dağılımı (Güçlü, 2021) kullanılmıştır. Referans verilen çalışmada alternatif Burr XII yönteminin iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir ve ispatlanmıştır. Bu sonuçlara dayanarak, ilgili çalışmada kullanılan diğer modellere kıyasla daha az hata yaptığı için bu tez çalışmasında da kullanılmıştır. Önerilen denklem ve uygulanması gereken adımlar aşağıda anlatılmıştır.

Sürekliliğe bakmaksızın kullanılabilen Weibull ampirik denklemi n adet ölçüm verisi olan zaman serileri için kullanılmaktadır. x eksenindeki ölçüm değerleri, y eksenindeki olasılık (w_i) değerleri ile saçılım grafiğinde gösterilmektedir. Denklem 2.6'da, i , sıralanmış veri sırasını artan sırayla göstermektedir.

$$w_i = 1 - \frac{i}{n+1} \quad (1 < i < n) \quad (2.6)$$

Burr-XII (2.7), Singh ve Maddala (1976) tarafından sunulan dört parametrelili dağılımlardan biridir. k ve a şekil parametreleri, β ölçek parametresi ve γ yerleştirme parametresidir. Önerilen Burr KDF türü, k 'nın 1'e, γ 'nin 0'a ve $1/\beta^a$ 'nın sabit bir b katsayısına eşit olduğu durumda denklem 2.8'deki gibi elde edilmektedir.

$$\left[\frac{1}{1 + \left(\frac{x - \gamma}{\beta} \right)^a} \right]^k \quad (\gamma < x < \infty) \quad (2.7)$$

$$1 - \frac{1}{1 + bx^a} \quad (0 < x < \infty) \quad (2.8)$$

$y = 1$ -KDF denkleminde dayanarak, S eğrisi özelliği olan denklem 2.9, Weibull ampirik model sonuçlarına uydurulmalıdır. Denklemdaki katsayılar a ve b belirlendikten sonra, y (olasılık) değeri herhangi bir x (ölçüm) değeri karşısında hesaplanabilecektir.

$$y = \frac{1}{1 + bx^a} \quad (0 < x < \infty) \quad (2.9)$$

Öte yandan, aynı denklem temel alınarak ters hesaplama yapmak da mümkündür, olası x değerleri, y değerleri karşısında hesaplanabilmektedir (2.10).

$$x = \sqrt[a]{\frac{1 - y}{by}} \quad (0 < y < 1) \quad (2.10)$$

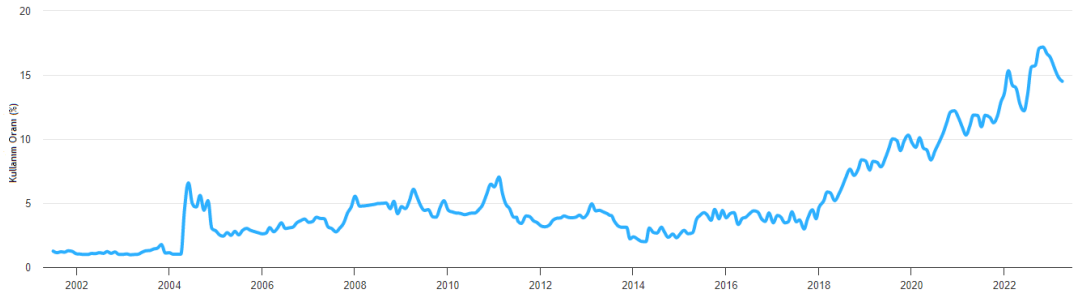
2.3 Python Programlama Dili

Python programlama dili, son yılların en popüler programlama dillerinden biridir ve mühendislik, istatistik ve özellikle yapay zeka gibi alanlarda oldukça yaygın olarak tercih edilmektedir. Tez çalışmasında Python, veri analizi, veri görselleştirmesi ve arayüz tasarımı gibi amaçlarla kullanılmıştır. Bu bölümde kullanılan programlama dili, inşaat mühendisliğinde Python kullanım alanları, kullanılan kütüphaneler, verilerin nasıl işlendiği ve tasarlanan arayüz hakkında bilgi verilmiştir.

2.3.1 Genel bilgi

Python, 1980'lerin sonunda Hollanda'daki Centrum Wiskunde & Informatica'da Guido van Rossum tarafından ABC programlama dilinin yerine geçmesi amacıyla geliştirilmiştir. Python 2.0'dan başlayıp, birçok güncelleme geçirerek günümüze gelmiştir. Kasım 2022'de çıkan Python 3.11 sürümü son hali olarak kullanılmaktadır. Python programlama dilinin basit ve anlaşılır sözdizimi, kod yazımını hızlandırırken, zengin kütüphaneleri ve modülleri sayesinde de işlevsellik açısından zengin bir ortam sunar. Bu sebeplerle son yıllardaki kullanımı yaygınlaşmıştır. Şekil 2.10'da programlama dilleri arasında Python kullanım oranının TIOBE endeksine (Url-2) göre

yıllar içindeki değişimi verilmiştir. Görüldüğü üzere özellikle son beş yıl içerisinde Python kullanımı oldukça artmıştır. Web programlama, mobil uygulamalar, veri bilimi, oyun geliştiriciliği ve yapay zeka gibi alanlarda yaygın olarak kullanıldığı gibi internet korsanlığı gibi kötü amaçlarla da kullanılabilmektedir. Python programlama dilinin açık kaynak kod erişimine sahip olması da yaygın olarak kullanılmasının en büyük sebeplerindendir.



Şekil 2.10 : TIOBE endeksine göre 2002-2022 yılları arasında Python kullanım oranı değişimi.

Python programlama dilinin en önemli özelliklerinden biri nesne yönelimli programlama desteğidir. Nesne yönelimli programlama, sınıf ve nesne kavramlarına dayanmaktadır. Bir sınıf, nesne modelini tanımlayan bir şablondur. Bir sınıfın özellikleri, nitelikler ve metotlar olarak tanımlanmaktadır. Her sınıfın bir kurucu metodu vardır ve bu metot, sınıf örneği oluşturulduğunda otomatik olarak çağrılmaktadır. Örneğin, bir Araba sınıfı oluşturulsun ve bu sınıfın nitelikleri (marka, model, renk) ve metodları (ilerle) tanımlansın. Oluşturulan bu sınıftan bir nesne oluşturarak, bu nesnenin özelliklerine ve metodlarına erişilebilmektedir. Verilen örnek aşağıda Python kodlarıyla da gösterilmiştir.

```
class Araba:
```

```
    def __init__(self, marka, model, renk):
```

```
        self.marka = marka
```

```
        self.model = model
```

```
        self.renk = renk
```

```
    def ilerle(self, hız):
```

```
print(f"{self.marka} {self.model} {hız} km/saat hızla ilerliyor.")
```

```
araba = Araba("Seat", "Leon", "Beyaz")
```

```
araba.ilerle(120)
```

Bu örnekte Araba isminde bir sınıf oluşturulmuştur. Kurucu metot ile marka, model ve renk nitelikleri oluşturulmuştur. Oluşturulan nesneye yaptırılmak istenen davranış yerine geçen metot hızlan metodudur. Kodun en altında yer alan “araba” değişkeni Araba sınıfıyla oluşturulan nesneyi ifade etmektedir. Oluşturulan bu nesne ile Araba sınıfına ait davranışsal metotlar çalıştırılabilmektedir. Nesne yönelimli programlama, kodun modüler bir şekilde yazılmasına izin vermektedir. Nesnelerin tanımlanması, oluşturulan metotların tekrar kullanılabilmesini kolaylaştırmaktadır. Kodun (metotların) tekrar kullanılabilmesi de yazılımın verimliliğini arttırmaktadır. Nesne yönelimli programlama, bir programın yapısını ve işleyişini daha iyi anlaşılabilir hale getirmektedir. Daha anlaşılır olması, yazılan kodun bakımını ve hata tespitini kolaylaştırmaktadır. Bu tez çalışmasında Python kodları nesne yönelimli programlama kullanılarak yazılmıştır.

2.3.2 İnşaat mühendisliğindeki yeri

Python, inşaat mühendisliği alanında veri analizi, simülasyon, optimizasyon, veri görselleştirme, yapay zeka uygulamaları ve daha birçok alanda kullanılabilmektedir. Bu çalışmaların kaynakları literatür araştırması kısmında verilmiştir. Bazı örnek kullanım alanları şunlardır:

Yapısal Analiz: Python, sonlu elemanlar yöntemi gibi sayısal analiz yöntemlerinin uygulanması için sıklıkla kullanılmaktadır. Yapısal analizde kullanılan kütüphaneler arasında OpenSees, PyNite ve FEniCS gibi popüler seçenekler yer almaktadır.

Veri analizi: İnşaat mühendisleri, projelerinde kullanacakları malzeme özellikleri, yer seçimi, maliyet tahminleri gibi konularda veri analizi yapmaktadırlar. Python'un Numpy, Pandas ve Matplotlib gibi kütüphaneleri sayesinde bu analizleri gerçekleştirebilmektedirler.

Yapay zeka: Python, makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi yapay zeka teknolojilerinde kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, inşaat mühendisleri tarafından

yapısal hasar tespiti, arazi seçimi, verimlilik artırma gibi konularda kullanılabilmektedir.

Optimizasyon: Python, inşaat mühendisleri tarafından tasarım optimizasyonu için kullanılan genetik algoritma, karar ağacı ve benzeri tekniklerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu teknikler, tasarım verimliliğini artırmak ve maliyeti düşürmek için kullanılmaktadır.

Veri görselleştirme: Matplotlib, Seaborn, Plotly ve benzeri kütüphaneler, inşaat mühendisleri tarafından kullanılan verilerin görselleştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kütüphaneler, yapısal analiz sonuçlarının, arazi verilerinin ve maliyet tahminlerinin grafiklerle daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

2.3.3 Tezde kullanılan kütüphaneler

Python açık kaynaklı bir programlama dili olması sebebiyle topluluk tarafından hazırlanmış çok sayıda kütüphaneye sahiptir. Popülerliğini koruyan bir dil olduğu için sahip olduğu kütüphane çeşitliliği günden güne artmaktadır. Bu tez çalışmasında birbirinden farklı birçok Python kütüphanesi kullanılmıştır. Bunların neler olduğu ve tanımları aşağıdaki gibidir.

Pandas: Veri analizi işlemleri için kullanılan bir kütüphanedir. Pandas, verileri okumak, filtrelemek, manipüle etmek, birleştirmek ve dönüştürmek için çok sayıda fonksiyon sağlamaktadır.

Numpy: Bilimsel hesaplama için kullanılan bir kütüphanedir. Özellikle çok boyutlu dizilerle çalışmak için kullanılır ve matematiksel işlemler için birçok fonksiyon içermektedir.

Matplotlib: Verileri görselleştirmek için kullanılan bir kütüphanedir. Çizgi grafikleri, histogramlar, saçılım grafikleri gibi birçok grafik için kullanılmaktadır.

Scipy: Bilimsel ve matematiksel hesaplamalar için kullanılmaktadır. Scipy, sayısal entegrasyon, lineer cebir, optimizasyon, sinyal işleme ve daha pek çok matematiksel işlem için fonksiyonlar sağlamaktadır.

Sqlite3: Veritabanı yönetimi için kullanılan bir kütüphanedir. Küçük ölçekli projeler ve lokal veri depolama için ideal bir tercihtir.

Math: Matematiksel işlemler için kullanılan bir kütüphanedir. Trigonometrik işlemler, üslü sayılar, karekökler, logaritmalar ve daha pek çok matematiksel işlem için fonksiyonlar sağlamaktadır.

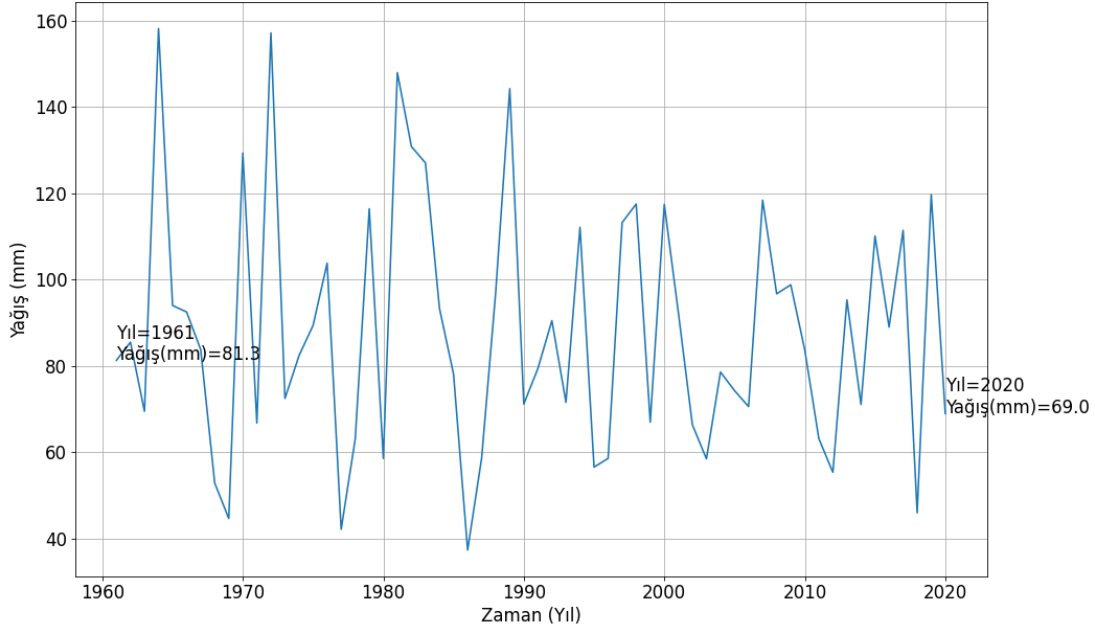
Pymannkendall: Mann-Kendall trend testi yapmak için kullanılan bir kütüphanedir.

Tkinter: Grafiksel arayüzler oluşturmak için kullanılan bir kütüphanedir. Kullanıcı arayüzü elemanlarını (butonlar, metin kutuları, menüler vb.) oluşturmak ve yönetmek için fonksiyonlar sağlamaktadır.

2.3.4 Verilerin işlenmesi

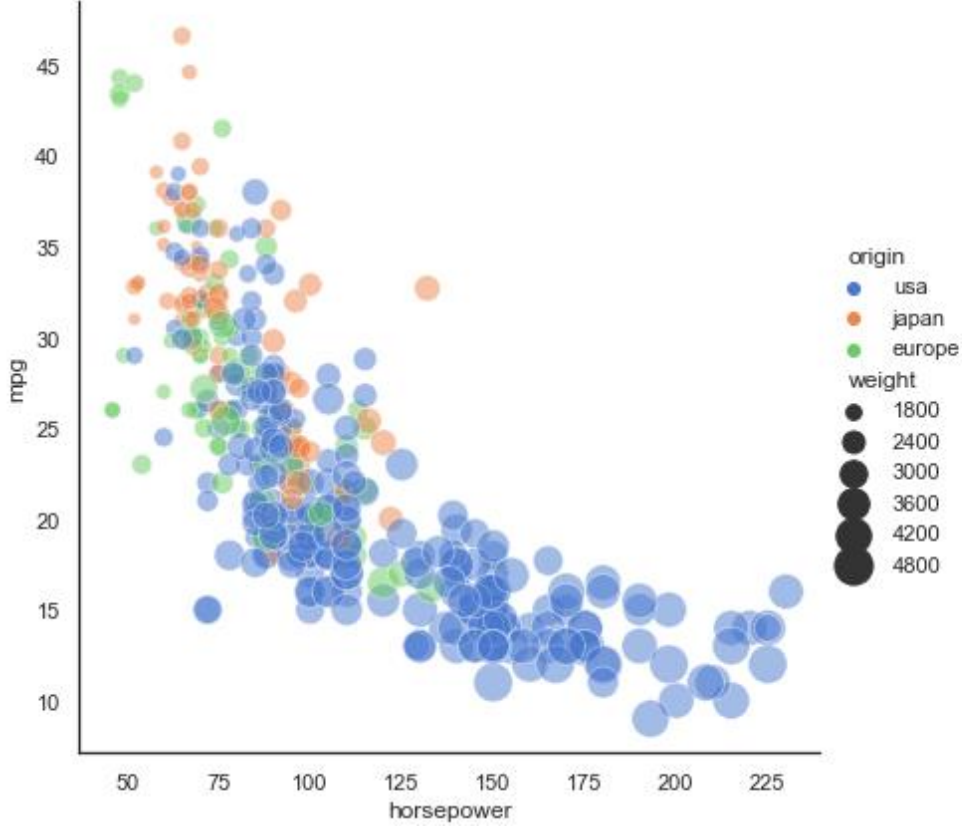
Python, veri analizi ve görselleştirme için yaygın olarak kullanılan bir programlama dilidir. Veri analizi, veri kümelerini anlamak, keşfetmek ve özetlemek için istatistiksel hesaplama yöntemlerini kullanarak yapılan bir süreçtir. Python, veri analizi ve görselleştirme işlemleri için birçok açık kaynaklı kütüphane ve araç sunmaktadır. Veri analizi ve görselleştirme için kullanılan bu kütüphaneler sayesinde, kullanıcılar büyük veri kümelerindeki eğilimleri ve sonuçları anlayarak çıkarımlar yapabilmektedir. Python'da veri analizi ve görselleştirme için kullanılan araçlar, işletmeler, araştırmacılar ve veri bilimcileri için çok değerlidir.

Python ile veri analizi ve görselleştirme, birçok sektörde kullanılmaktadır. Özellikle finans, sağlık, e-ticaret, telekomünikasyon, enerji ve pazarlama gibi sektörlerde veri analizi ve görselleştirme için Python kullanılmaktadır. Verileri analiz etmek için bazı örnek işlevler arasında, verilerin gruplandırılması, filtrelenmesi, sıralanması ve birleştirilmesi yer almaktadır. Verileri görselleştirmek içinse, çizgi, histogram, saçılım, kutu, ısı haritası ve pasta dilimi gibi grafikler kullanılmaktadır. Şekil 2.11'de Python kullanılarak çizilmiş bir zaman serisi çizgi grafiği örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.11 : Python ile çizgi grafiği örneği.

Basit gösterimli grafikler oluşturulabileceği gibi, daha estetik görünüşe sahip grafikler de oluşturulabilir. Şekil 2.12’de farklı bir kütüphane kullanılarak çizdirilen saçılım grafiği gösterilmiştir.



Şekil 2.12 : Python ile saçılım grafiği örneği (Url-3).

Tez çalışması kapsamında verilerin işlenmesi için Python programlama dili ve SQL veritabanı kullanılmıştır. Excel üzerinde bulunan yağış verilerini işlemek uzun süreceği için bir SQL veritabanı oluşturularak veriler bir araya toplanmıştır. Bu aşamadan sonra verilerin trend ve risk analizlerini yapmak için veritabanından okutulması yeterli hale gelmiştir. Verilerin görselleştirilmesi, istatistik testlerinin sonuçları, istasyon bilgileri ve tekerrür aralığına göre yağış tahmini işlemleri hazırlanan arayüz üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan arayüzün detayları 2.3.5 bölümünde anlatılacaktır.

2.3.5 Arayüz tasarımı

Python ile arayüz oluşturmak için birçok kütüphane mevcuttur. En yaygın kullanılanlardan biri tkinter kütüphanesidir. Bu kütüphanenin kullanımının basit olması ve python ile birlikte yüklenmesi popülerliğini arttırmıştır. Bunun yanı sıra PyQt, Kivy, wxPython ve PySide gibi başka kütüphaneler de kullanılabilir. Bu kütüphaneler daha modern tasarımlar ve gelişmiş özellikler sunabilmektedirler. Tez çalışması kapsamında tkinter kütüphanesi tercih edilmiştir. Tkinter ile basit bir arayüz tasarımı aşağıda anlatıldığı gibi yapılmaktadır.

- İlk olarak import tkinter komutu ile ilgili kütüphane çağrılır.
- Ana pencere oluşturulur.
- Arayüz araçları eklenir. Örneğin, etiketler, butonlar, girdi kutuları ve metin kutuları gibi birçok araç mevcuttur.
- Araçlara özellikler atanır. Örneğin, bir butona basıldığında yapılması istenen işlem için ilgili butona özel bir fonksiyon oluşturulur. Araçların rengi, boyutu ve konumu gibi özellikler de belirlenebilir.
- Bütün adımlar tamamlandığında mainloop komutu ile arayüz çalıştırılır. Bu sayede oluşturulan arayüz ekranda görünür.

Şekil 2.13’de inşaat metrajı hesaplamak için kullanılan bir programa ait arayüz örneği gösterilmiştir. Python ile oluşturulan bu arayüzde butonlar, metin kutuları, tablo ve ilgili temele ait bir görsel gibi araçlar bulunmaktadır.

GT FOUNDATION
SINGLE FOOTING
COMBINED FOOTING
MAT FOUNDATION
TANK&DYKE WALL
PIT CALCULATOR

Excavation Depth:

Structural Fill:

Foundation Depth:

Foundation Width:

Foundation Length:

Anchor_Qty:

Grout Depth:

Found_Name:

Quantity:

Pedestal_Width:

Pedestal_Length:

Pedestal_Depth:

Anchor_Type:

ADD FOUNDATION

Type	Item	Concrete_Founds	LeanConcrete	Formwork	Rebar	ConcreteProtection	PeSheet	Excavation	StructuralFill	Backfill	Grout	Screed	EmbedPlate	WireMesh	Anchor24	Anchor30	Anchor36	Anchor42	StructuralSteel	JointIsolation	WaterStopper
GT FOUNDATION	GT 9E.03	851.622	35.52	796.36	104.66	678.84	680.0	2674.02	839.84	1064.472616	12.0	340.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
STACK	BY-PASS STACK	6.0	3.919999999999999	24.0	0.600000000000000	10.0	2.0	27.66	27.66	1.020000000000000	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	8.0
SKID	Anti Icing Skid	29.81	48.8	86.07	3.67	203.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.09	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SKID	CO2 Skid	19.56	3.88	16.34	1.07	47.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SINGLE FOOTING	sf2	4.0	0.46	17.6	0.48	0.96	4.0	31.18	32.66	-1.68	2.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	8.0

▶ RUN
🗑️ DELETE
🗑️ DELETE ALL

Şekil 2.13 : Python ile oluşturulmuş arayüz örneği.

Tez çalışması kapsamında detaylı ve işlevsel bir arayüz hazırlanmıştır. Trend analizi ve risk analizi bölümleri için farklı sekmeler oluşturulmuştur. Şekil 2.15'te bu sekmeler görülebilmektedir. Sol üstte bulunan listeden analiz edilmek istenen istasyon seçilebilmektedir. Seçilen istasyon ile ilgili coğrafi bilgiler ve istasyon verilerine ait istatistik değerlerinin gösterildiği bir tablo mevcuttur. Seçilmiş olan istasyonun zaman serisi, çeşitli trend analizi metodları ve risk analizi sonuçları ayrı sekmelerden ulaşılabilir.

Üst orta kısımda MK test sonuçlarına göre trend eğilimi sonucu ve verilerin homojenlik kontrolü için runs testi sonucu görülebilmektedir. MK ve runs testi sonuçları sadece trend analizi ile ilgili sekmelerde görülmektedir (Şekil 2.15). Risk analizi sekmesine geçildiğinde kullanılan dağılım modeline verinin yerleştirilmesiyle elde edilen görseller bulunmaktadır (Şekil 2.16). Yağış değeri risk hesaplama sekmesinde, tekerrür aralığına göre yağış değerlerinin hesaplanmasıyla elde edilen sayısal değerlerin gösterildiği sekme de mevcuttur (Şekil 2.17).

Bu tezde trend sonuçları %95 güven aralığına (%5 anlamlılık düzeyine) göre test edilmiştir. Hazırlanan Python programında farklı güven aralıklarına göre çalışmak da mümkündür. Bunun için ek bir ekran hazırlanarak güven aralıklarını değiştirme seçeneği eklenmiştir (Şekil 2.14).

GÜVEN ARALIKLARI

Mann Kendall Güven Aralıkları (%):

☐ %99 -2.576 < Z < 2.576

☐ %98 -2.33 < Z < 2.33

☒ %95 -1.96 < Z < 1.96

☐ %90 -1.645 < Z < 1.645

Runs Testi Güven Aralıkları (%):

☐ %99 -2.576 < Z < 2.576

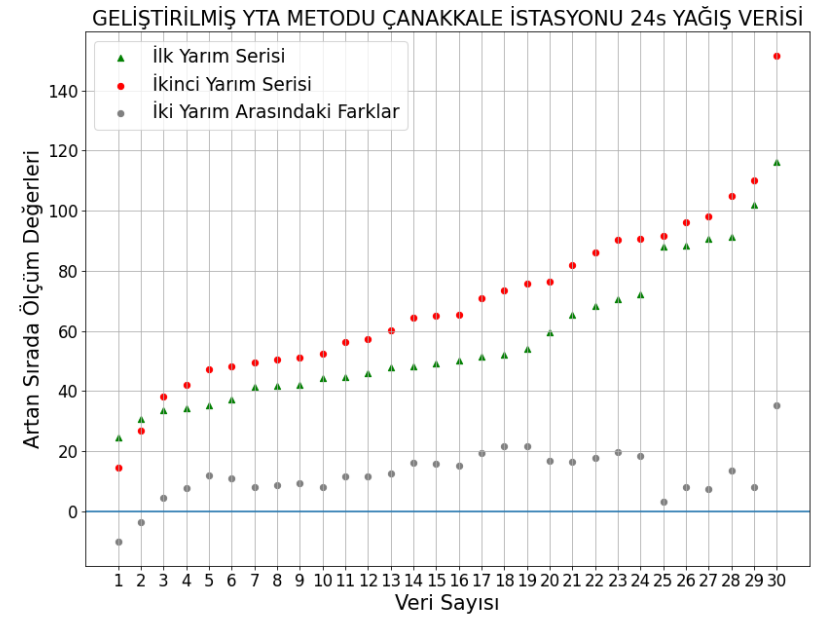
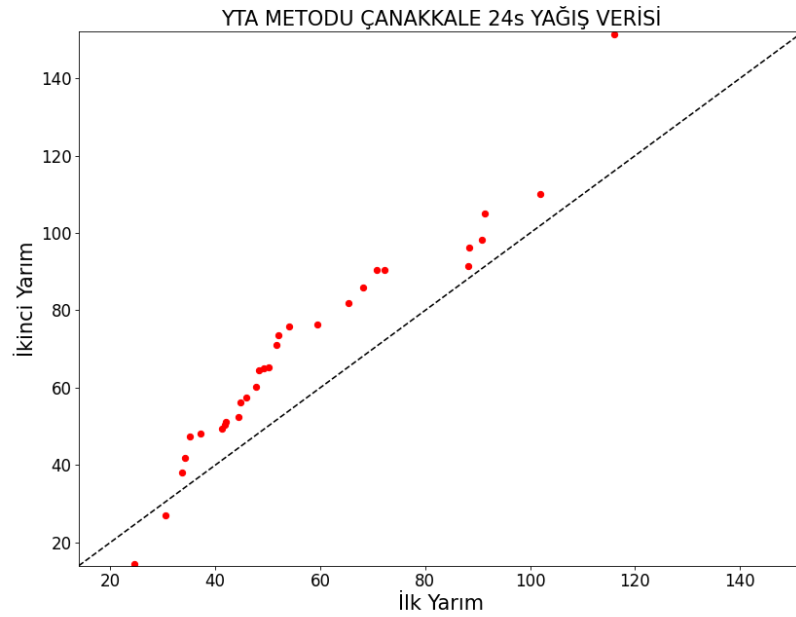
☐ %98 -2.33 < Z < 2.33

☒ %95 -1.96 < Z < 1.96

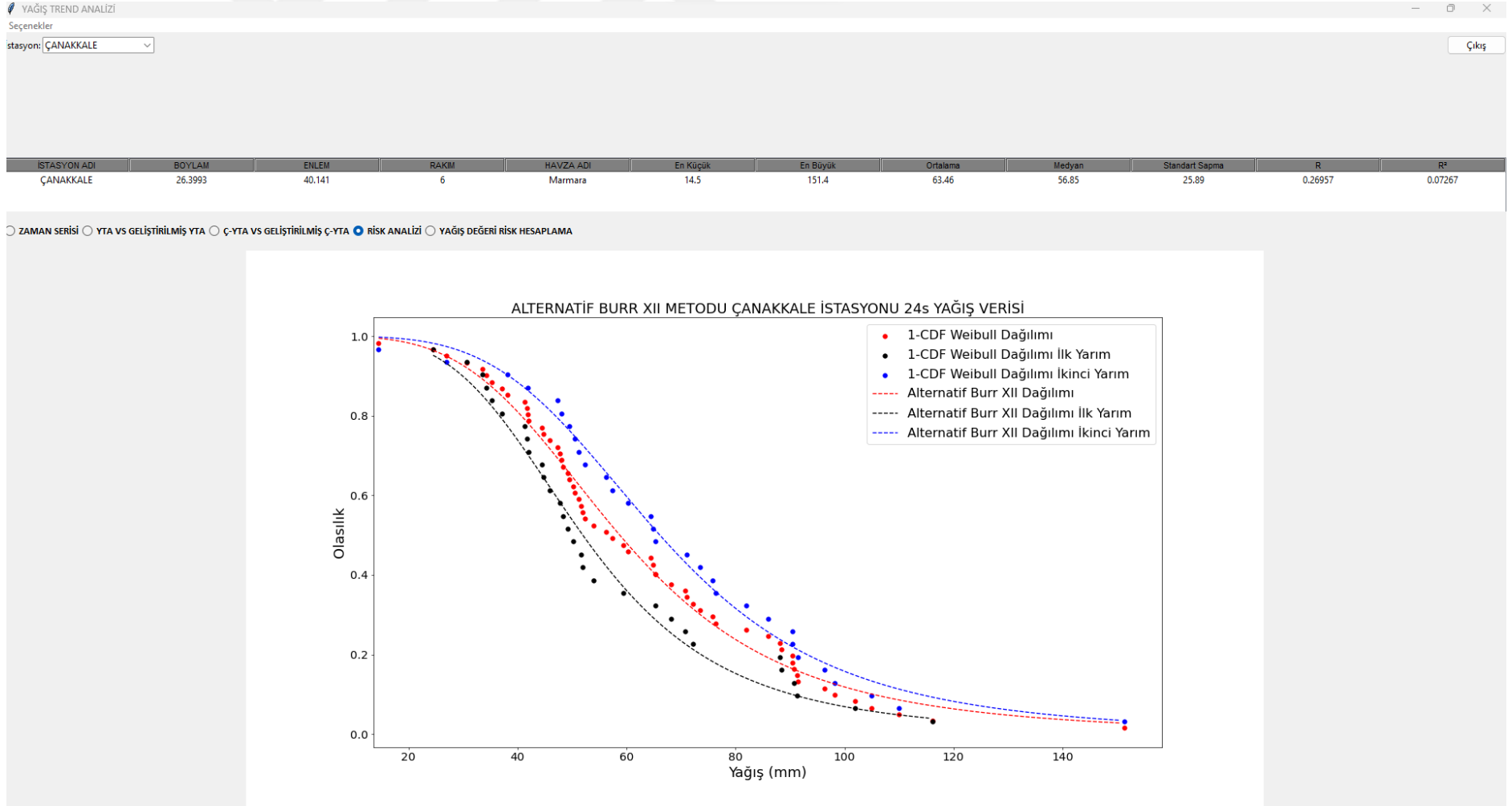
☐ %90 -1.645 < Z < 1.645

KAYDET

Şekil 2.14 : Arayüzün güven aralığını değiştirme ekranı.



Şekil 2.15 : Arayüzün trend analizi bölümünden bir örnek.



Şekil 2.16 : Arayüzün risk analizi bölümünden bir örnek.

YAGIŞ TREND ANALİZİ

Seçenekler

İstasyon: ANAĞKALE

ıkış

İSTASYON ADI	BOYLAM	ENLEM	RAKIM	HAVZA ADI	En Küçük	En Bk	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	R	R ²
ANAĞKALE	26.3993	40.141	6	Marmara	14.5	151.4	63.46	56.85	25.89	0.26957	0.07267

☐ ZAMAN SERİSİ

☐ YTA VS GELİŞTİRİLMİŞ YTA

☐ -YTA VS GELİŞTİRİLMİŞ -YTA

☐ RİSK ANALİZİ

☒ YAGIŞ DEĞERİ RİSK HESAPLAMA

YAGIŞ DEĞERLERİ (TÜM VERİ)

TEKERRÜR ARALIĞI (YIL)	YAGIŞ DEĞERİ (mm)
10	105.0
20	128.0
50	165.0
100	198.0
200	239.0
500	305.0

YAGIŞ DEĞERLERİ (İLK YARIM)

TEKERRÜR ARALIĞI (YIL)	YAGIŞ DEĞERİ (mm)
10	90.0
20	109.0
50	138.0
100	165.0
200	196.0
500	248.0

YAGIŞ DEĞERLERİ (İKİNCİ YARIM)

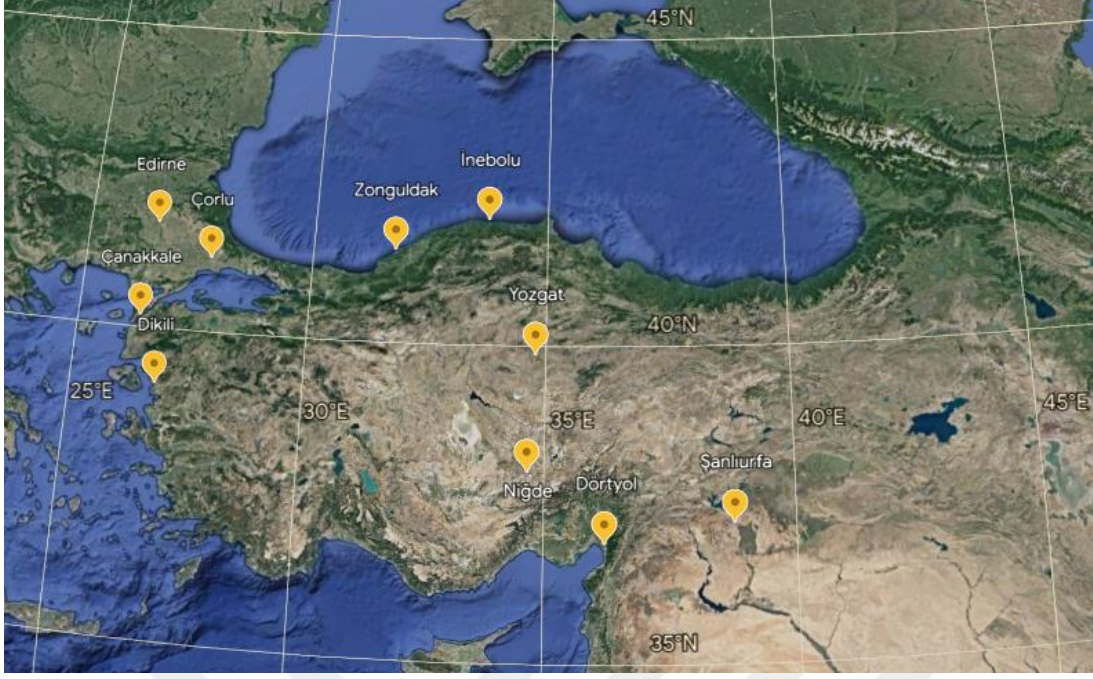
TEKERRÜR ARALIĞI (YIL)	YAGIŞ DEĞERİ (mm)
10	114.0
20	137.0
50	173.0
100	206.0
200	244.0
500	307.0

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 hakimdir. Bunlardan biri olan Akdeniz iklimi, Akdeniz bölgesi, Ege kıyıları ve Marmara Denizi çevresinde hakimdir. 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 tez çalışmasında uygulama için Türkiye’nin farklı yerlerindeki yağış istasyonlarından alınan ölçümler kullanılmıştır. Veriler MGM tarafından 1961 ile 2020 yılları arasındaki altmış yıllık dönemi kapsamaktadır. Çanakkale, Çorlu, Dikili, Dört Yol, Edirne, İnebolu, Niğde, Şanlıurfa, Yozgat ve Zonguldak istasyonlarından alınan günlük maksimum yağışlar (mm) dikkate alınmıştır (Şekil 3.1). Çizelge 3.1’de istasyonlara ait enlem, boylam, rakım ve havza bilgileri verilmiştir. Ayrıca, ölçümlerin minimum, maksimum, ortalama, medyan, standart sapma, korelasyon katsayısı (R) ve belirlilik katsayısı (R^2) değerleri Çizelge 3.2’de sunulmaktadır.



Şekil 3.1 : İstasyonların Türkiye üzerinde konumları.

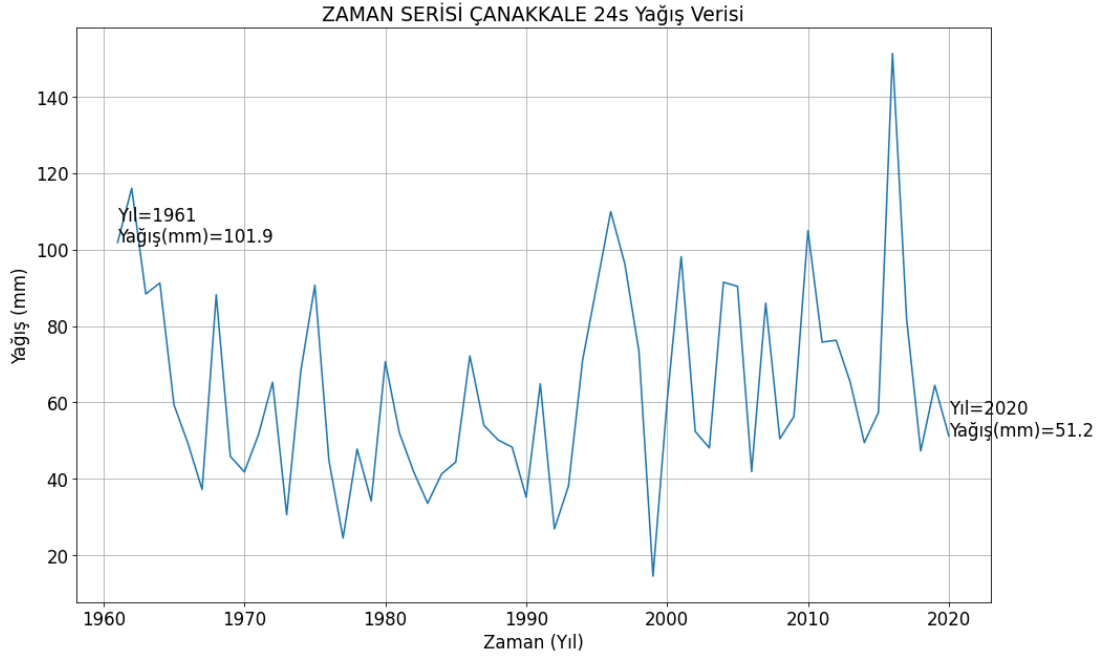
Çizelge 3.1 : İstasyonlara ait coğrafi bilgiler.

İstasyon	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Havza
Çanakkale	40.141	26.3993	6	Marmara
Çorlu	41.1798	27.816	145	Ergene
Dikili	39.0737	26.888	3	Kuzey Ege
Dört Yol	36.8244	36.1981	29	Asi
Edirne	41.6767	26.5508	51	Ergene
İnebolu	41.9789	33.7636	64	Batı Karadeniz
Niğde	37.9587	34.6795	1211	Konya
Şanlıurfa	37.1608	38.7863	550	Fırat-Dicle
Yozgat	39.8243	34.8159	1301	Kızılırmak
Zonguldak	41.4492	31.7779	135	Batı Karadeniz

Çizelge 3.2 : İstasyonlara ait istatistik verileri (mm).

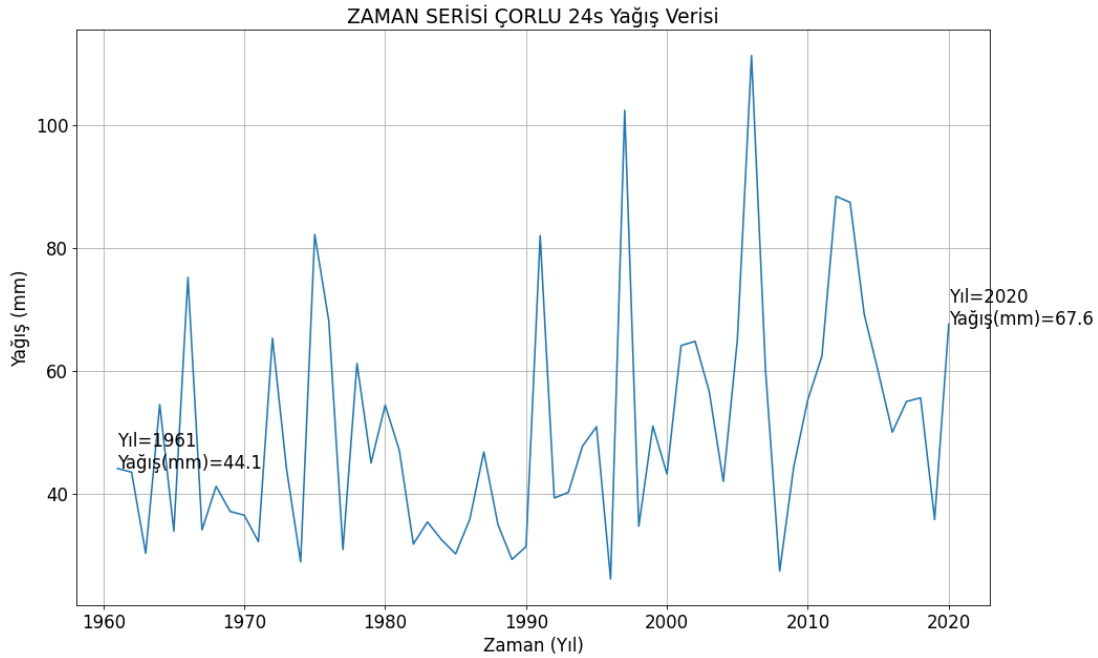
İstasyon	Min.	Maks.	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	R	R ²
Çanakkale	14.5	151.4	63.46	56.85	25.89	0.26957	0.07267
Çorlu	26.1	111.3	50.63	45.9	18.93	0.09185	0.00844
Dikili	22.7	117	61.5	59.55	20.88	0.01132	0.00013
Dört Yol	34.2	206.7	83.42	78.6	29.92	-0.03833	0.00147
Edirne	24	119.8	53.04	49.1	17.61	0.11257	0.01267
İnebolu	34.3	135.9	71.74	68.55	21.35	0.30275	0.09166
Niğde	12.4	54.5	26.81	25.15	8.76	-0.08038	0.00646
Şanlıurfa	23.3	120.2	45.58	40.65	17.9	-0.0878	0.00771
Yozgat	24.7	68	38.69	37	10.5	0.05048	0.00255
Zonguldak	37.4	158.1	88.04	83.75	28.63	-0.08998	0.0081

Çanakkale, Marmara bölgesinde yer alan bir şehirdir. Hem Anadolu hem de Avrupa’da toprakları bulunan bu ilde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Şehir, 25° 40’-27° 30’ doğu boylamları ve 39° 27’-40° 45’ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Yıllık ortalama yağış miktarı 620 mm civarındadır. 1961-2020 yılları arasındaki günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi Şekil 3.2’de verilmiştir.



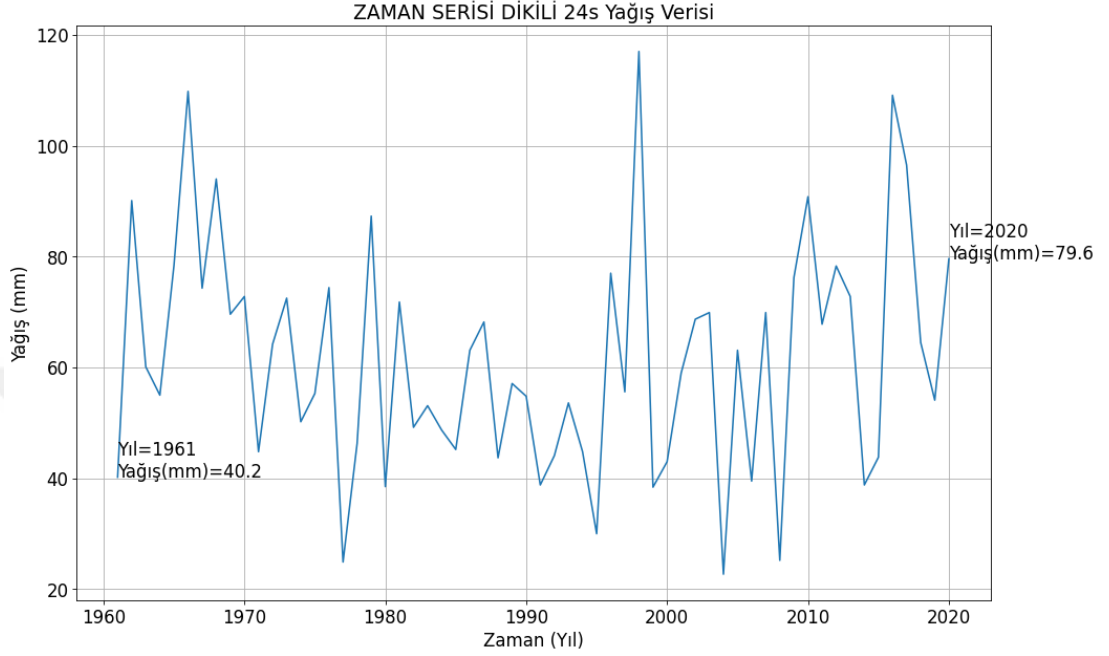
Şekil 3.2 : 1961-2020 Çanakkale günlük maksimum yağış verisi.

Çorlu, Tekirdağ iline bağlı bir ilçedir. $41^{\circ} 10'$ enlemi ve $27^{\circ} 48'$ boylamında yer almaktadır. Denizden nispeten uzak kesimlerde yer alması sebebiyle karasal iklim hakimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 600 mm civarındadır. 1961-2020 yılları arasındaki günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi Şekil 3.3'te verilmiştir.



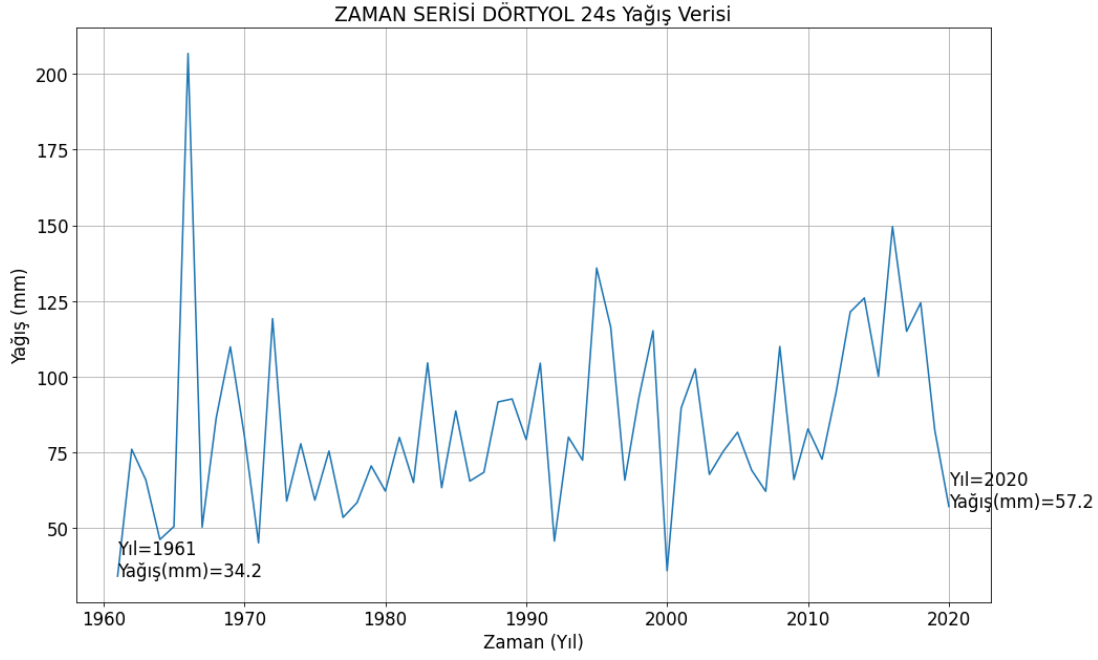
Şekil 3.3 : 1961-2020 Çorlu günlük maksimum yağış verisi.

Dikili, İzmir iline ait bir Kuzey Ege ilçesidir. $39^{\circ} 06'$ enlemi ve $26^{\circ} 52'$ boylamında yer almaktadır. İlçede Akdeniz iklimi hakimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Yıllık ortalama yağış miktarı 660 mm civarındadır. 1961-2020 yılları arasındaki günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi Şekil 3.4'te verilmiştir.



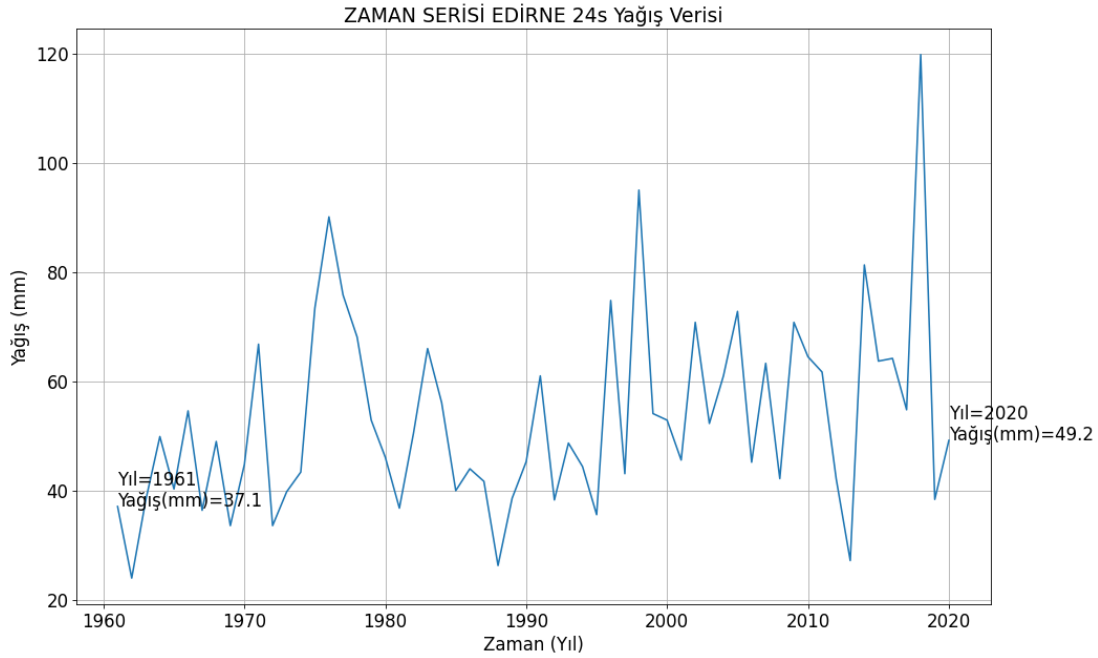
Şekil 3.4 : 1961-2020 Dikili günlük maksimum yağış verisi.

Dörtyol, Hatay iline bağlı Akdeniz bölgesinde yer alan bir ilçedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlıdır. Tipik Akdeniz iklimine sahiptir. $36^{\circ} 54'$ enlemi ve $36^{\circ} 13'$ boylamında yer almaktadır. Yıllık ortalama yağış 1000 mm civarındadır. Şekil 3.5'te 1961-2020 yıllarına ait günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi verilmiştir.



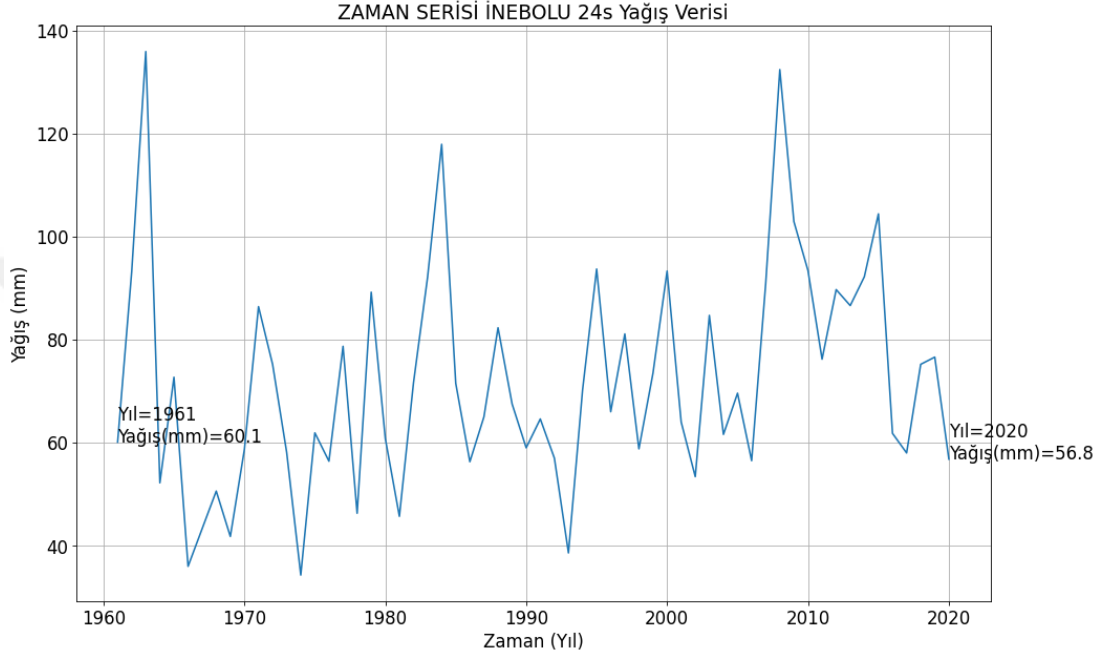
Şekil 3.5 : 1961-2020 Dört Yol günlük maksimum yağış verisi.

En batıda bulunan noktalardan biri olan Edirne istasyonu $41^{\circ} 40'$ enlemi ve $26^{\circ} 33'$ boylamında konumlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle Marmara bölgesinin kuzeybatısında yer almaktadır ve yılda neredeyse 100 gün boyunca ortalama 600 mm yağış almaktadır. Yıllık toplam yağışın üçte biri Kasım, Aralık ve Ocak aylarında düşmektedir. Şekil 3.6'da 1961-2020 yılları arası günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi görülmektedir.



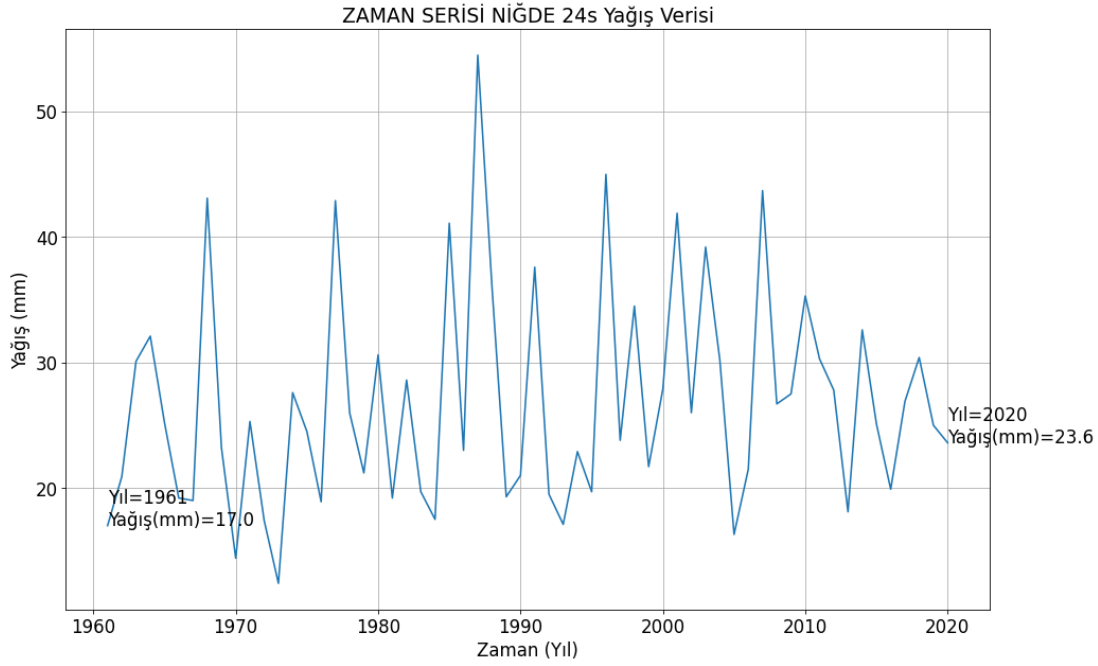
Şekil 3.6 : 1961-2020 Edirne günlük maksimum yağış verisi.

İnebolu, Karadeniz Bölgesinde bulunan Kastamonu iline ait bir liman ilçesidir. $41^{\circ} 59'$ enlemi ve $33^{\circ} 45'$ boylamında yer almaktadır. Bölgede tipik Karadeniz iklimi etkilidir. Kışlar ılık ve yağışlı geçerken, yazlar sıcaktır ancak kurak değildir. Nem seviyesi oldukça yüksek olan ılıman bir iklime sahiptir. Yüksek miktarda yağış alan bölgede, yıllık ortalama 1000 mm yağış görülmektedir. Şekil 3.7’de 1961-2020 yılları arası günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi görülmektedir.



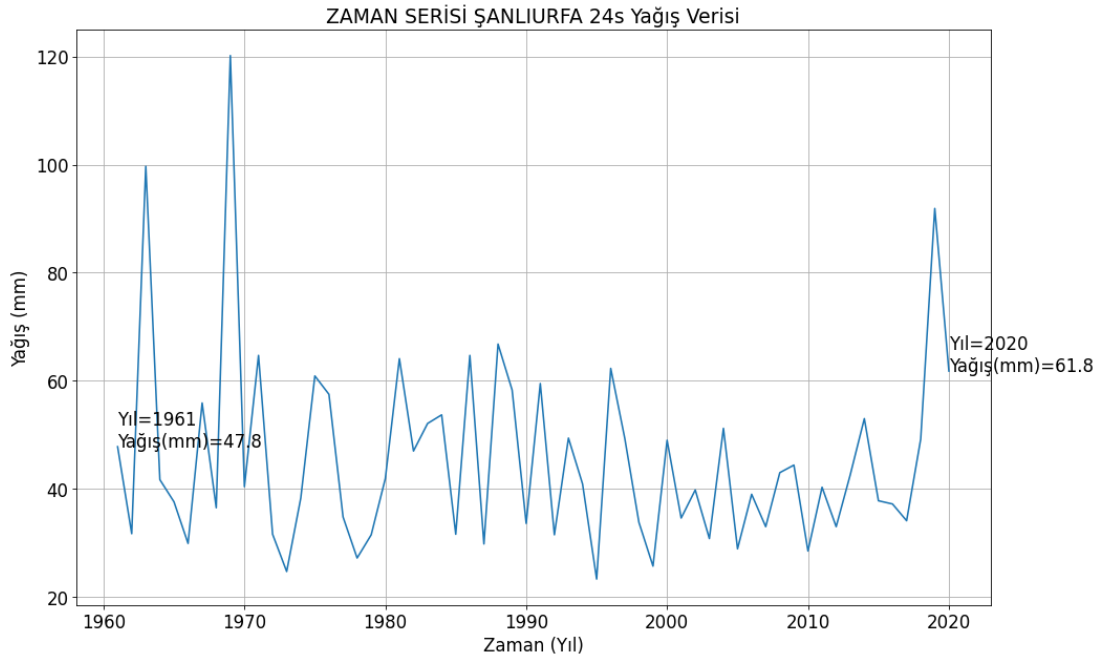
Şekil 3.7 : 1961-2020 İnebolu günlük maksimum yağış verisi.

Niğde, İç Anadolu bölgesinin güneydoğusunda yer alır. $37^{\circ} 58'$ enlemi ve $34^{\circ} 40'$ boylamında yer almaktadır. Yüksek rakıma (1200 m) sahip şehirler arasındadır. Bölgede karasal iklim etkilidir. Yıllık ortalama yağış 340 mm civarındadır. Yağışlar en çok ilkbahar ve kış mevsimlerinde görülür. Şekil 3.8’de 1961-2020 yılları arası günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi görülmektedir.



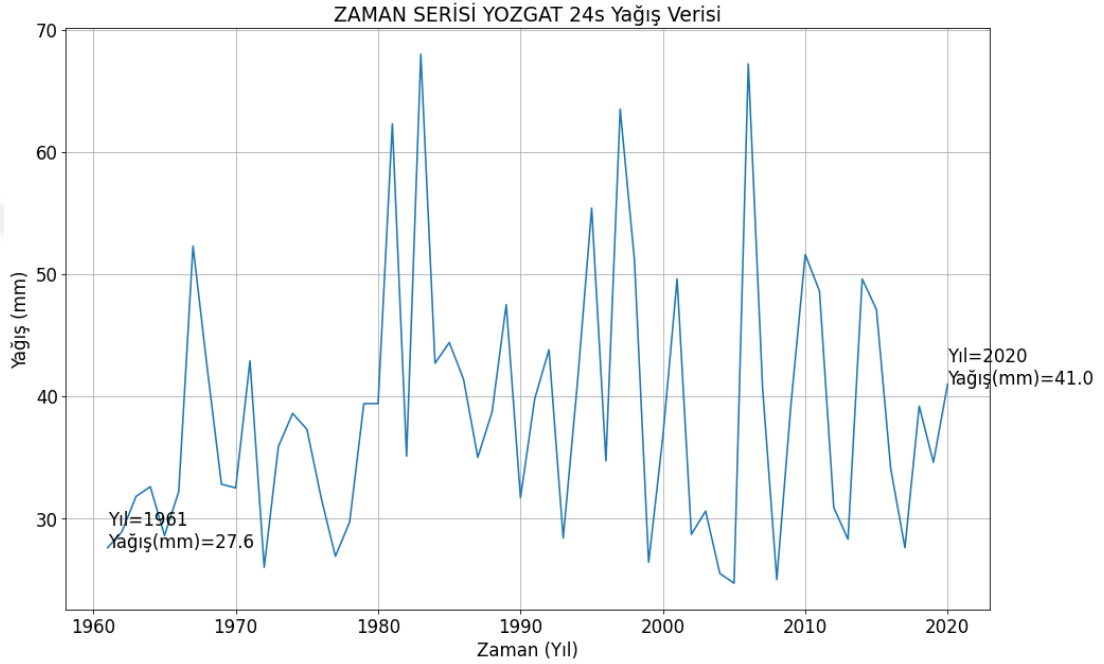
Şekil 3.8 : 1961-2020 Niğde günlük maksimum yağış verisi.

Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan bir şehirdir. $37^{\circ} 12'$ enlemi ve $38^{\circ} 47'$ boylamında yer almaktadır. Sıcak ve ılıman bir iklime sahiptir. Yağışlar genellikle kış aylarında görülmektedir. Yıllık ortalama 400-500 mm civarında yağış görülmektedir. Şekil 3.9'da 1961-2020 yılları arası günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi görülmektedir.



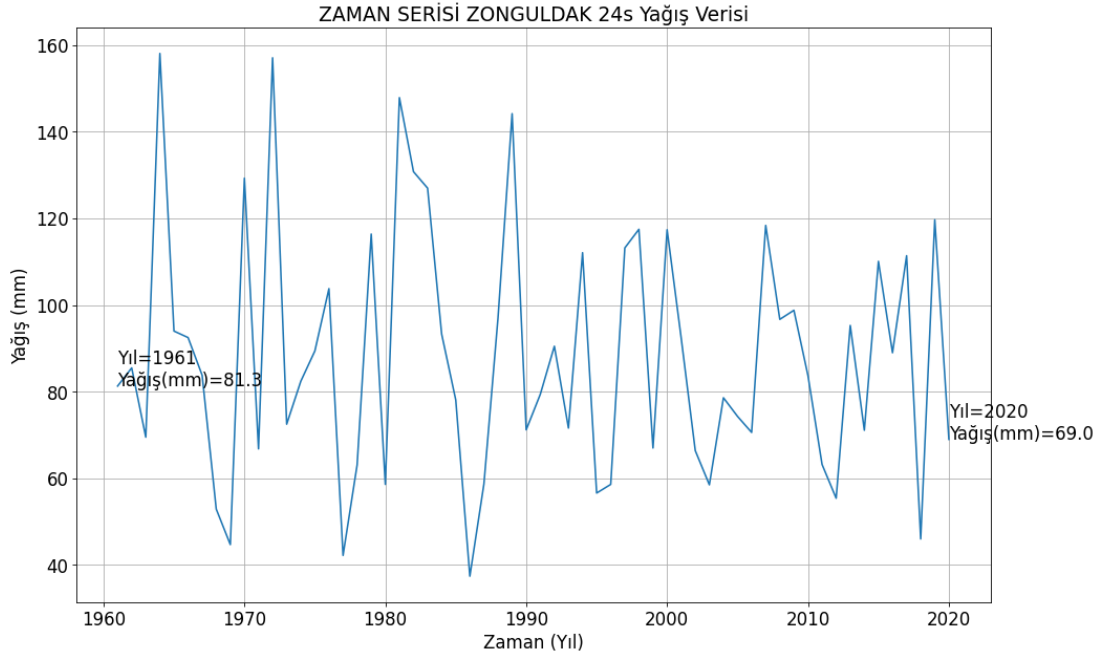
Şekil 3.9 : 1961-2020 Şanlıurfa günlük maksimum yağış verisi.

Yozgat, İç Anadolu bölgesinde yer alan bir şehirdir. 1300 mm rakıma sahip olmasıyla Türkiye'nin yüksek rakıma sahip illeri arasındadır. $39^{\circ} 50'$ enlemi ve $34^{\circ} 48'$ boylamında yer almaktadır. Bölgede yarı kurak bir karasal iklim hakimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçer. Gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkları yüksektir. Yıllık ortalama 570 mm civarında yağış görülmektedir. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde en çok yağış görülür. Şekil 3.10'da 1961-2020 yılları arası günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi görülmektedir.



Şekil 3.10 : 1961-2020 Yozgat günlük maksimum yağış verisi.

Zonguldak, Batı Karadeniz bölgesinde yer alan bir şehirdir. Bölgede ılıman Karadeniz iklimi etkilidir. $41^{\circ} 31'$ enlemi ve $31^{\circ} 49'$ boylamında yer almaktadır. Yıllık ortalama düşen yağış miktarı 1200 mm civarındadır. Her mevsim yağış görülmektedir. Yağışın en fazla görüldüğü mevsimler ise sonbahar ve kış mevsimleridir. Şekil 3.11'de 1961-2020 yılları arası günlük (24 saatlik) maksimum yağış zaman serisi görülmektedir.



Şekil 3.11 : 1961-2020 Zonguldak günlük maksimum yağış verisi.

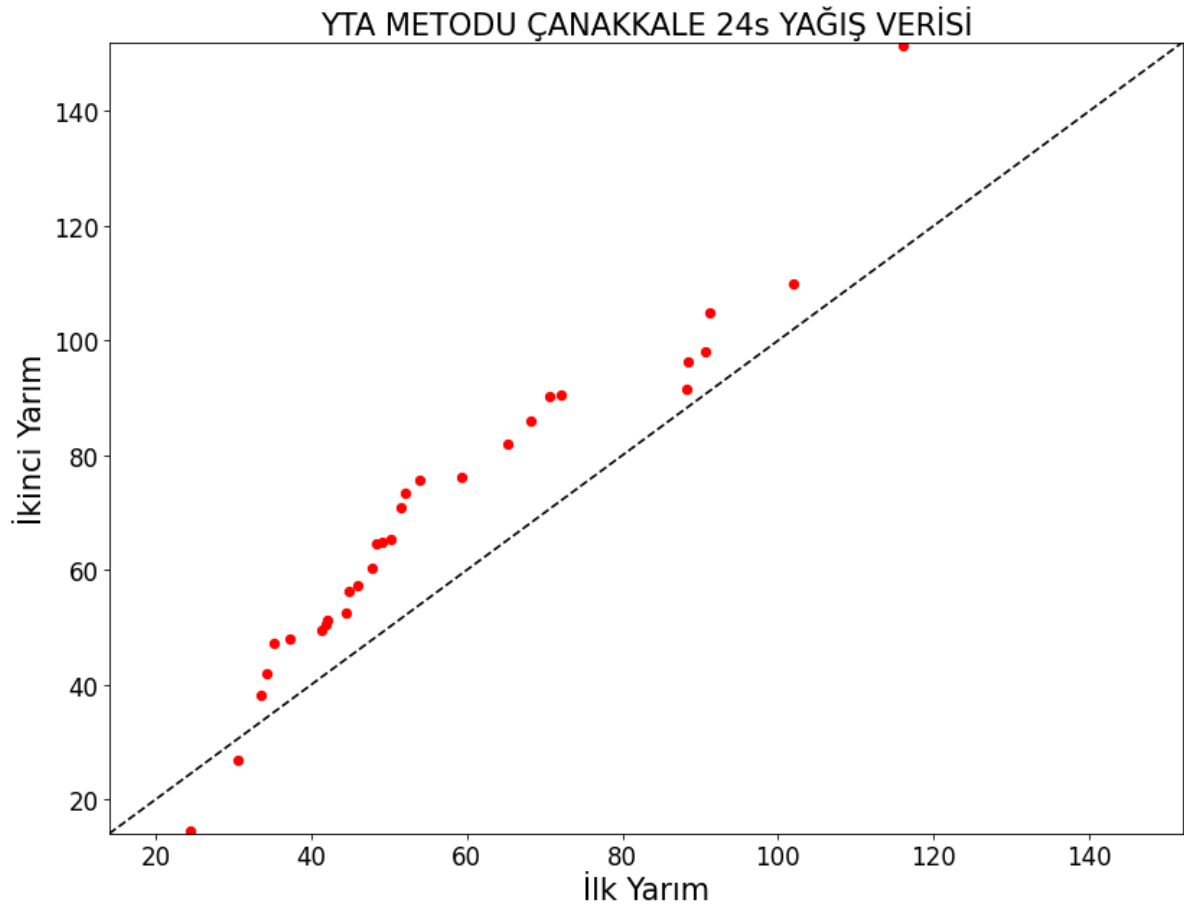
3.2 Trend Analizi Sonuçları

Bu tez çalışmasında Çanakkale, Çorlu, Dikili, Dört Yol, 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 (Çizelge 3.3). Hazırlanan arayüz aracılığıyla her istasyon için ayrı trend analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar istasyon bazında trend grafikleriyle detaylı olarak paylaşılmıştır.

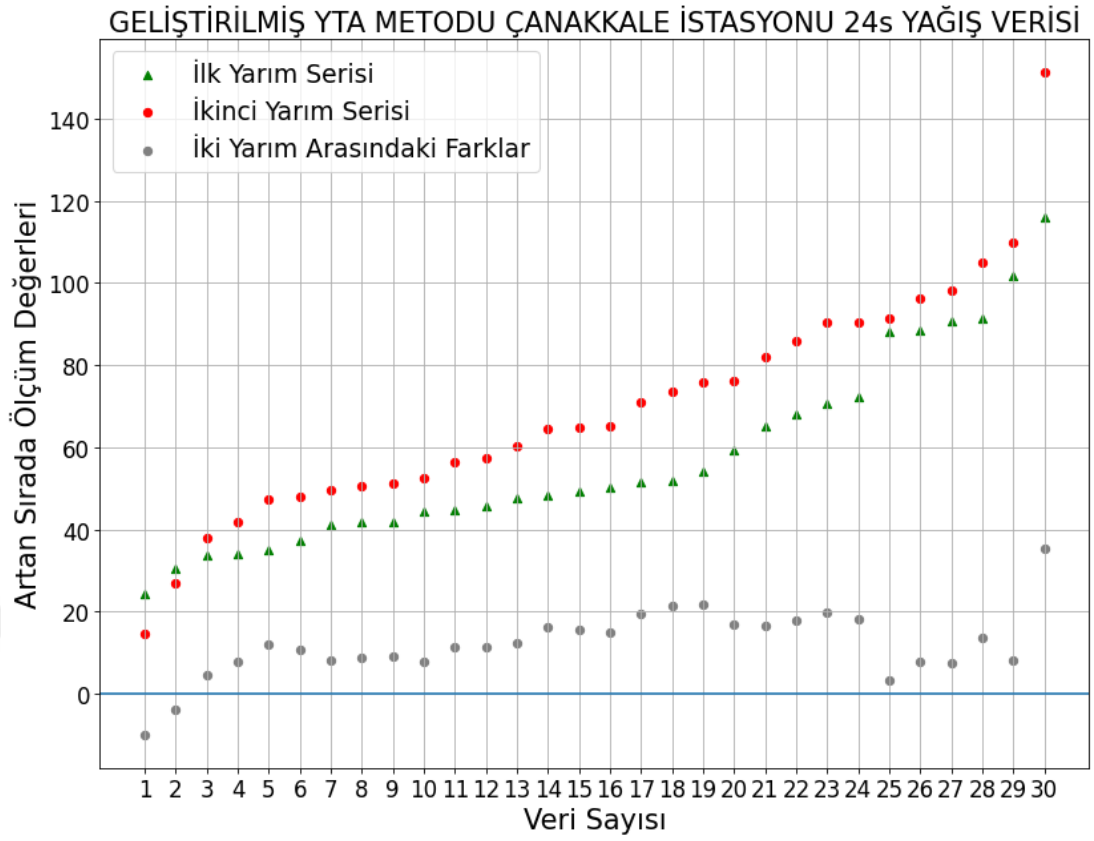
Çizelge 3.3 : MK test sonuçları.

İstasyon	Z_{MK}	Trend
Çanakkale	0.96	Trend yok
Çorlu	2.62	Artan trend
Dikili	-0.26	Trend yok
Dört Yol	3.16	Artan trend
Edirne	2.43	Artan trend
İnebolu	2.39	Artan trend
Niğde	1.62	Trend yok
Şanlıurfa	-0.45	Trend yok
Yozgat	0.92	Trend yok
Zonguldak	-0.37	Trend yok

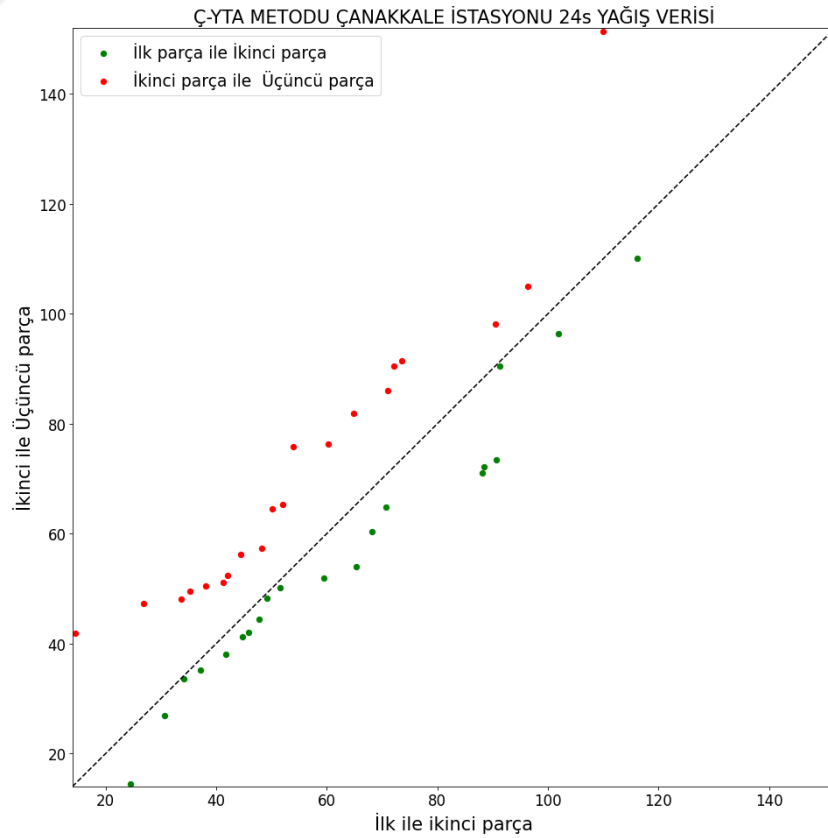
Çanakkale istasyonu verilerinin runs testine göre homojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir. YTA sonucuna göre, bütüncül artan trend görülmektedir (Şekil 3.12). Geliştirilmiş YTA grafiği incelendiğinde trendin boyutu da görülebilmektedir (Şekil 3.13). Şekil 3.14'te 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. Şekil 3.15'te 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.



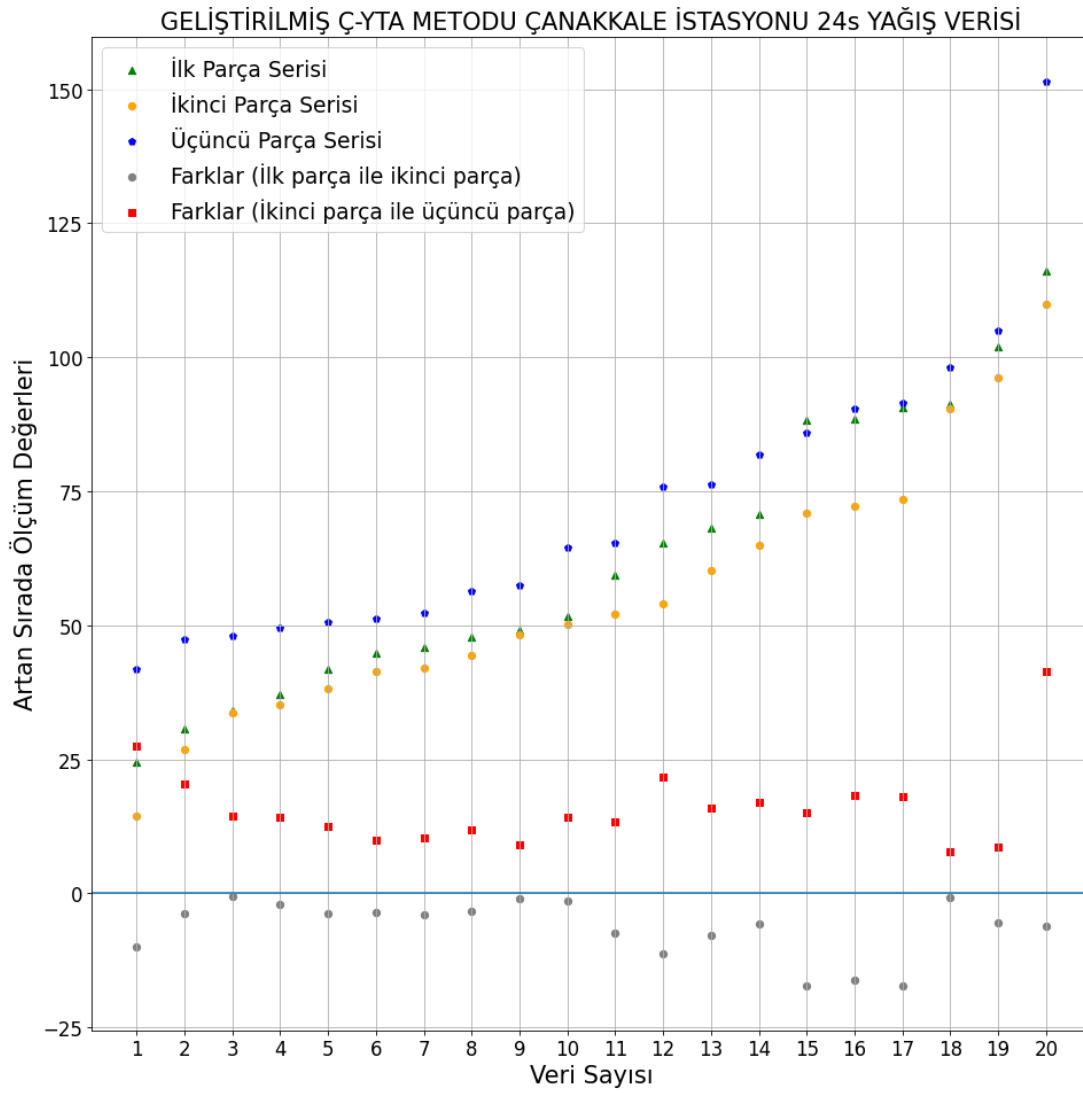
Şekil 3.12 : Çanakkale istasyonu YTA grafiği.



Şekil 3.13 : Çanakkale istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.

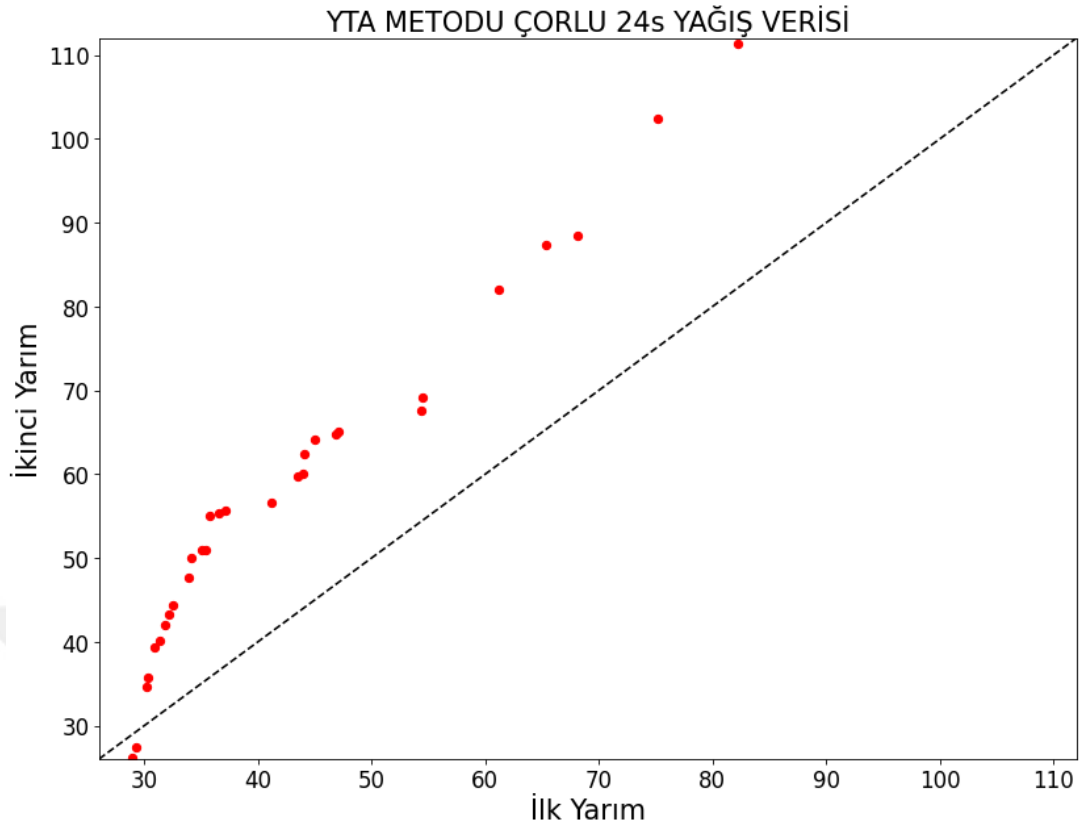


Şekil 3.14 : Çanakkale istasyonu Ç-YTA grafiği.

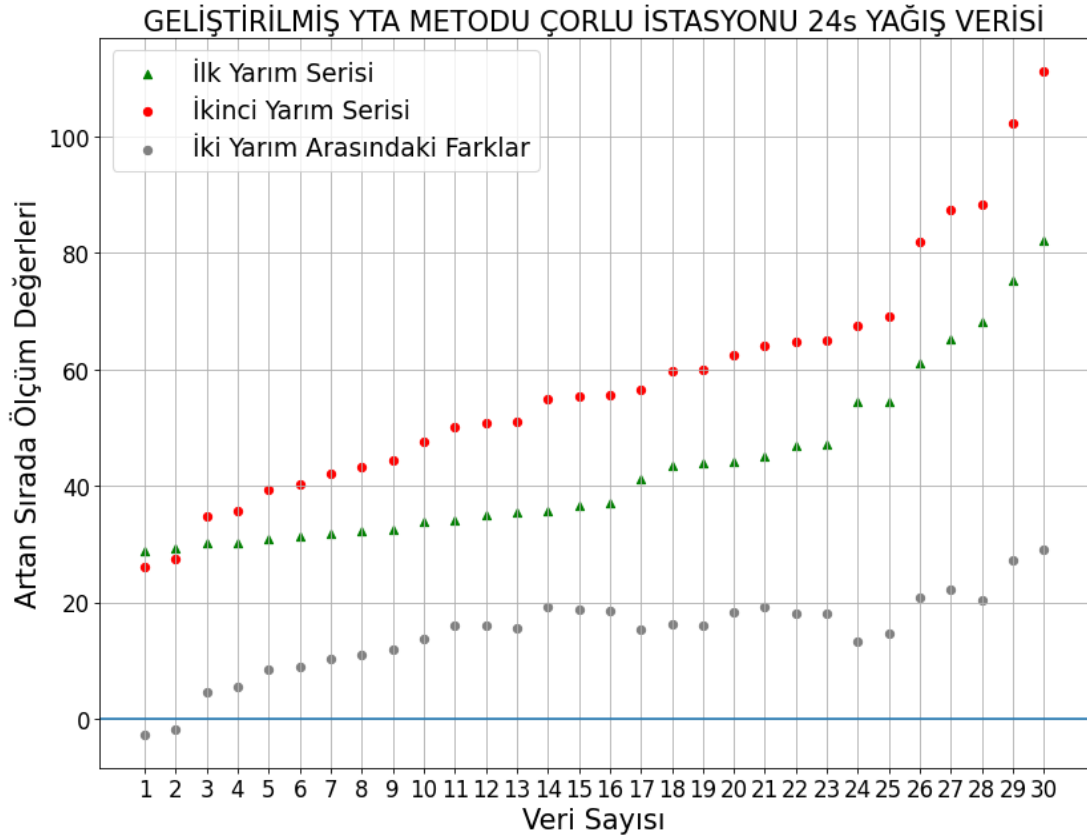


Şekil 3.15 : Çanakkale istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

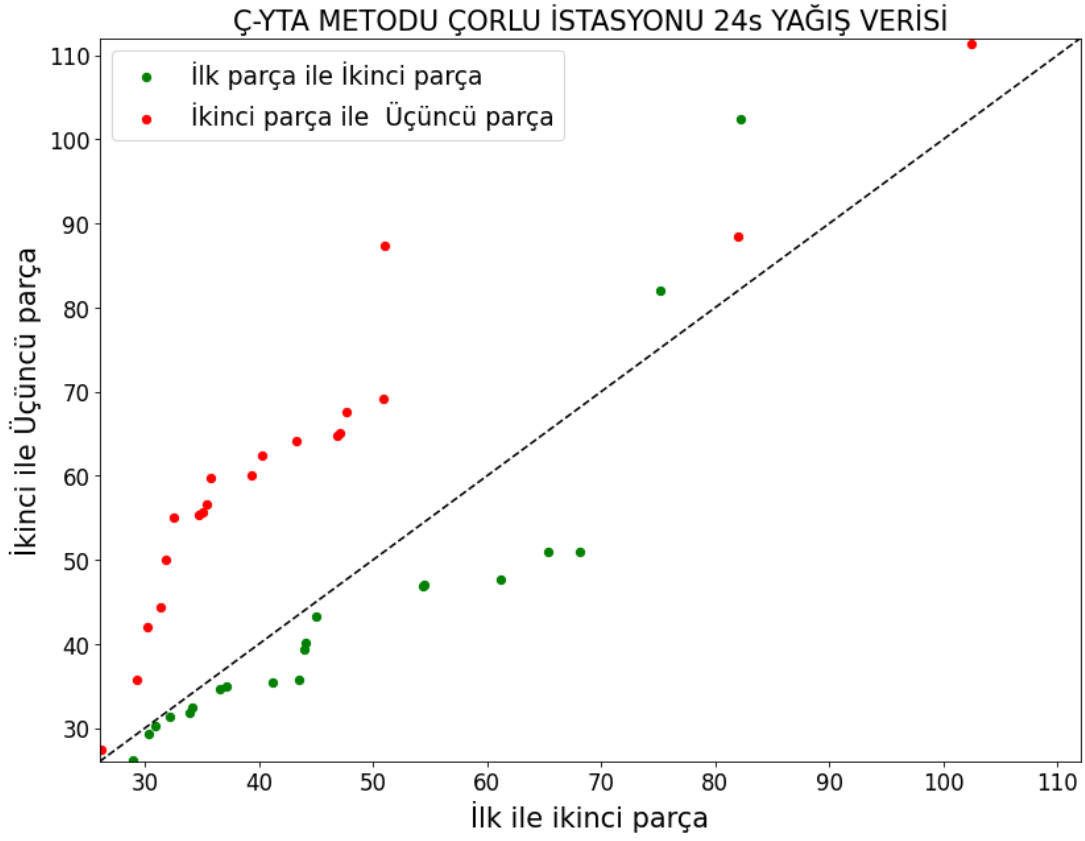
Çorlu istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucuna göre, artan trend eğilimi bulunmaktadır. YTA sonucuna göre bütüncül artan trend görülmektedir (Şekil 3.16). Geliştirilmiş YTA grafiği incelendiğinde iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.17). 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 (Şekil 3.18). Şekil 3.19’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.



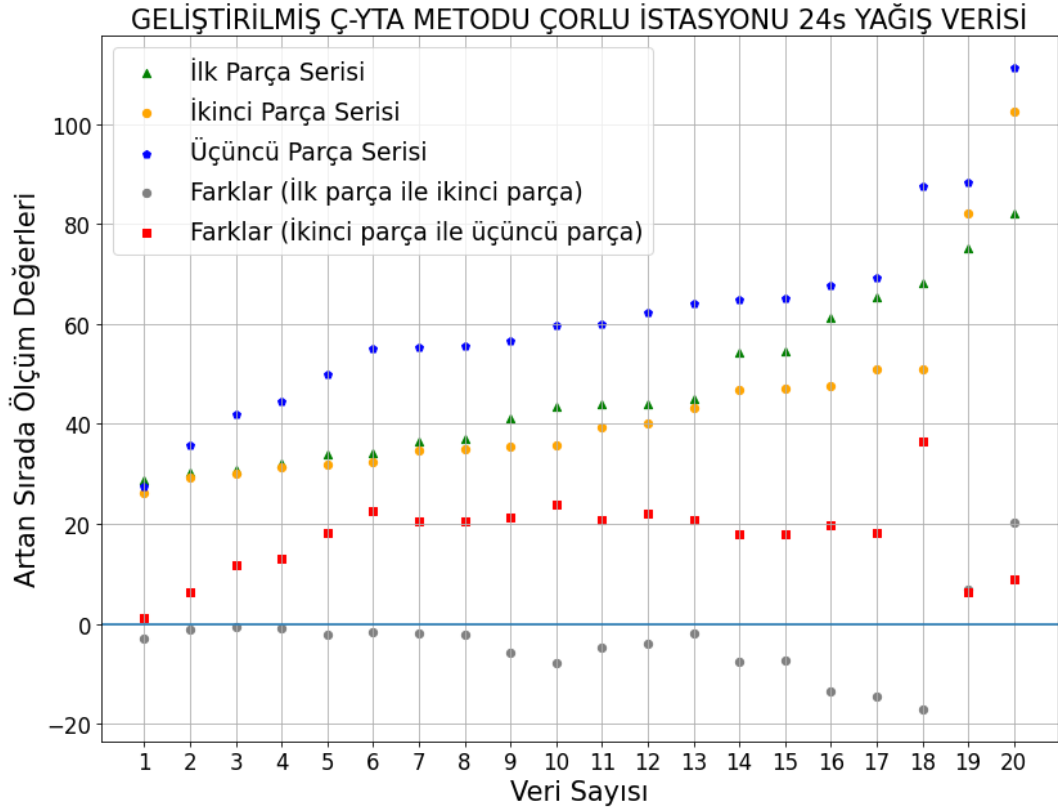
Şekil 3.16 : Çorlu istasyonu YTA grafiği.



Şekil 3.17 : Çorlu istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.

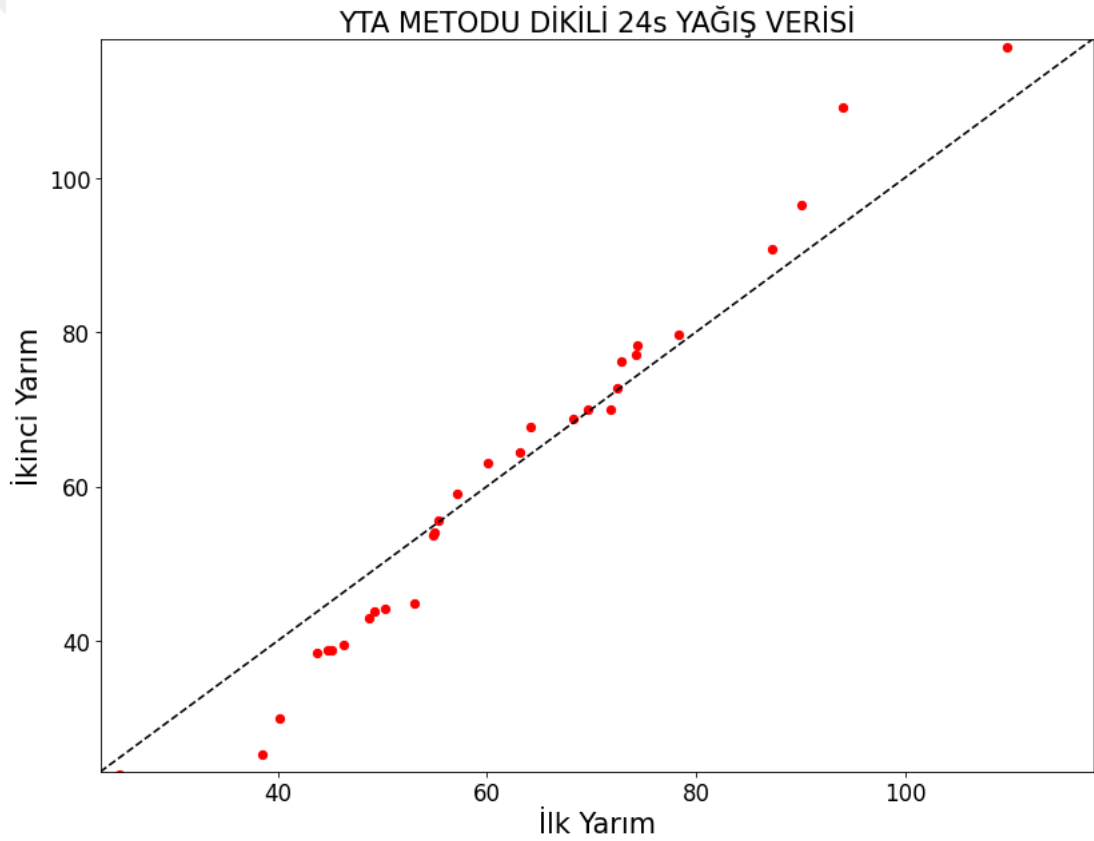


Şekil 3.18 : Çorlu istasyonu Ç-YTA grafiği.

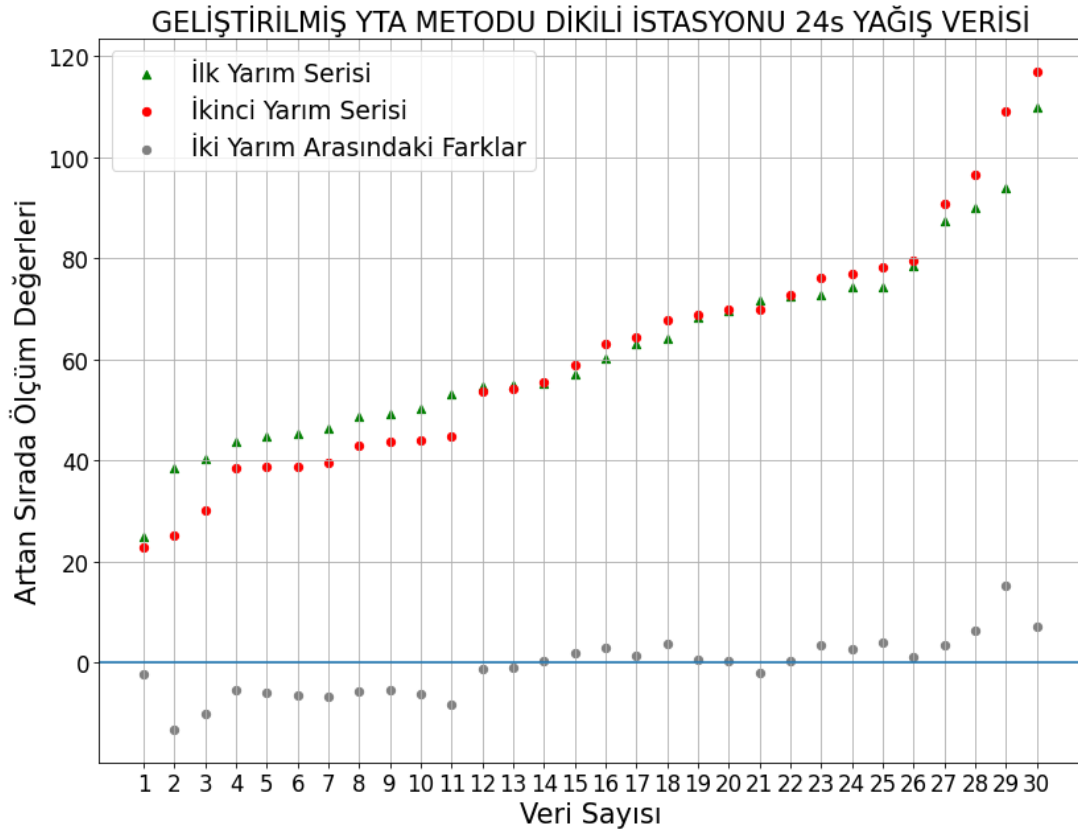


Şekil 3.19 : Çorlu istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

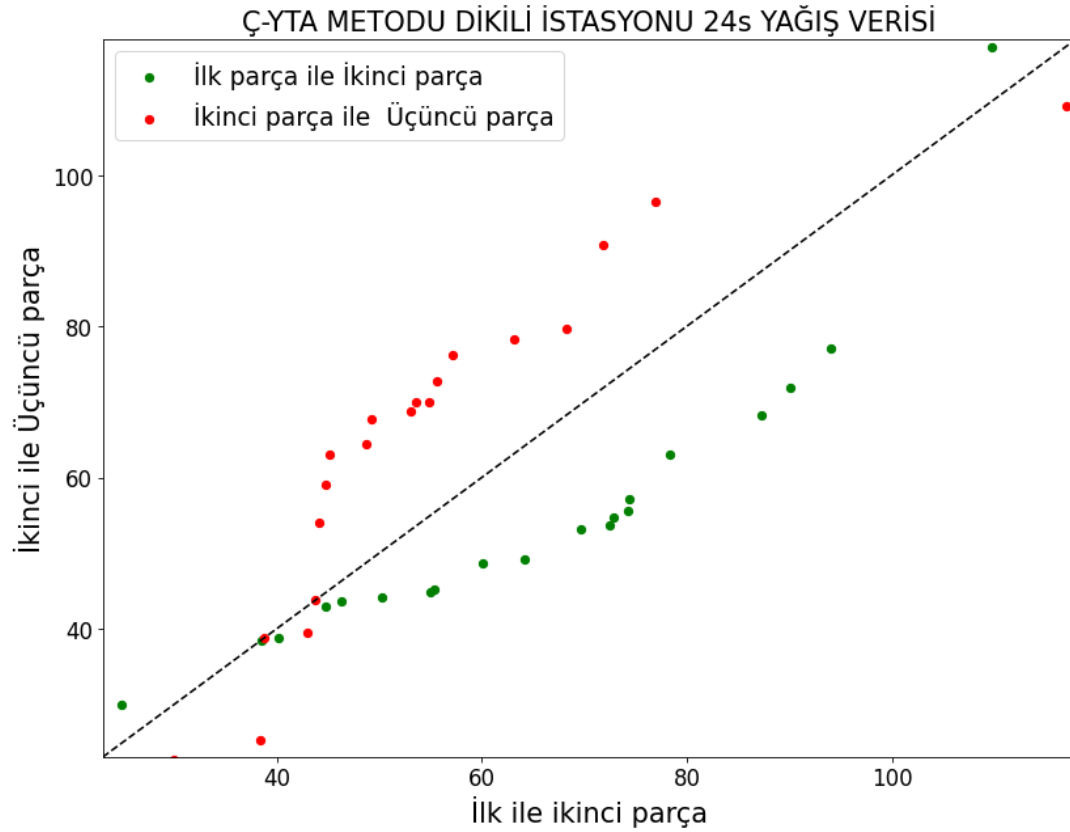
Dikili istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir. YTA sonucuna göre trendin azalan bölgeden artan bölgeye geçtiği görülmektedir (Şekil 3.20). Bu durumda YTA yöntemine göre bütüncül olmayan artan trend olduğu söylenebilmektedir. Geliştirilmiş YTA grafiğinde iki yarım arasındaki farklar incelendiğinde, negatif değerlerden pozitif değerlere doğru bir geçiş görülmektedir (Şekil 3.21). Şekil 3.22’de ilk parça ile ikinci parça verilerinin azalan trende, ikinci parça ile üçüncü parça verilerinin ise artan trende sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda trendin stabil olmadığı söylenebilmektedir. Geliştirilmiş Ç-YTA grafiğinde ilk parça ile ikinci parça verileri arasındaki farkların çoğunlukla negatif olduğu, ikinci parça ile üçüncü parça verileri arasındaki farkların çoğunlukla pozitif olduğu görülmektedir (Şekil 3.23).



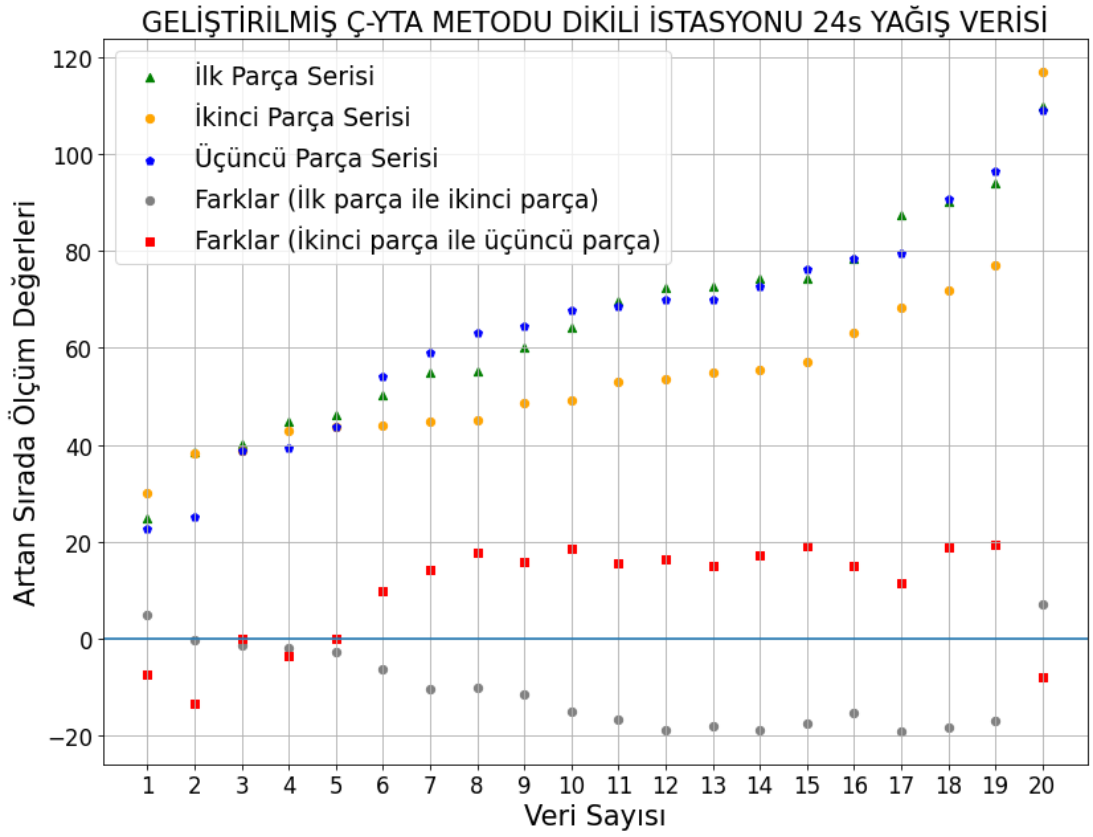
Şekil 3.20 : Dikili istasyonu YTA grafiği.



Şekil 3.21 : Dikili istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.

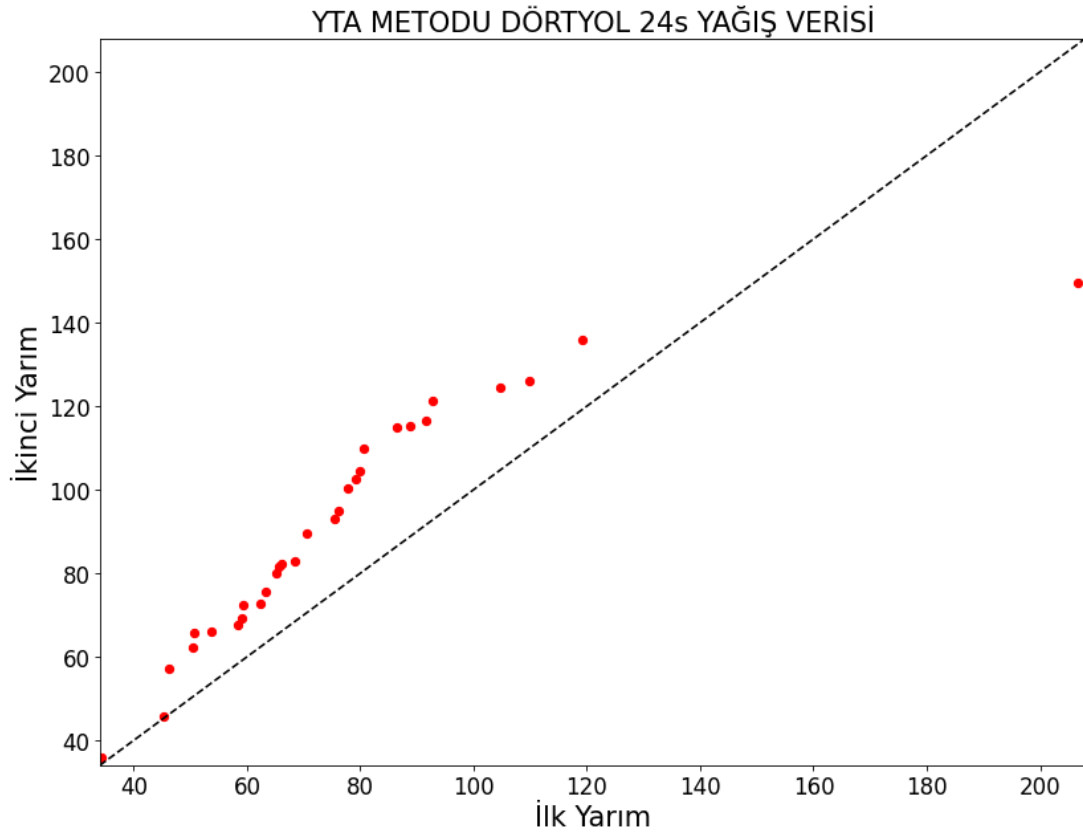


Şekil 3.22 : Dikili istasyonu Ç-YTA grafiği.

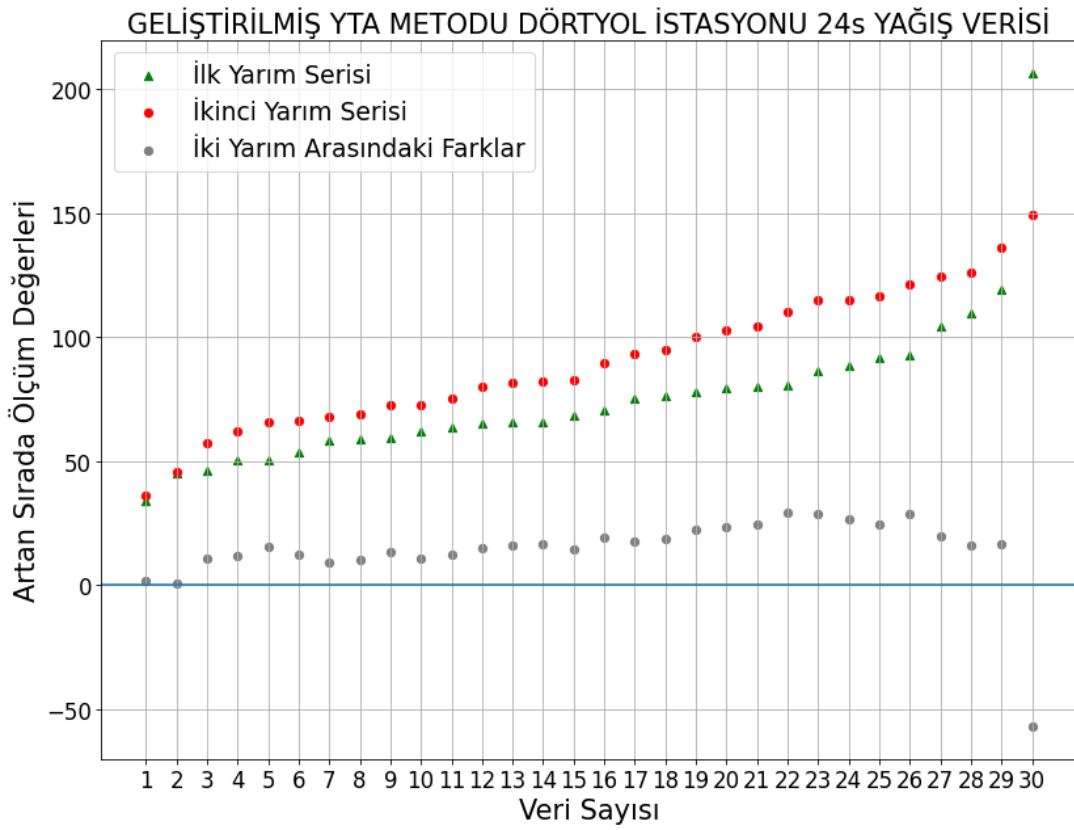


Şekil 3.23 : Dikili istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

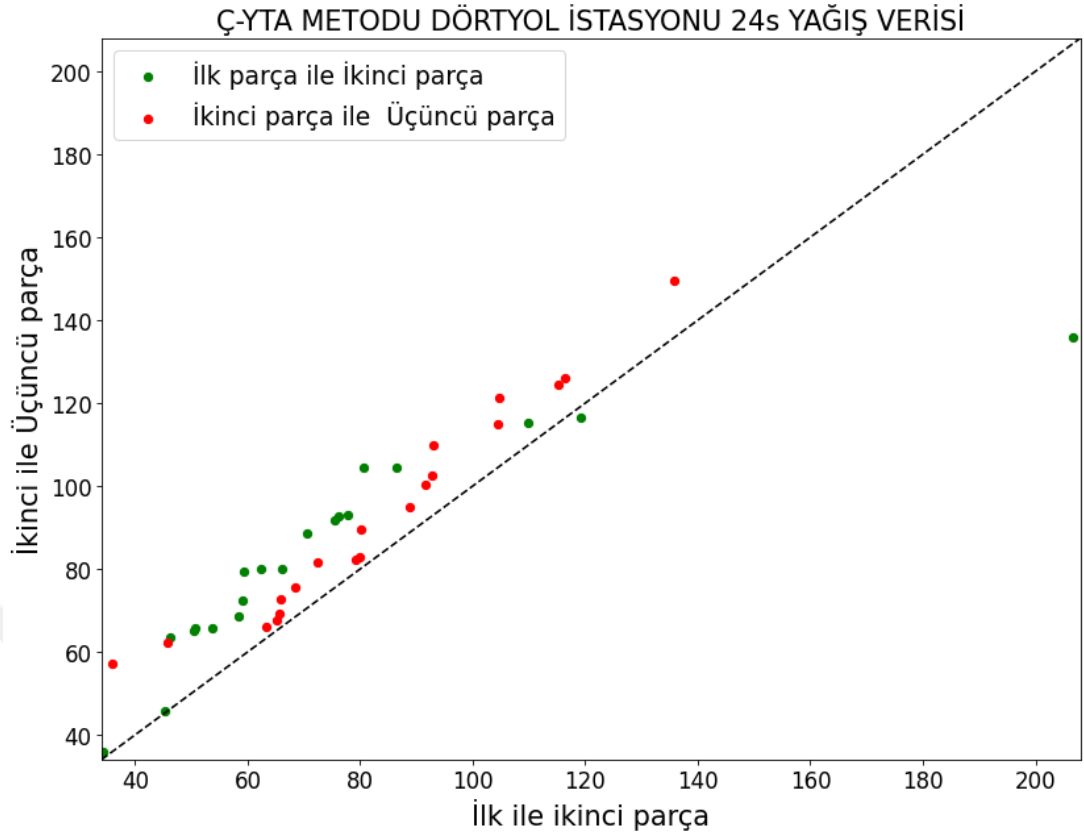
Dörtüyl istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucuna göre, artan trend eğilimi bulunmaktadır. YTA sonucuna göre bütüncül artan trend olduğu görülmektedir (Şekil 3.24). Geliştirilmiş YTA grafiğinde, iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu ve $y=0$ ekseninden pozitif doğruya doğru uzaklaştığı görülmektedir (Şekil 3.25). Şekil 3.26’da Ç-YTA yöntemi incelendiğinde trend eğiliminin stabil olarak bütüncül artan trend olduğu söylenebilmektedir. Geliştirilmiş 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 3.27).



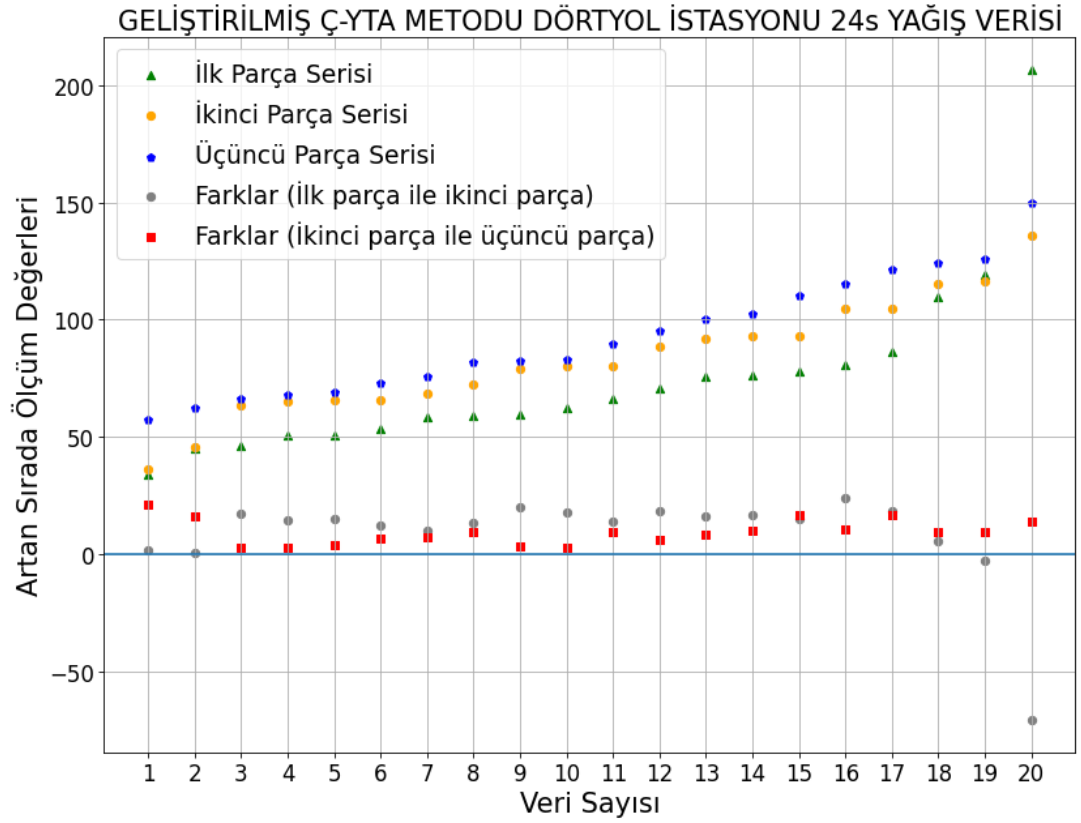
Şekil 3.24 : Dört yol istasyonu YTA grafiği.



Şekil 3.25 : Dört yol istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.

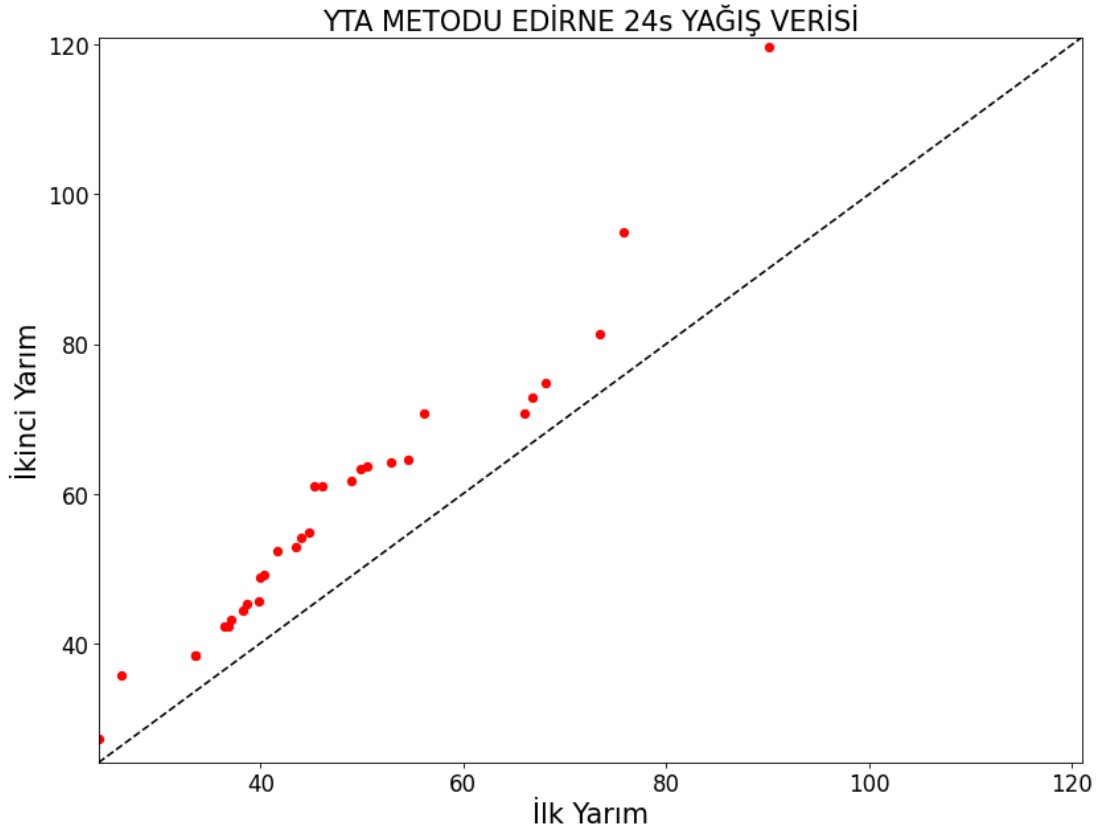


Şekil 3.26 : Dört yol istasyonu Ç-YTA grafiği.

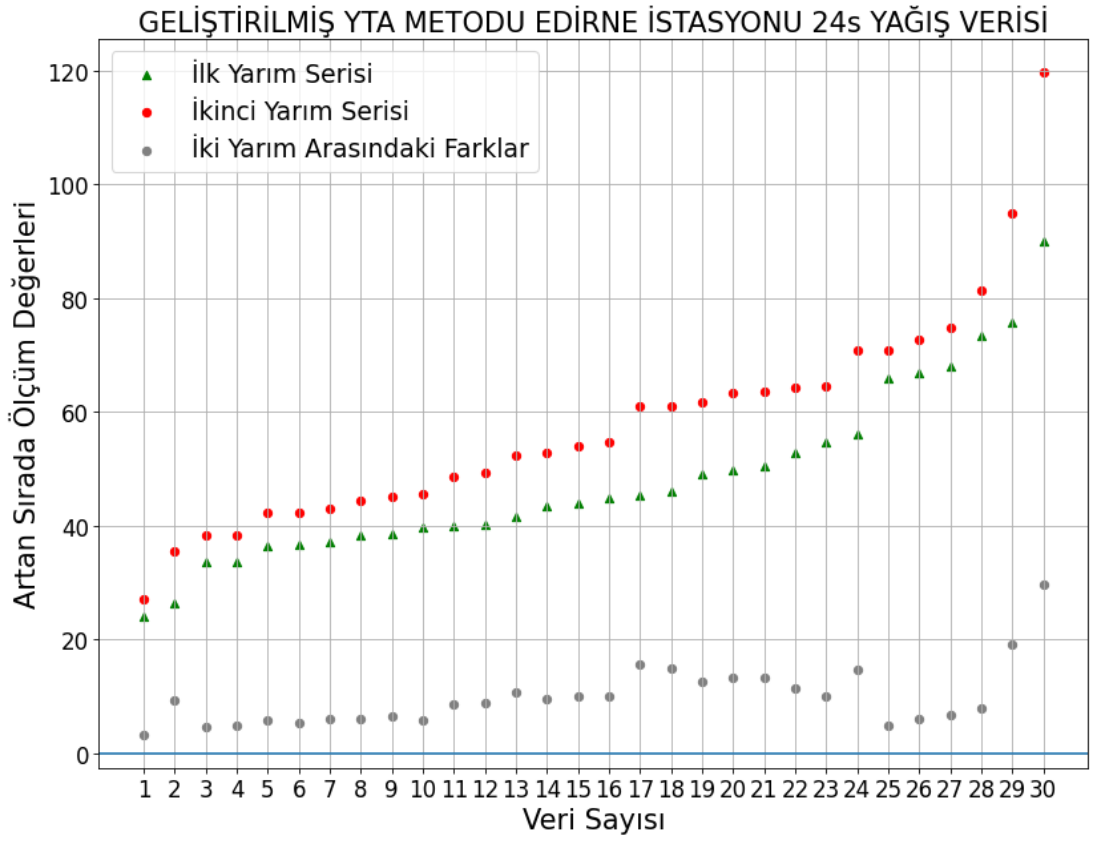


Şekil 3.27 : Dört yol istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

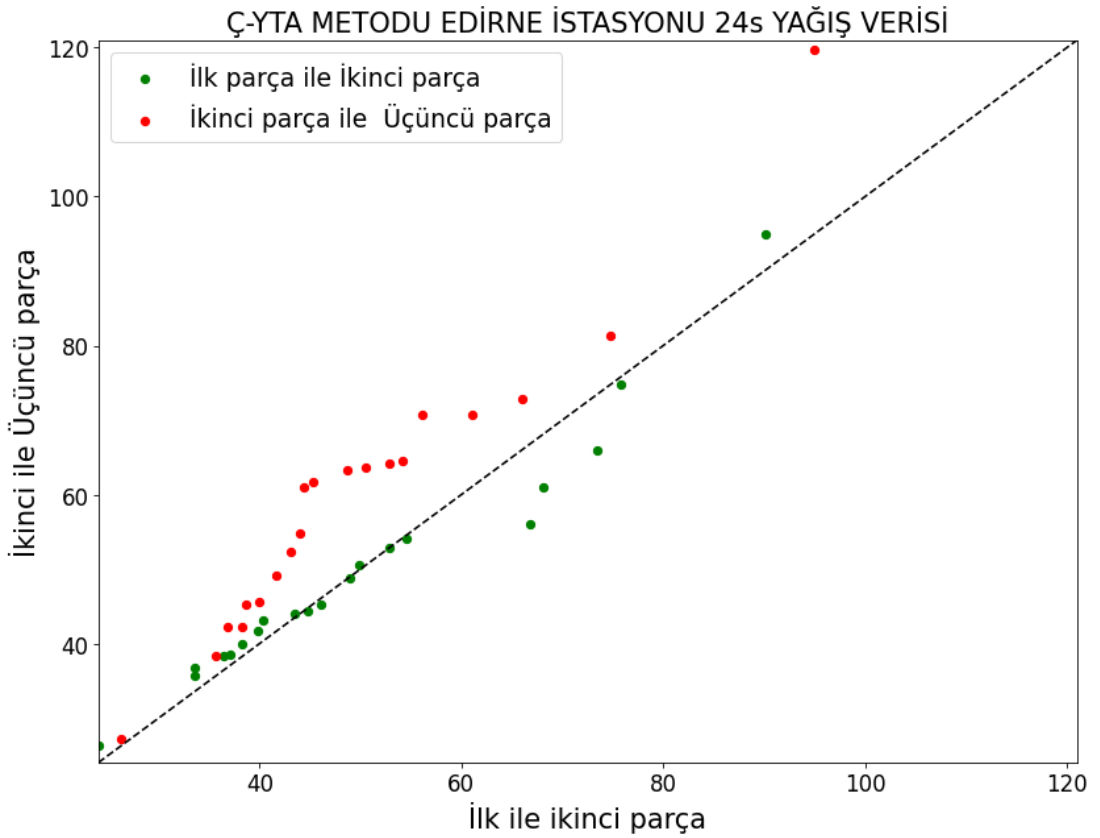
Edirne istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucuna göre, artan trend eğilimi bulunmaktadır. YTA sonucuna göre bütüncül artan trend olduğu görülmektedir (Şekil 3.28). Geliştirilmiş YTA grafiğinde, iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu ve $y=0$ ekseninden pozitif yöre doğru uzaklaştığı görülmektedir (Şekil 3.29). Şekil 3.30’da 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 ulaşılabilir. Geliştirilmiş Ç-YTA grafiğinde ise ilk parça ile ikinci parça verileri arasındaki farkların önce pozitif bölgede bulunduğu sonra negatif bölgeye geçiş yaptığı görülmektedir (Şekil 3.31). Geliştirilmiş Ç-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 ulaşılabilir.



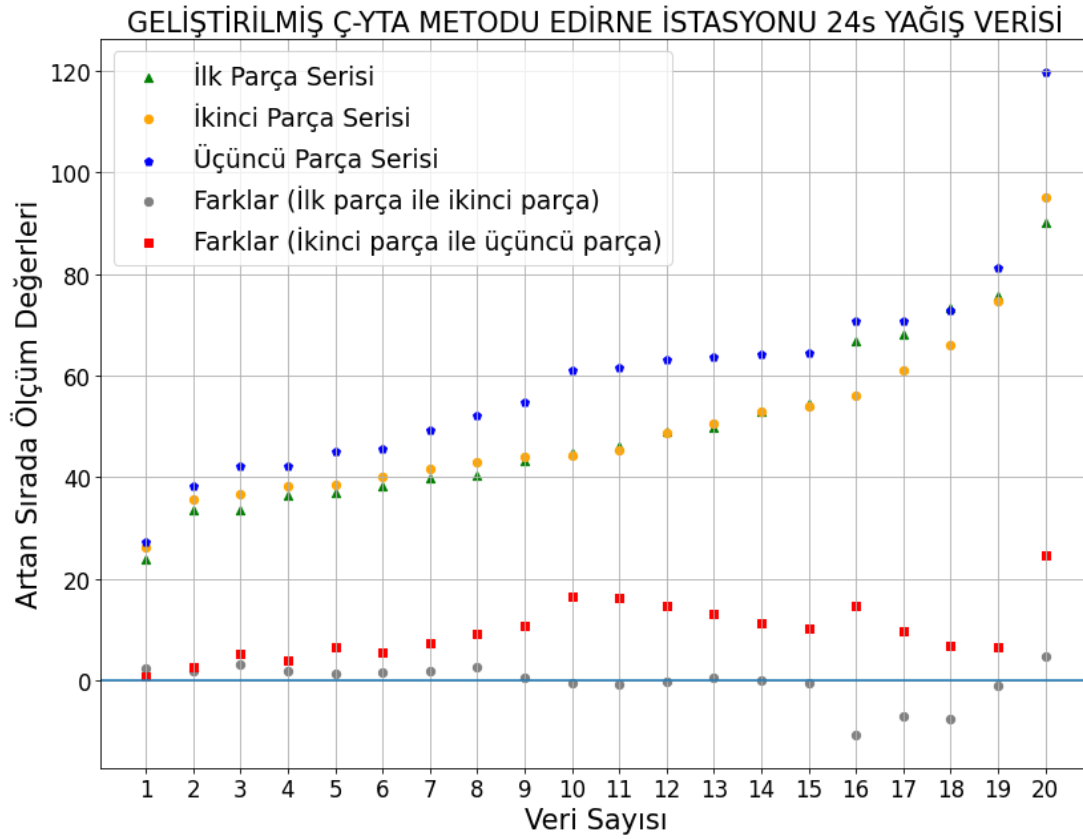
Şekil 3.28 : Edirne istasyonu YTA grafiğı.



Şekil 3.29 : Edirne istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.

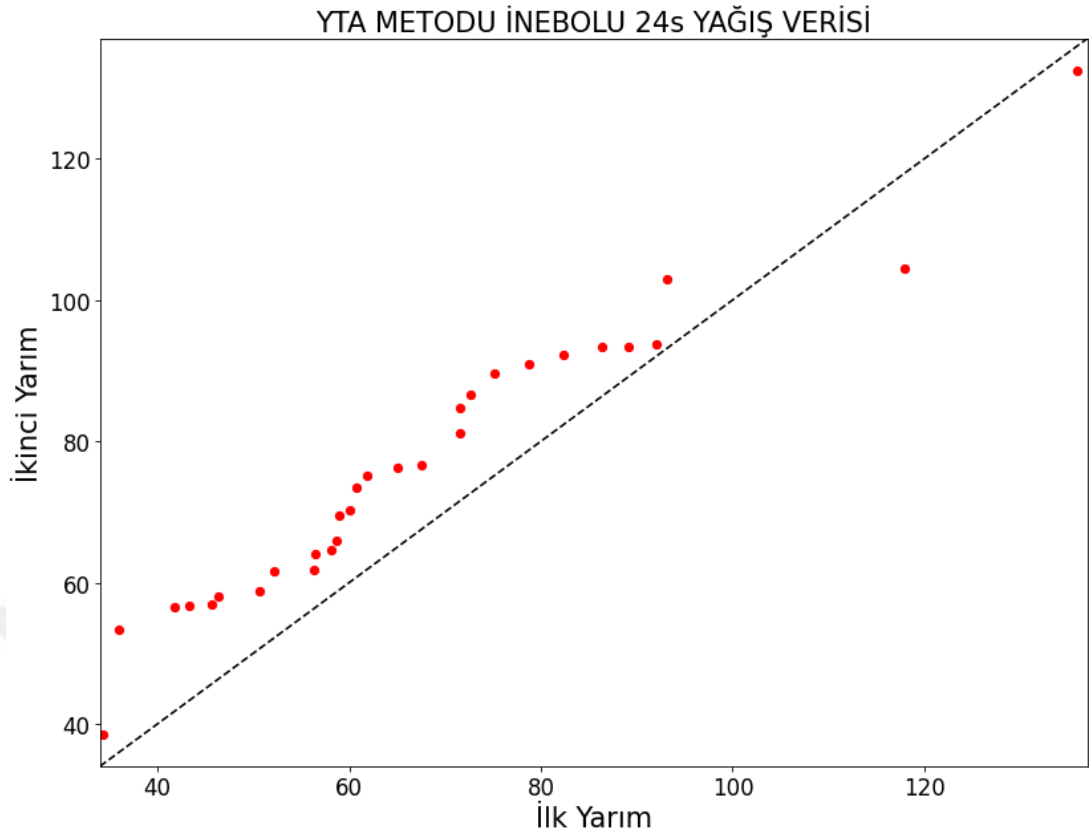


Şekil 3.30 : Edirne istasyonu Ç-YTA grafiği.

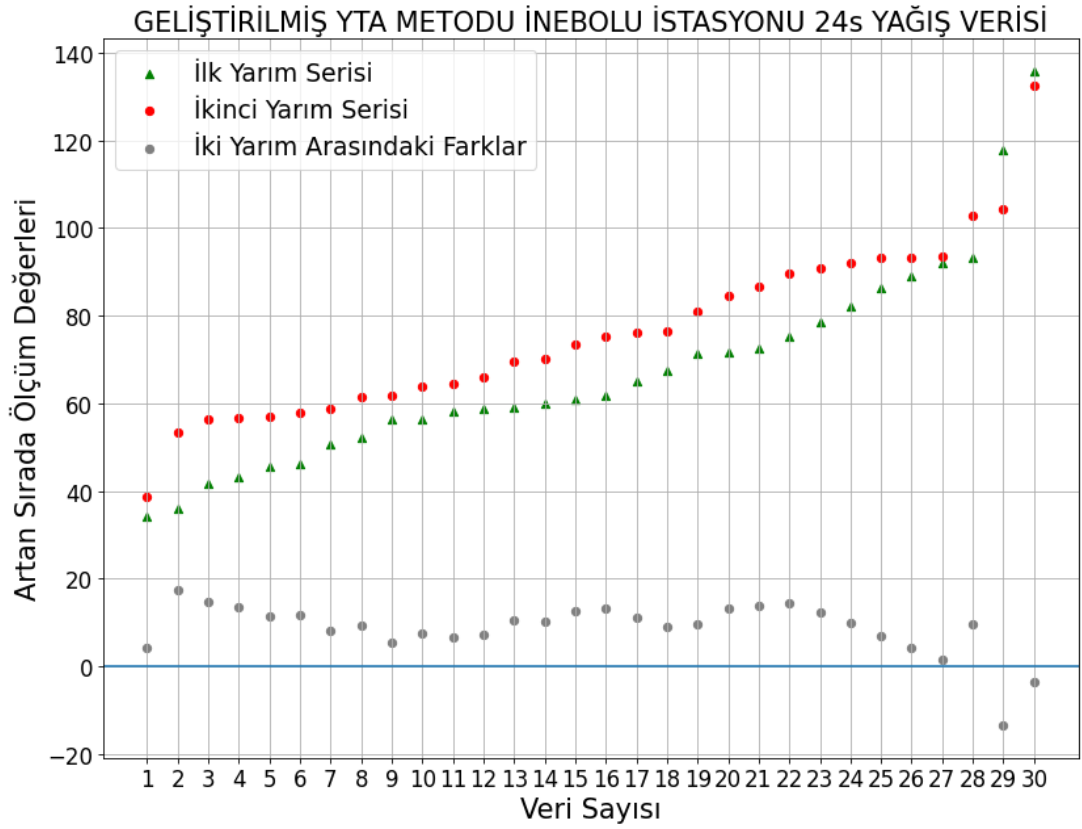


Şekil 3.31 : Edirne istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

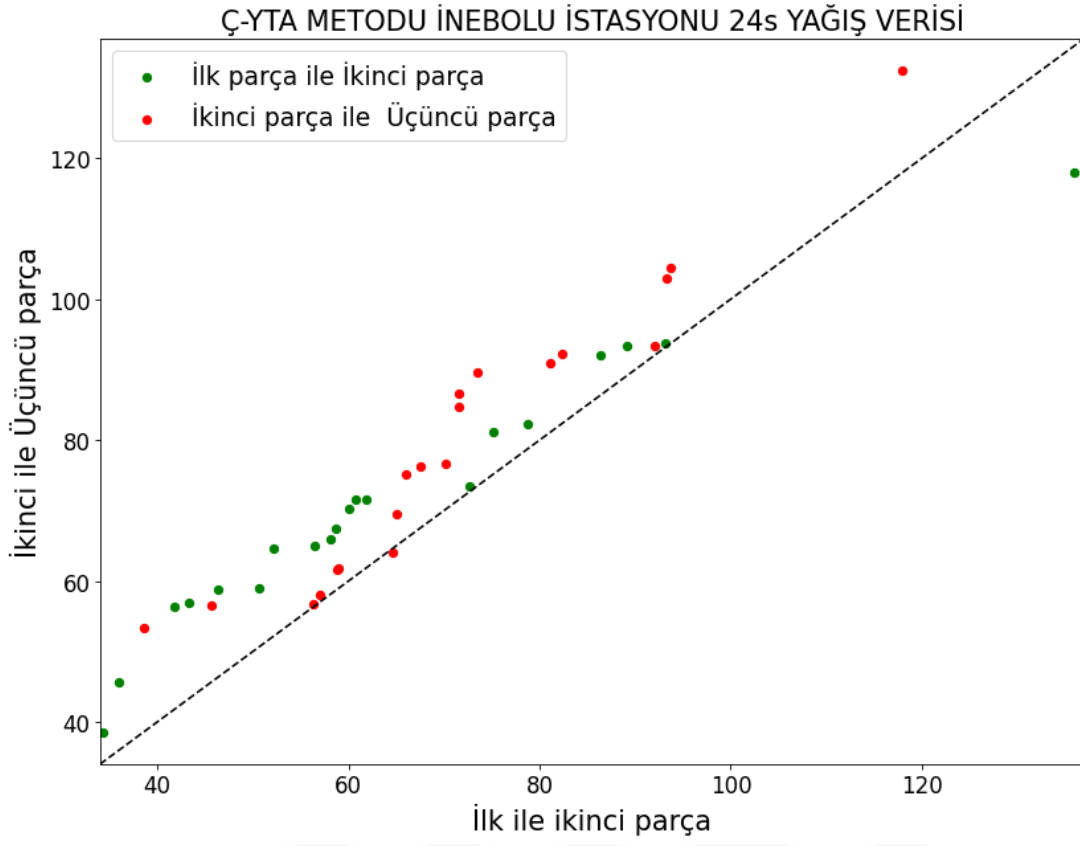
İnebolu istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucuna göre, artan trend eğilimi bulunmaktadır. YTA sonucuna göre bütüncül artan trend olduğu görülmektedir (Şekil 3.32). Geliştirilmiş YTA grafiğinde, iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu ve $y=0$ ekseninin üstünde olduğu görülmektedir (Şekil 3.33). Şekil 3.34'te Ç-YTA yöntemi incelendiğinde trend eğiliminin stabil olarak bütüncül artan trend olduğu söylenebilmektedir. Geliştirilmiş 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 3.35).



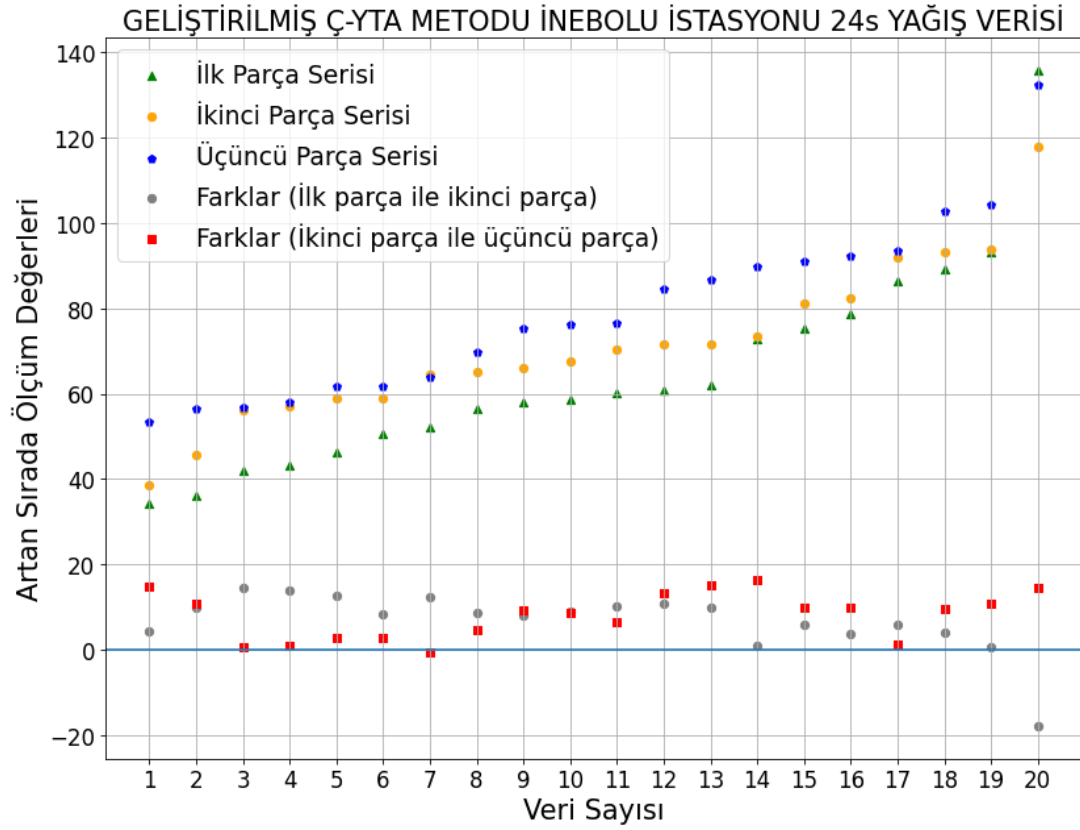
Şekil 3.32 : İnebolu istasyonu YTA grafiği.



Şekil 3.33 : İnebolu istasyonu geliştirilmiş YTA örneği.

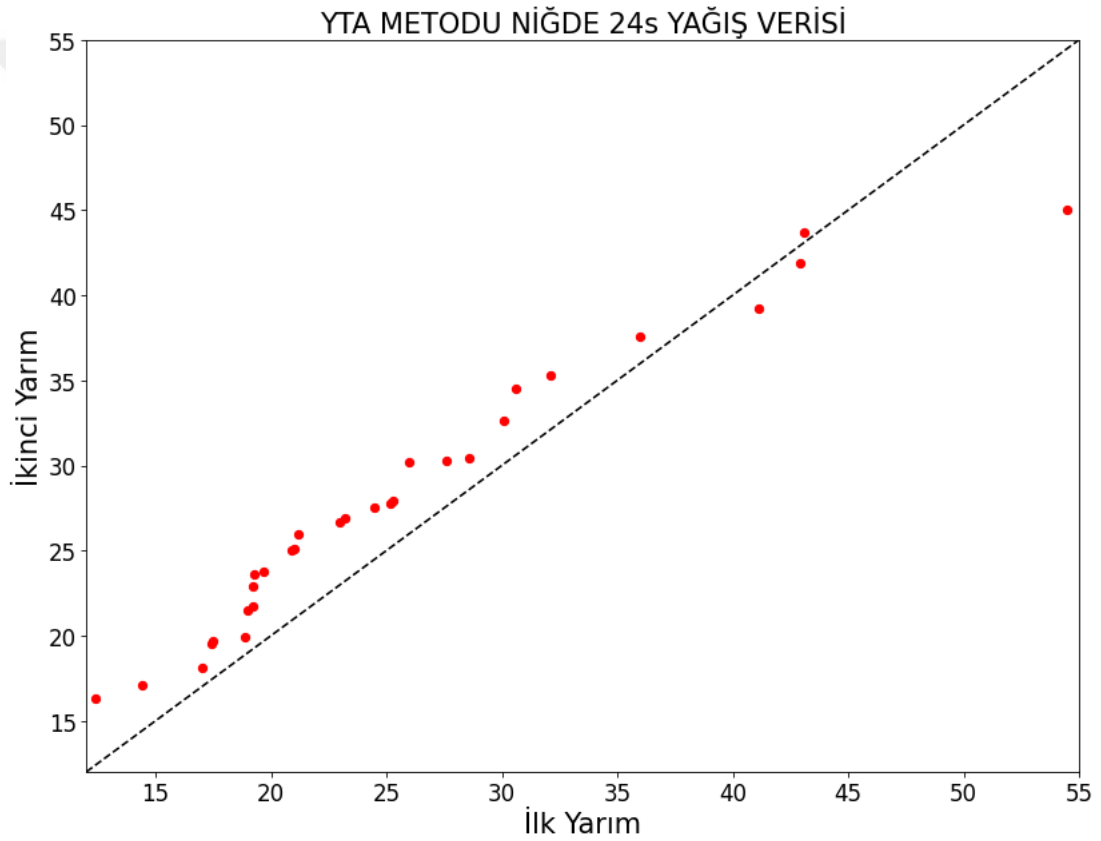


Şekil 3.34 : İnebolu istasyonu Ç-YTA grafiği.

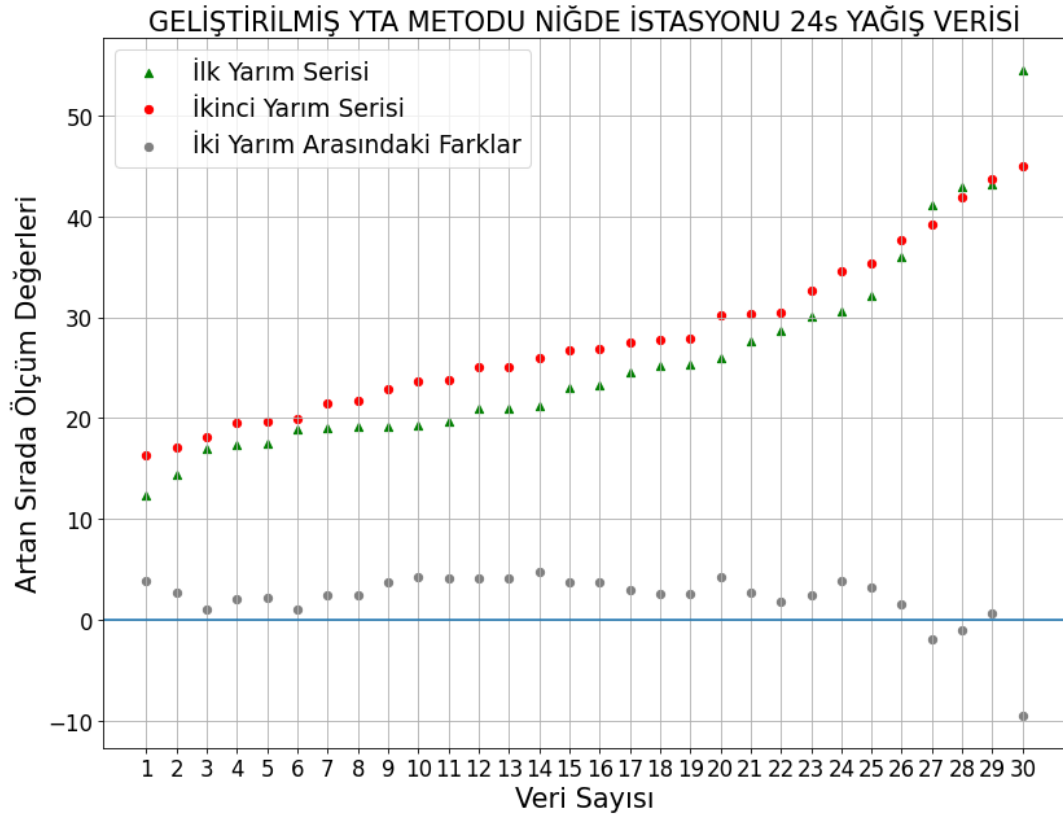


Şekil 3.35 : İnebolu istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

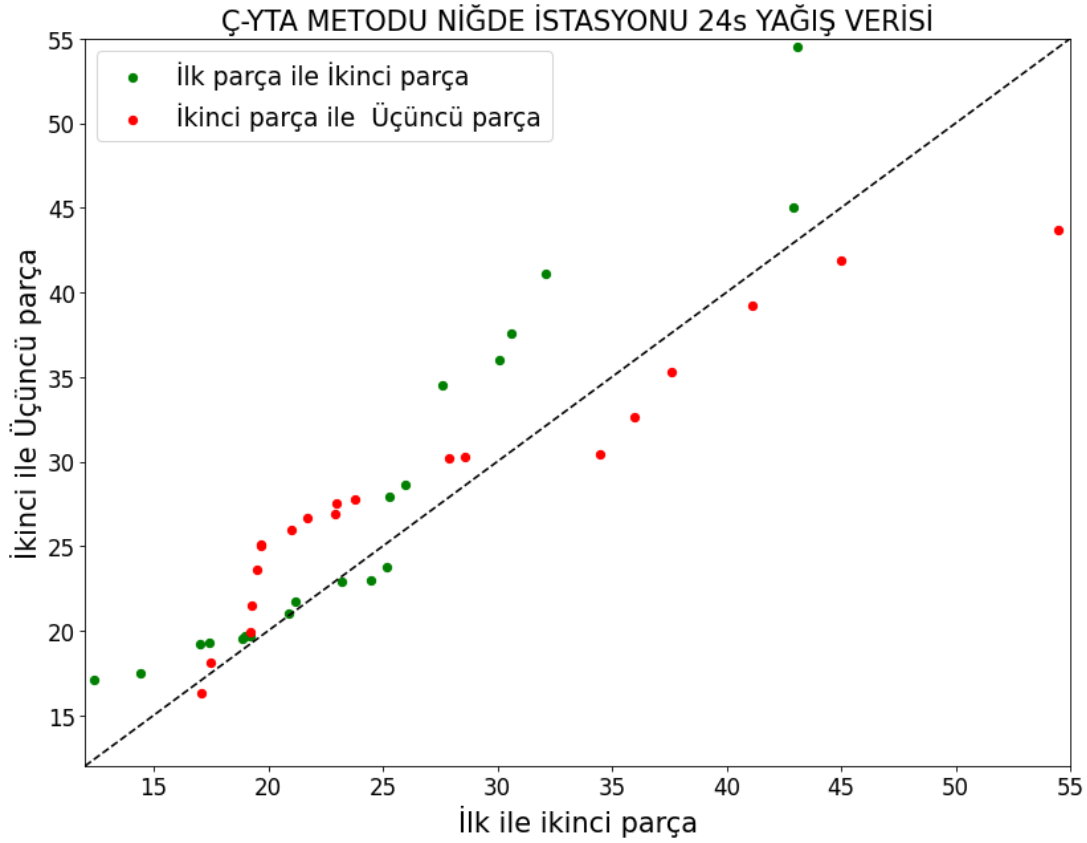
Niğde istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir. YTA sonucuna göre bütüncül artan trend olduğu görülmektedir (Şekil 3.36). Geliştirilmiş YTA grafiğinde, iki yarım arasındaki farkların pozitif değerlere sahip olduğu ve $y=0$ ekseninin üstünde olduğu görülmektedir (Şekil 3.37). Şekil 3.38’te 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. Geliştirilmiş Ç-YTA grafiği Ç-YTA sonuçlarını desteklemektedir. Ç-YTA yönteminde iç içe geçmiş olan bazı verilerin sayısı geliştirilmiş Ç-YTA grafiğinde görülebilmektedir.(Şekil 3.39).



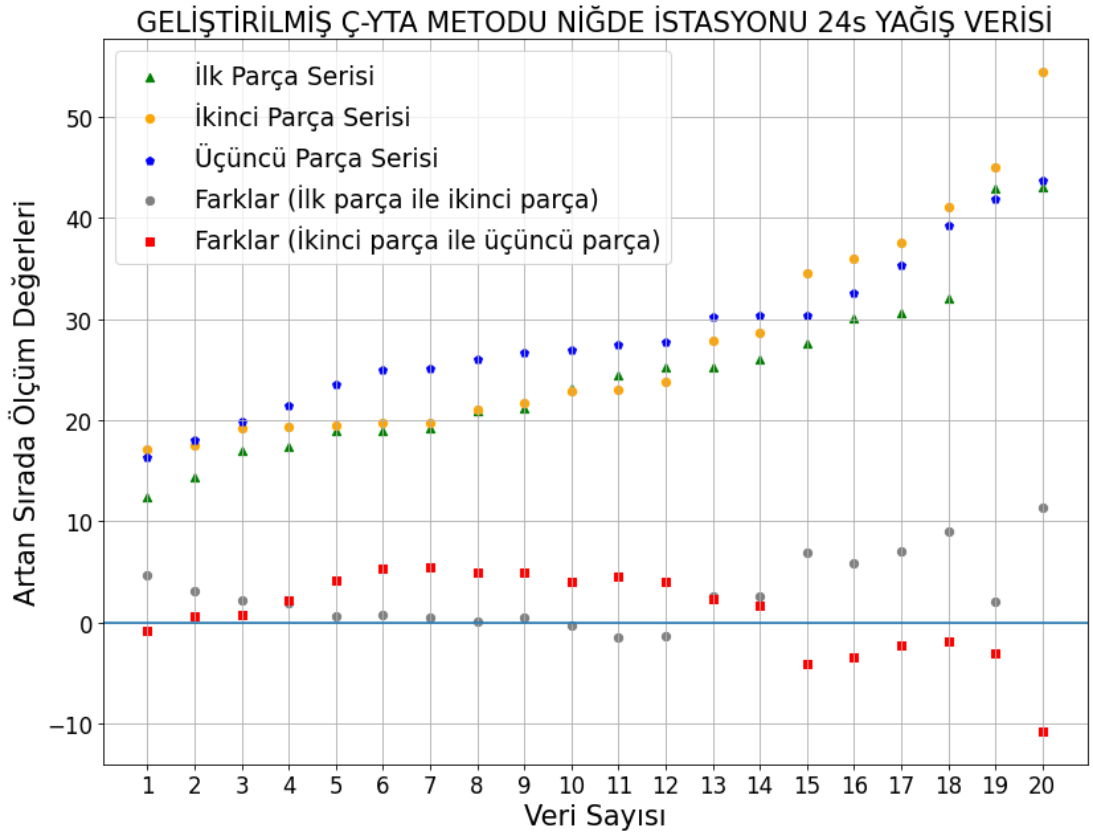
Şekil 3.36 : Niğde istasyonu YTA grafiği.



Şekil 3.37 : Niğde istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.

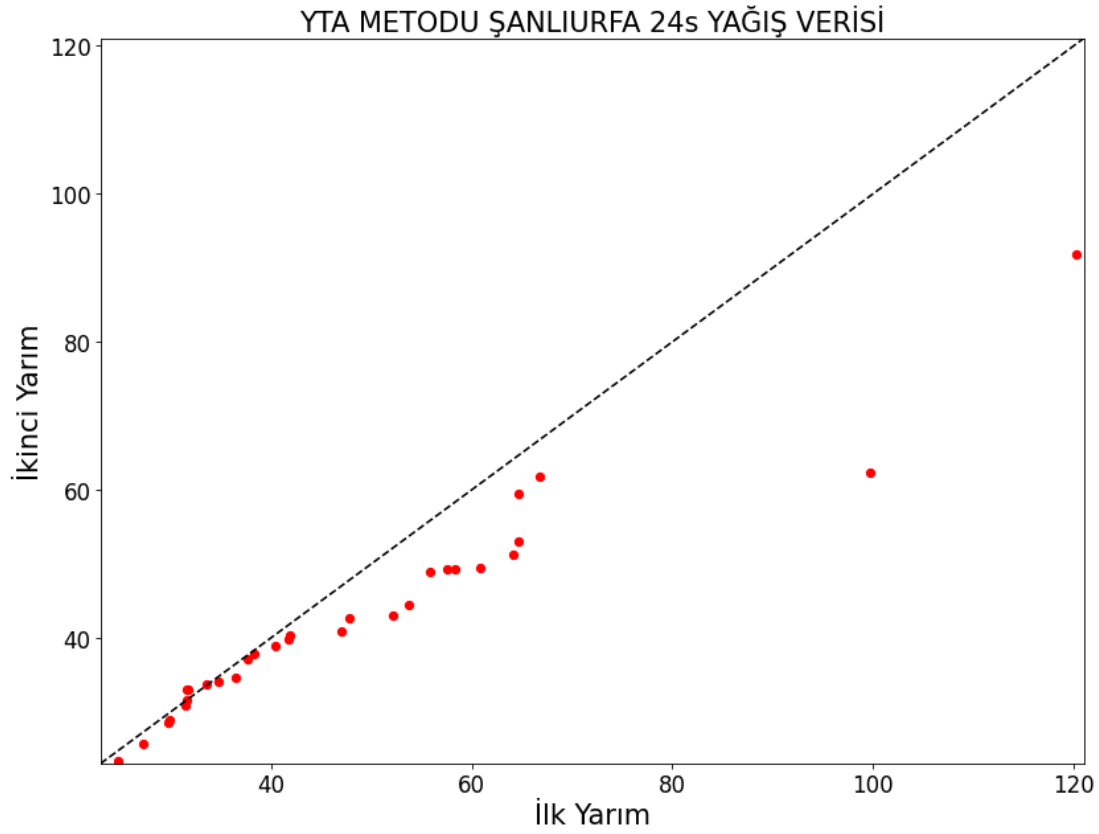


Şekil 3.38 : Niğde istasyonu Ç-YTA grafiği.

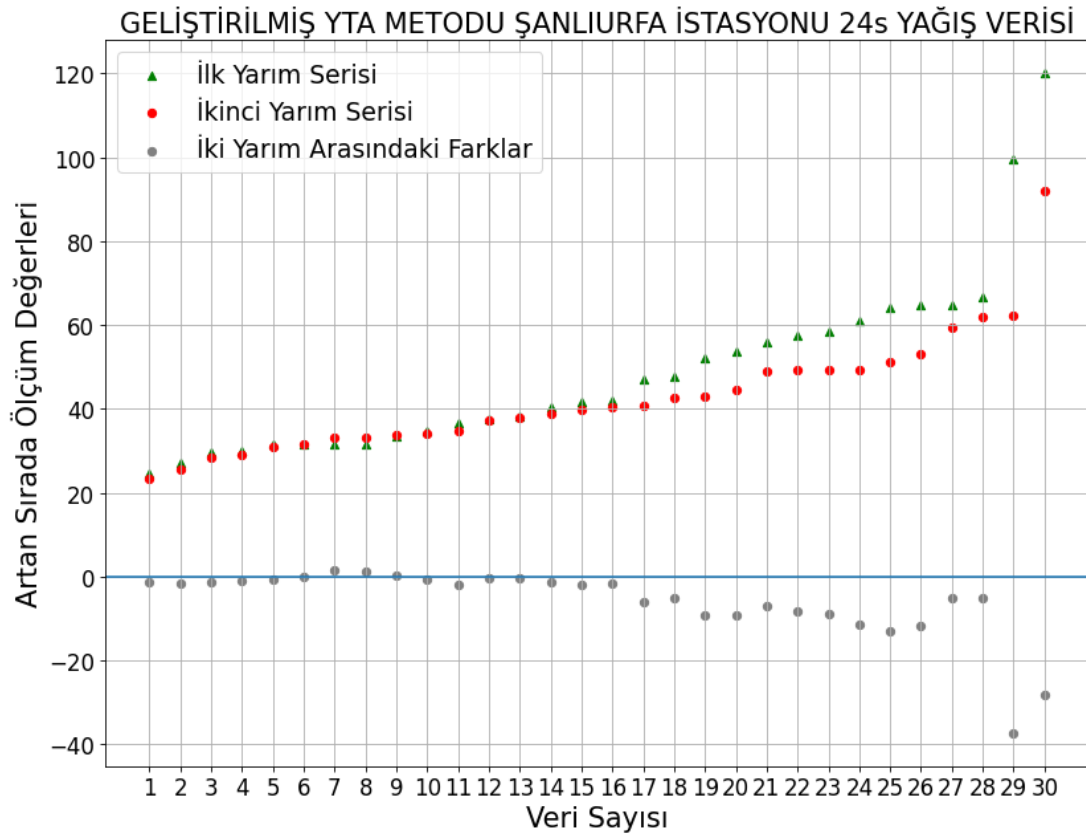


Şekil 3.39 : Niğde istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

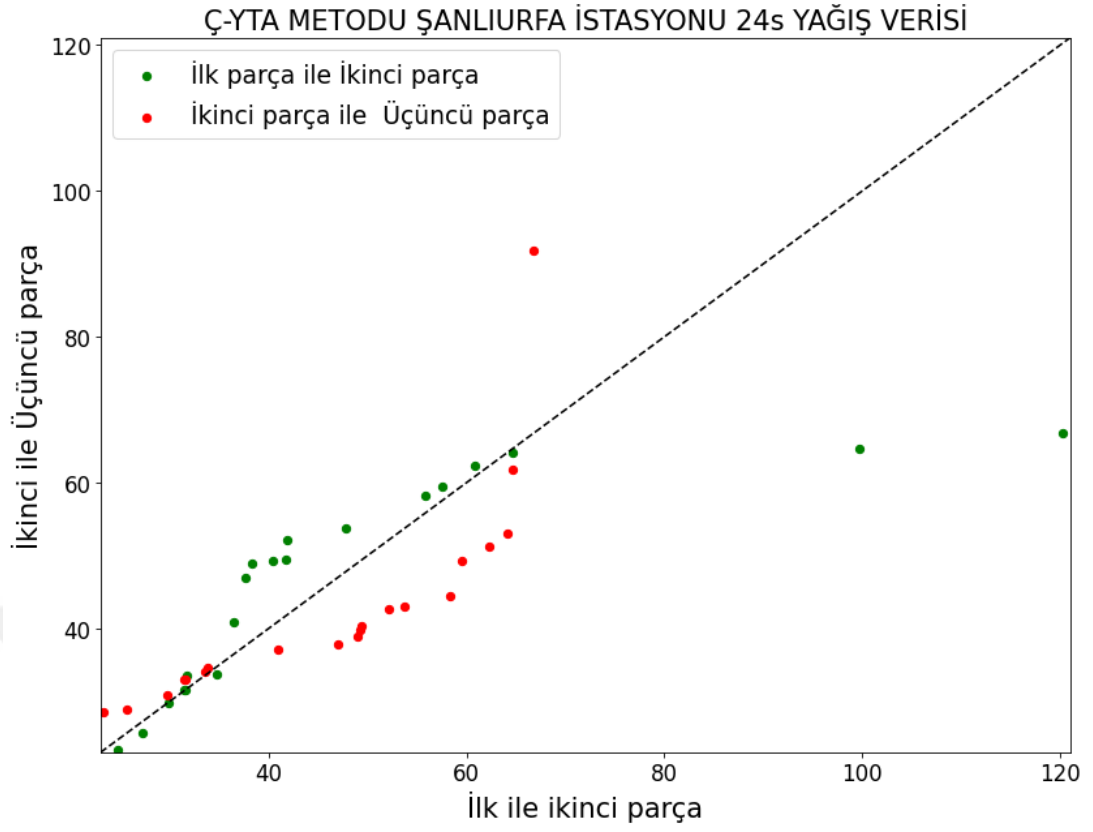
Şanlıurfa istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir. YTA sonucuna göre verilerin önce 1:1 doğrusu üzerinde ilerlediği ancak sonra azalan bölgeye kaydığı görülmektedir (Şekil 3.40). Geliştirilmiş YTA grafiğine bakıldığında ilk yarım ile ikinci yarım arasındaki farkların, veri sayısının yarısında trend yok eğilimi, diğer yarısında ise azalan trend eğilimi gösterdiği söylenebilmektedir. Bu durumda artan bir trend olmadığı görülmektedir (Şekil 3.41). 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 (Şekil 3.42). Geliştirilmiş Ç-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 3.43).



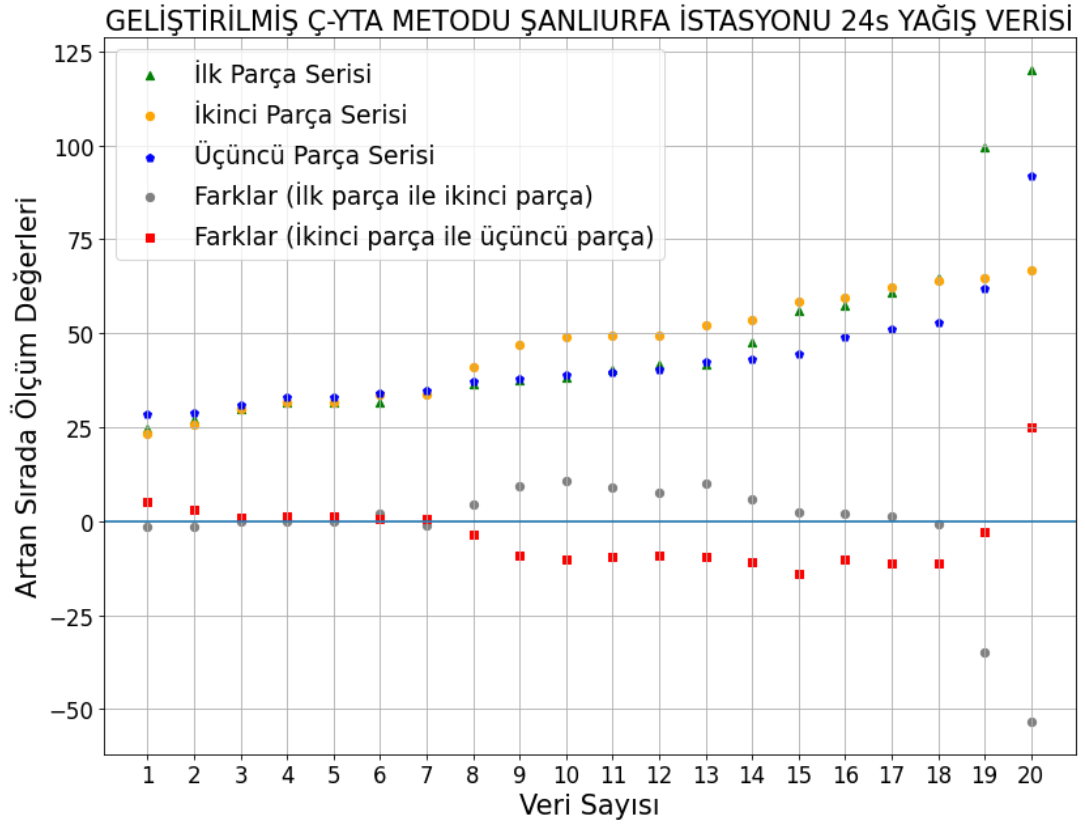
Şekil 3.40 : Şanlıurfa istasyonu YTA grafiği.



Şekil 3.41 : Şanlıurfa istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.

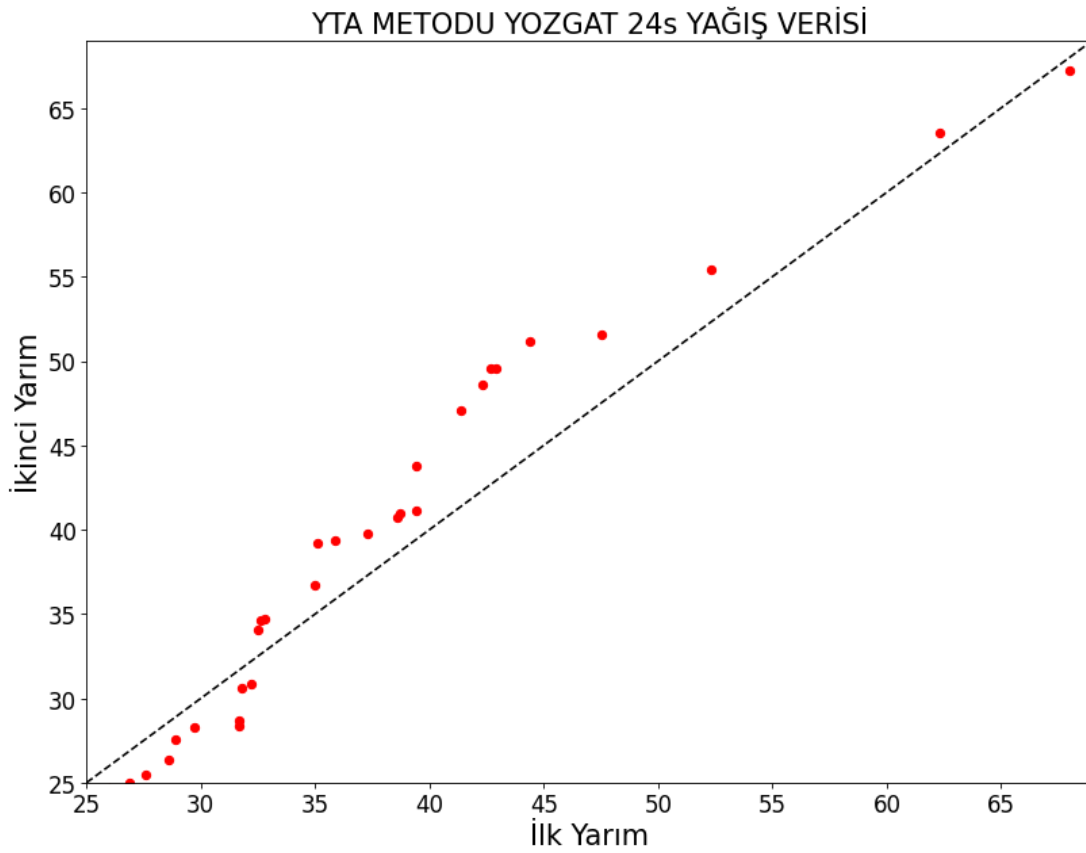


Şekil 3.42 : Şanlıurfa istasyonu Ç-YTA grafiği.

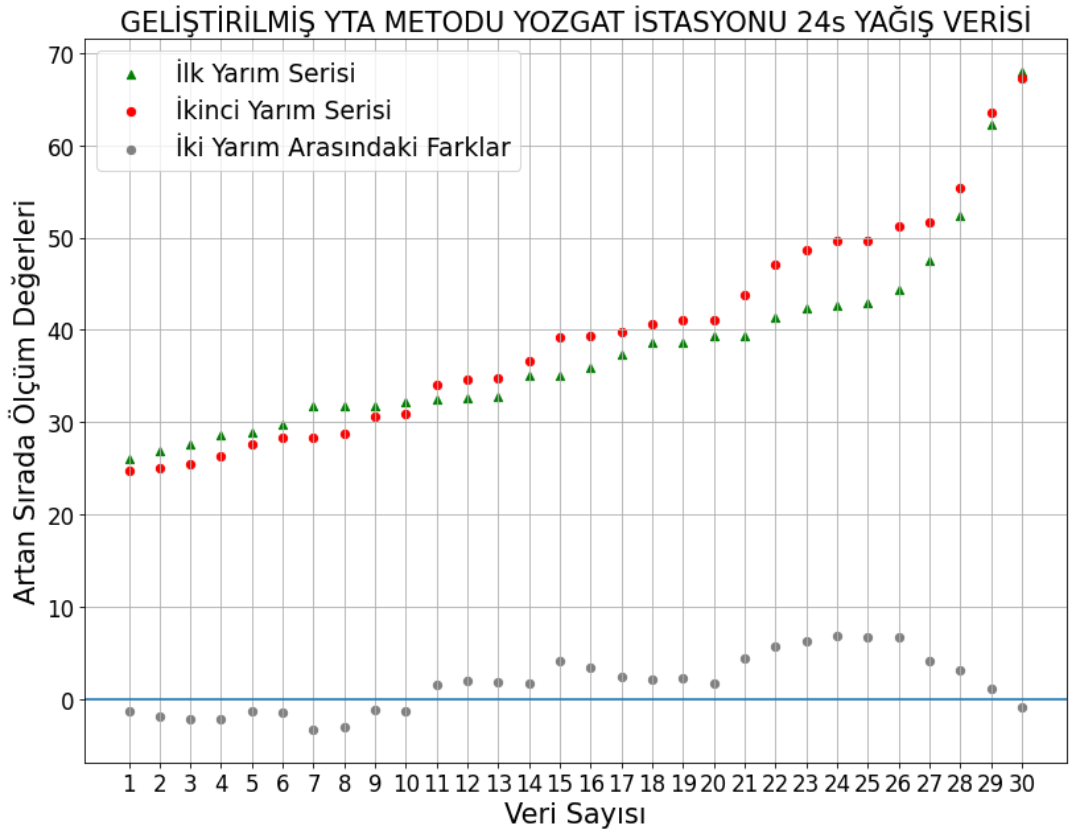


Şekil 3.43 : Şanlıurfa istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

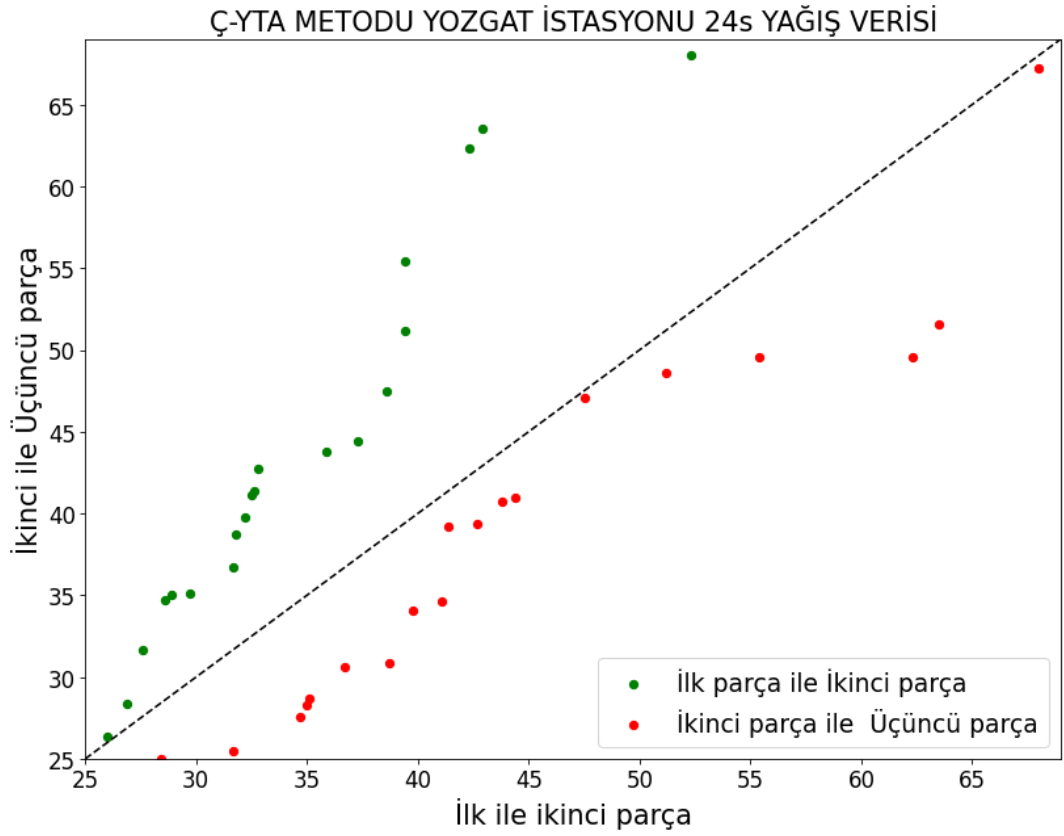
Yozgat istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir. Şekil 3.44'teki YTA ve Şekil 3.45'teki geliştirilmiş YTA sonuçlarına göre bütüncül olmayan artan trend olduğu söylenebilmektedir. Şekil 3.46'teki Ç-YTA ve Şekil 3.47'deki geliştirilmiş Ç-YTA grafiklerine 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.



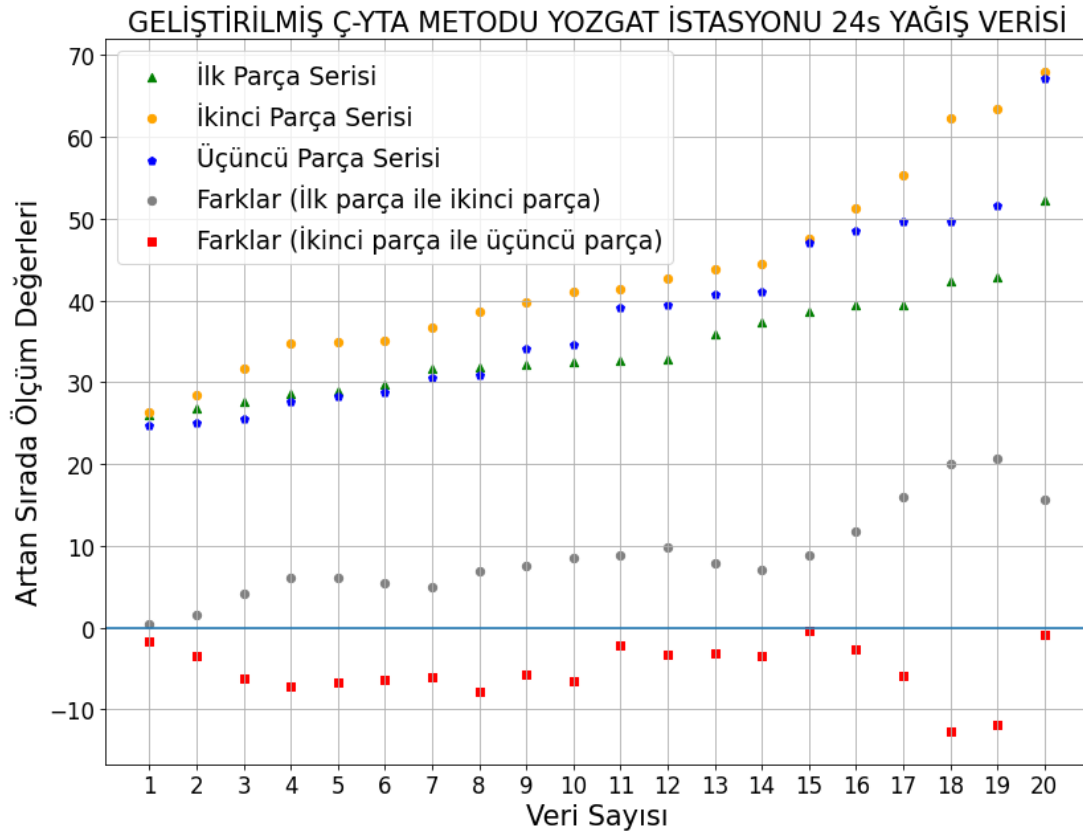
Şekil 3.44 : Yozgat istasyonu YTA grafiği.



Şekil 3.45 : Yozgat istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.

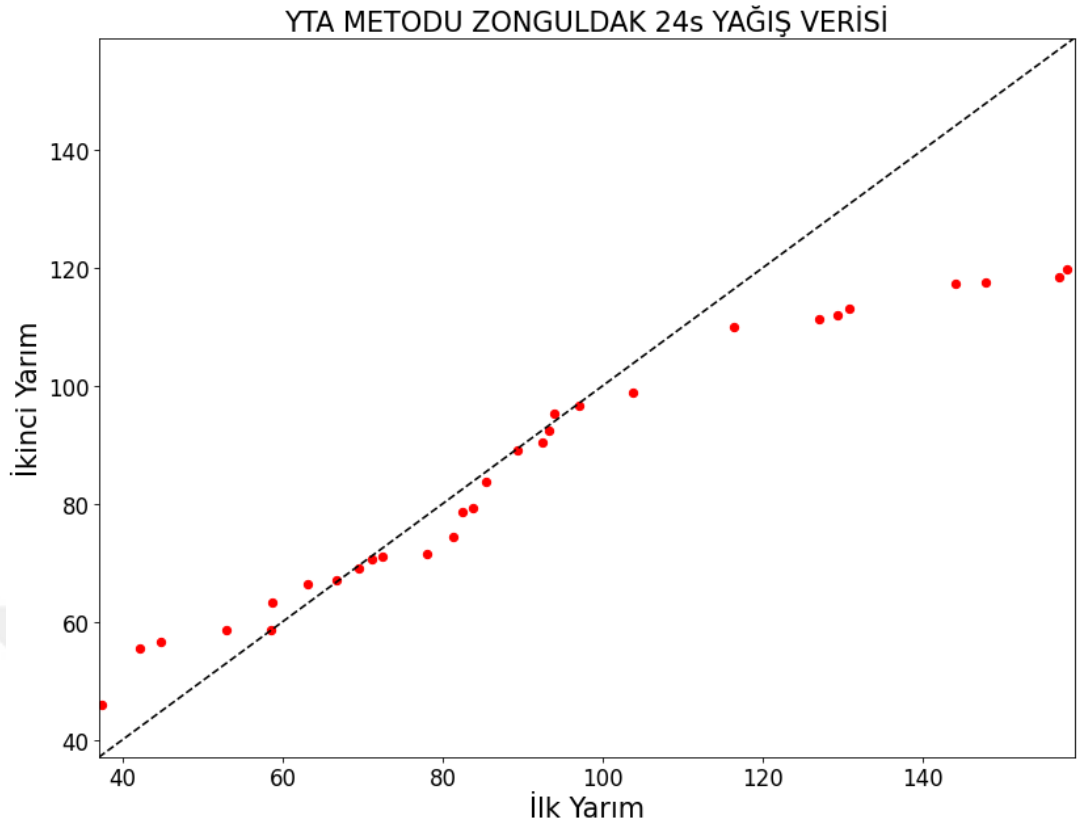


Şekil 3.46 : Yozgat istasyonu Ç-YTA grafiği.

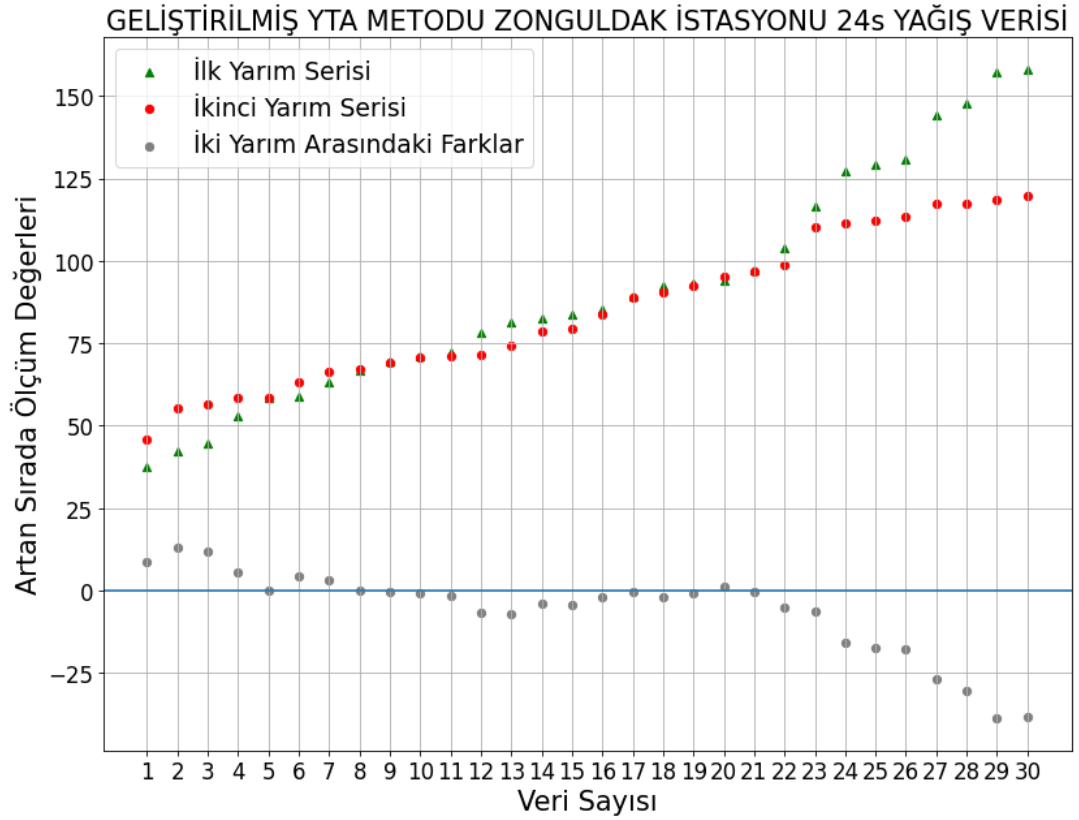


Şekil 3.47 : Yozgat istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

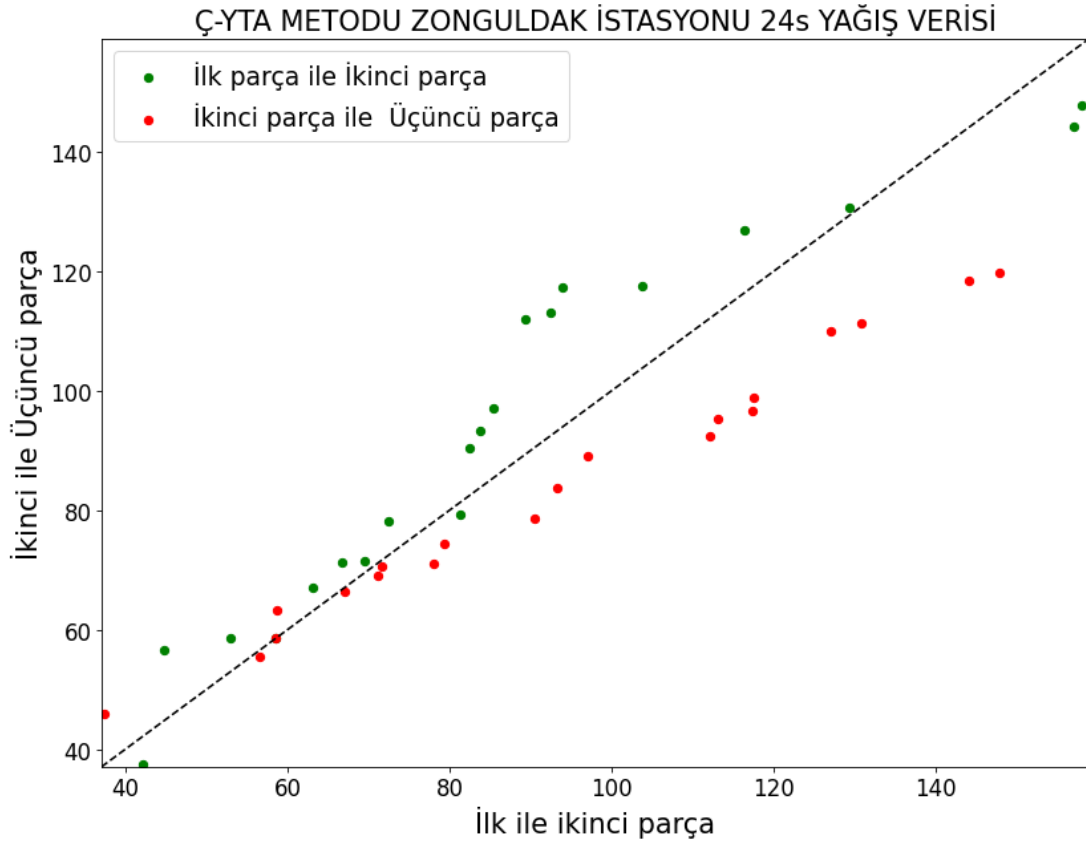
Zonguldak istasyonu verileri runs testi sonucuna göre homojendir. MK testi sonucunda trend tespit edilmemiştir. Şekil 3.48'deki YTA ve Şekil 3.49'daki geliştirilmiş YTA grafiklerine göre bütüncül olmayan azalan trend eğilimi olduğu söylenebilmektedir. Ç-YTA yönteminde ilk parça ile ikinci parça verilerinde artan trend eğilimi görülürken, ikinci parça ile üçüncü parça verilerinde azalan trend eğilimi olduğu söylenebilmektedir (Şekil 3.50). Geliştirilmiş Ç-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 3.51).



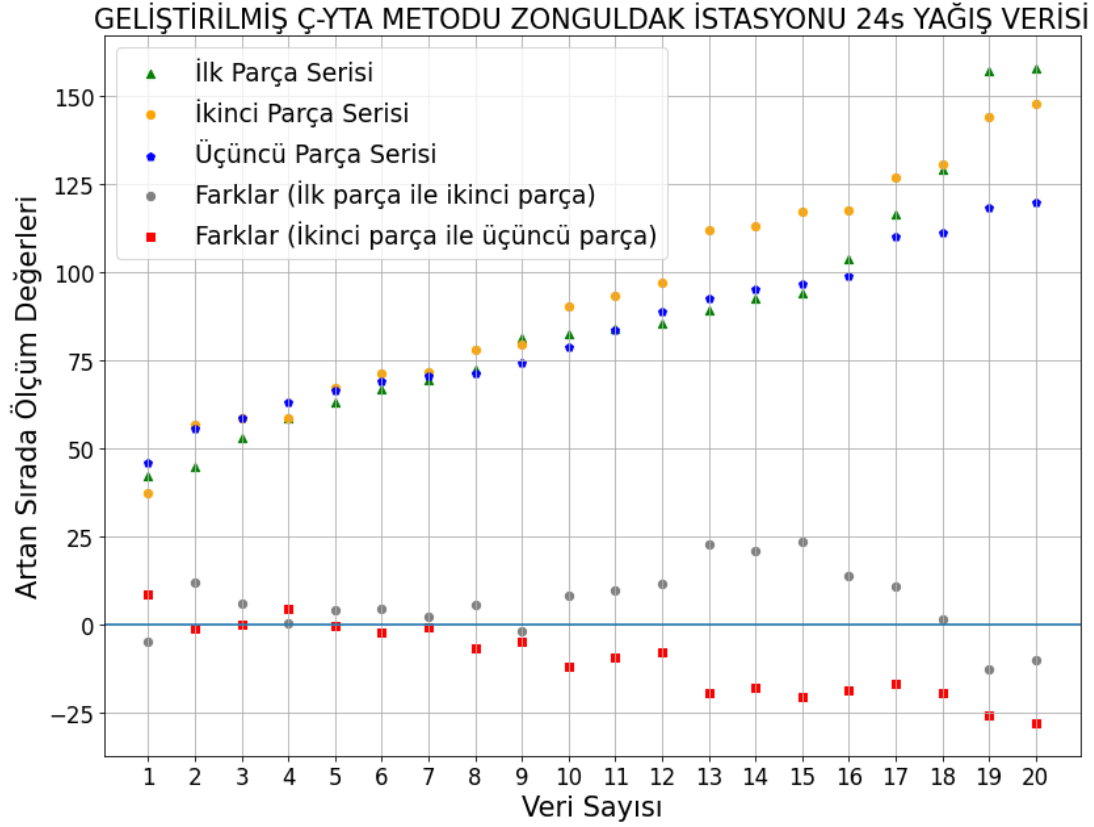
Şekil 3.48 : Zonguldak istasyonu YTA grafiği.



Şekil 3.49 : Zonguldak istasyonu geliştirilmiş YTA grafiği.



Şekil 3.50 : Zonguldak istasyonu Ç-YTA grafiği.

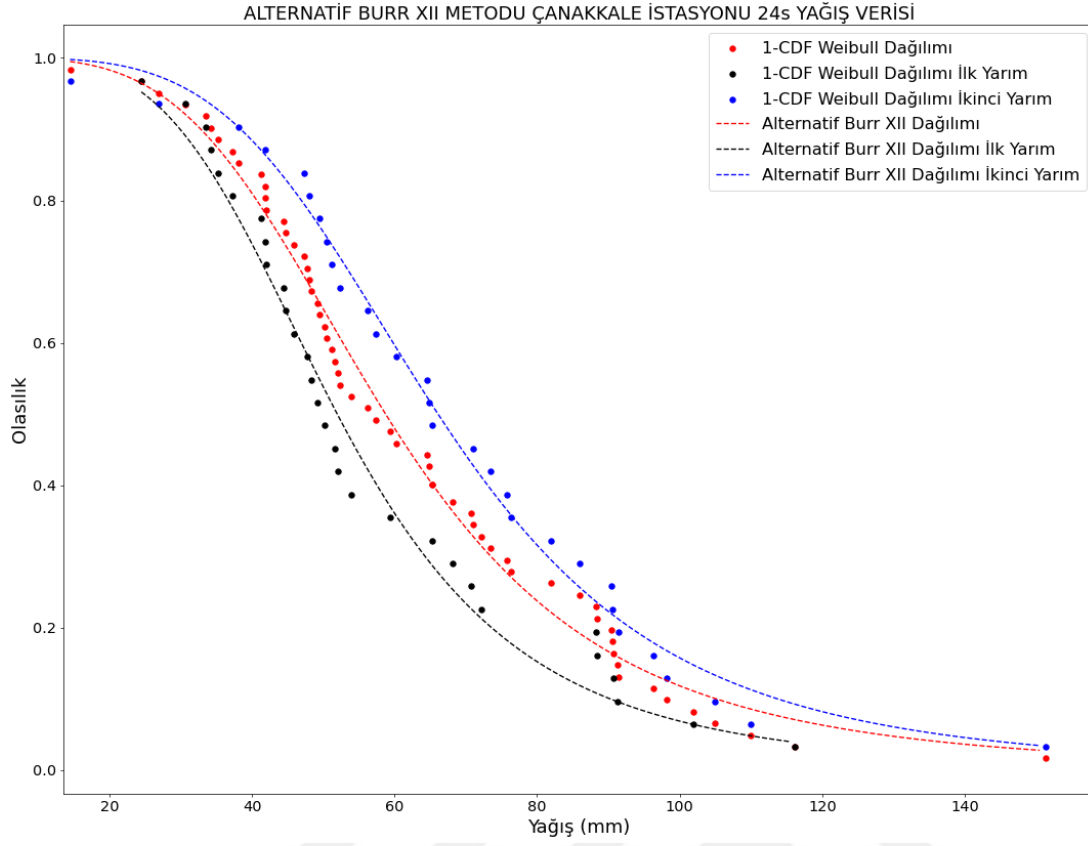


Şekil 3.51 : Zonguldak istasyonu geliştirilmiş Ç-YTA grafiği.

3.3 Risk Analizi Sonuçları

Risk analizi, olası riskleri belirlemek ve bunların etkilerini anlamak için kullanılmaktadır. Yağış verilerinin değişkenliği ve belirsizliği neticesinde risk analizi ihtiyacı oluşmaktadır. Belirli bir döneme ait yağış verilerinin istatistiksel olarak analiz edilmesiyle, meydana gelebilecek maksimum yağış miktarları tahmin edilebilmektedir. Bu tahminler, taşkın riski değerlendirmeleri, su kaynakları yönetimi ve altyapı planlaması gibi birçok alanda önemli rol oynar. Bu tez çalışmasında Çanakkale, Çorlu, Dikili, Dört Yol, Edirne, İnebolu, Niğde, Şanlıurfa, Yozgat ve Zonguldak istasyonlarından toplanan yağış verilerine ait trend analizleri dışında risk analizleri de yapılmıştır. Bu amaçla alternatif Burr XII dağılımı kullanılmıştır. Veriler hem bir bütün olarak hem de trend analizinde olduğu gibi iki parçaya ayrılarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, Weibull ampirik denklemi kullanılarak veriler tümünden, ilk yarım ve ikinci yarım biçiminde farklı alternatif Burr XII dağılımına tabi tutulmuştur. Buradan elde edilen denklemler ile 10, 20, 50, 100 ve 200 yıllık tekkerrür aralıkları için yağış değerleri hesaplanmıştır. Tüm verilere uygulandığı gibi ilk ve ikinci yarım için alternatif Burr XII dağılım katsayıları elde edilmiştir. Bunun sonucunda riskin artış ya da azalış eğiliminde olup olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. İstasyon bazında tüm sonuçlar ayrıntılı olarak paylaşılmıştır.

Çanakkale istasyonu verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde bütün yağış değerleri için artan bir eğilim görülmektedir (Şekil 3.52). Aynı şekilde tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ikinci yarım için bulunan değerlerin ilk yarımdan daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 3.4, Çizelge 3.5, Çizelge 3.6). Bu durumda yağış riskinin arttığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.52 : Çanakkale istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.4 : Çanakkale istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	105
20	128
50	165
100	198
200	239
500	305

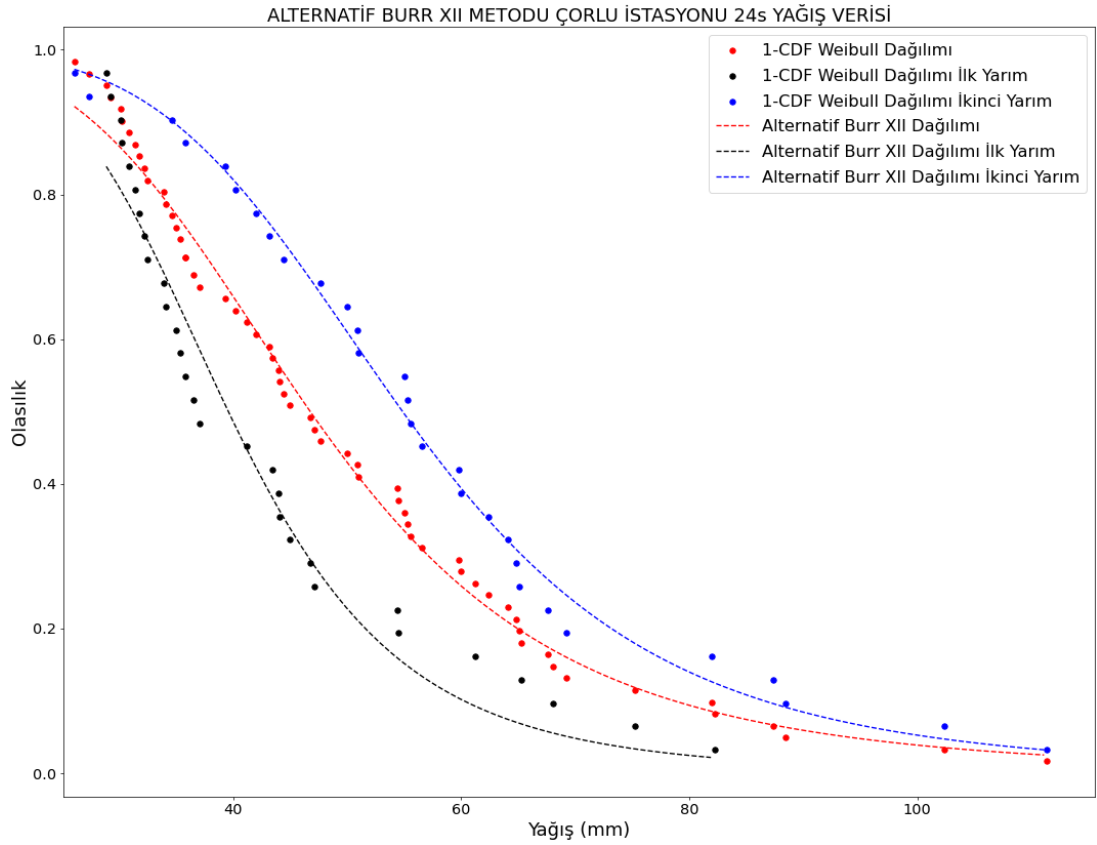
Çizelge 3.5 : Çanakkale istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	90
20	109
50	138
100	165
200	196
500	248

Çizelge 3.6 : Çanakkale istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	114
20	137
50	173
100	206
200	244
500	307

Çorlu istasyonu verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde bütün yağış değerleri için artan bir eğilim görülmektedir (Şekil 3.53). Tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ikinci yarım için bulunan değerlerin ilk yarımdan daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 3.7, Çizelge 3.8, Çizelge 3.9). Bunun sonucunda yağış riskinin arttığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.53 : Çorlu istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.7 : Çorlu istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	79
20	94
50	118
100	139
200	164
500	204

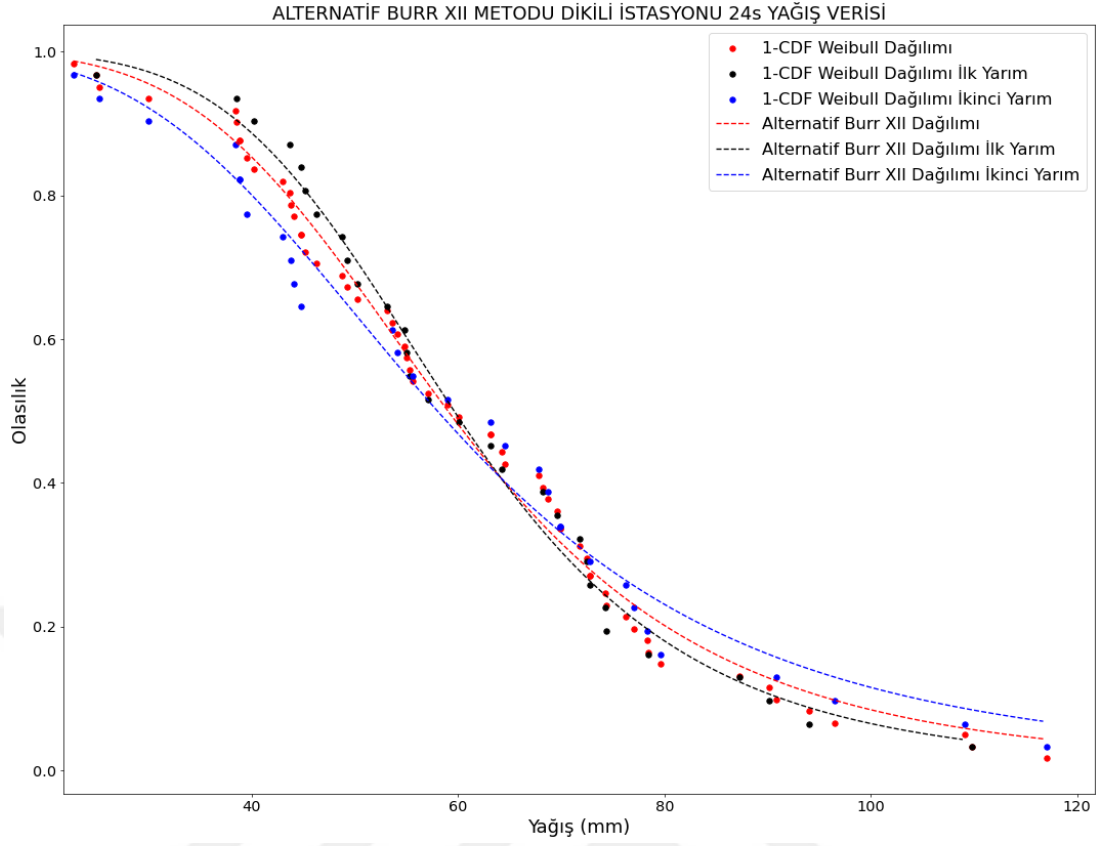
Çizelge 3.8 : Çorlu istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	60
20	70
50	83
100	95
200	109
500	130

Çizelge 3.9 : Çorlu istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	87
20	101
50	123
100	142
200	165
500	199

Dikili istasyonu verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde küçük yağış değerlerinde azalan trend görülürken büyük yağış değerlerinde artan trend olduğu söylenebilmektedir (Şekil 3.54). Tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ikinci yarım için bulunan değerlerin ilk yarımdan daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 3.10, Çizelge 3.11, Çizelge 3.12). Bunun sonucunda yağış riskinin arttığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.54 : Dikili istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.10 : Dikili istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	96
20	113
50	139
100	163
200	190
500	233

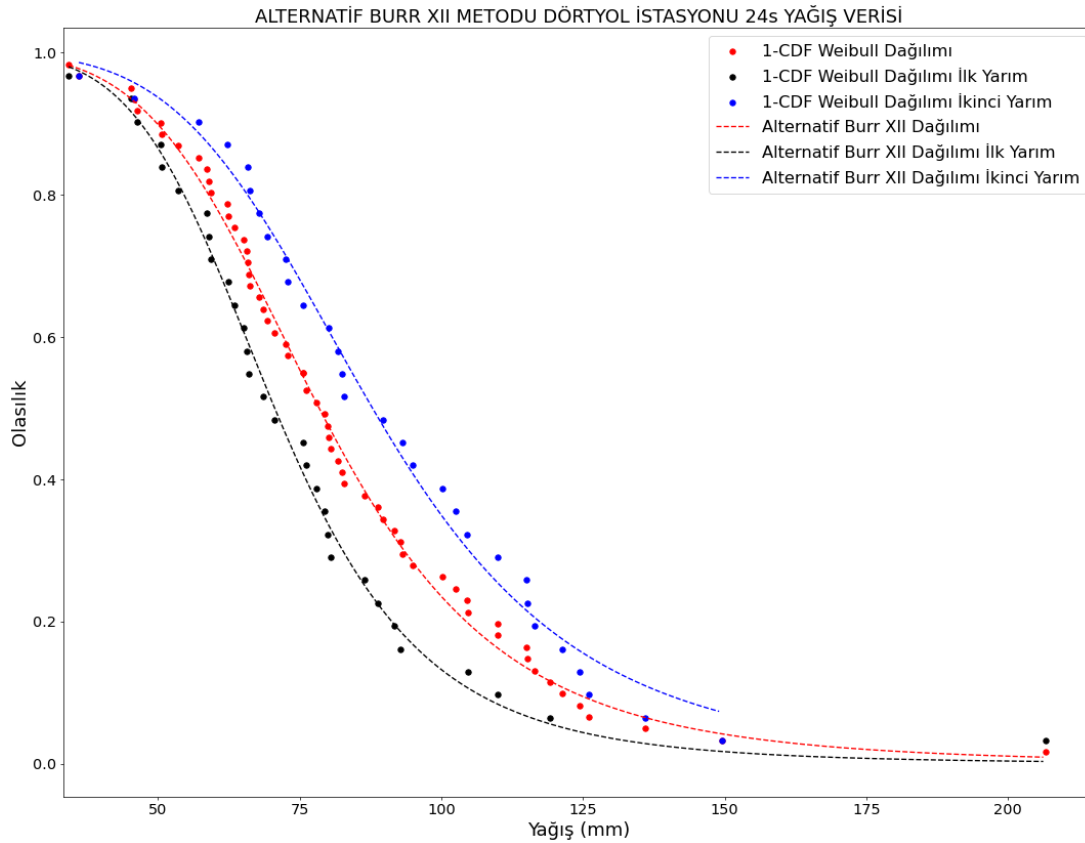
Çizelge 3.11 : Dikili istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	91
20	106
50	127
100	145
200	166
500	199

Çizelge 3.12 : Dikili istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	104
20	127
50	164
100	198
200	239
500	305

Dört Yol istasyonu verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde bütün yağış değerleri için artan bir eğilim görülmektedir (Şekil 3.55). Tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ikinci yarım için bulunan değerlerin ilk yarımdan daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 3.13, Çizelge 3.14, Çizelge 3.15). Bunun sonucunda yağış riskinin arttığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.55 : Dört Yol istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.13 : Dörtöl istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	123
20	144
50	175
100	202
200	233
500	282

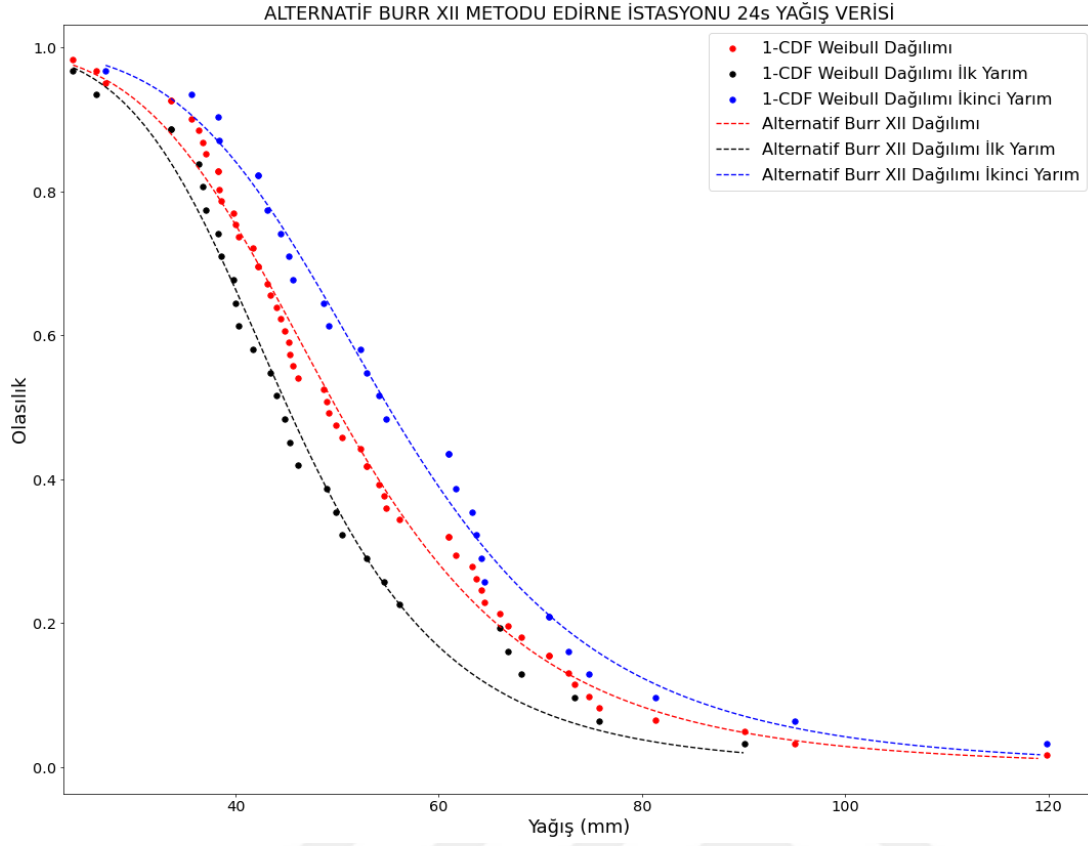
Çizelge 3.14 : Dörtöl istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	106
20	122
50	145
100	165
200	188
500	223

Çizelge 3.15 : Dörtöl istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	139
20	162
50	198
100	229
200	265
500	321

Edirne istasyonu verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde bütün yağış değerleri için artan bir eğilim görülmektedir (Şekil 3.56). Tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ikinci yarım için bulunan değerlerin ilk yarımdan daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 3.16, Çizelge 3.17, Çizelge 3.18). Bunun sonucunda yağış riskinin arttığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.56 : Edirne istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.16 : Edirne istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	77
20	89
50	108
100	124
200	142
500	170

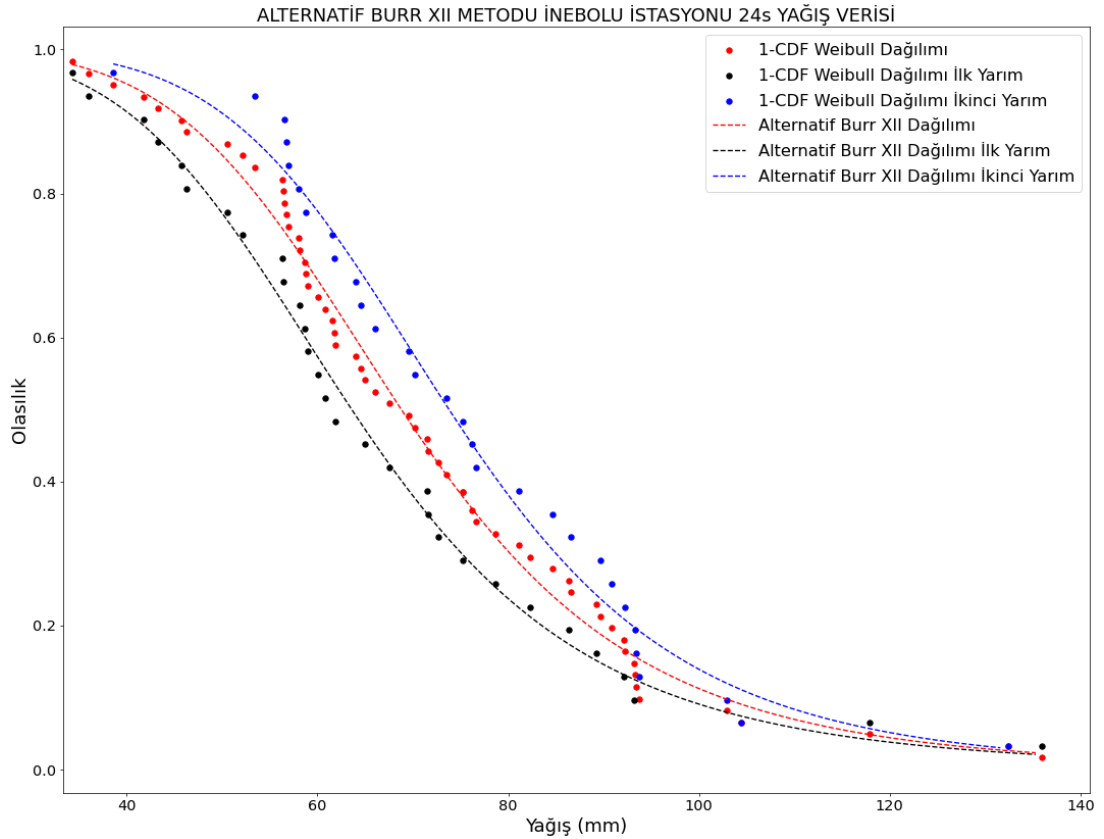
Çizelge 3.17 : Edirne istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	67
20	76
50	90
100	102
200	116
500	136

Çizelge 3.18 : Edirne istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	84
20	97
50	116
100	133
200	152
500	181

İnebolu istasyonu verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde artan bir eğilim görülmektedir (Şekil 3.57). Tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ilk yarım ve ikinci yarım değerleri arasında hem azalma hem de artış görülmektedir. Tekerrür aralıklarına göre hesaplanan yağış değerlerinde, 10, 20, 50 ile 100 yıl ikinci yarım değerleri ilk yarımdan fazla ve 200 yıl ikinci yarım değerlerinin ise ilk yarımdan az olduğu söylenebilmektedir. (Çizelge 3.19, Çizelge 3.20, Çizelge 3.21). Bunun sonucunda yağış riskinin 10, 20, 50 ve 100 yıl tekerrür aralıkları için arttığı ancak 200 yıl için azaldığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.57 : İnebolu istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.19 : İnebolu istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	102
20	117
50	139
100	158
200	179
500	212

Çizelge 3.20 : İnebolu istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

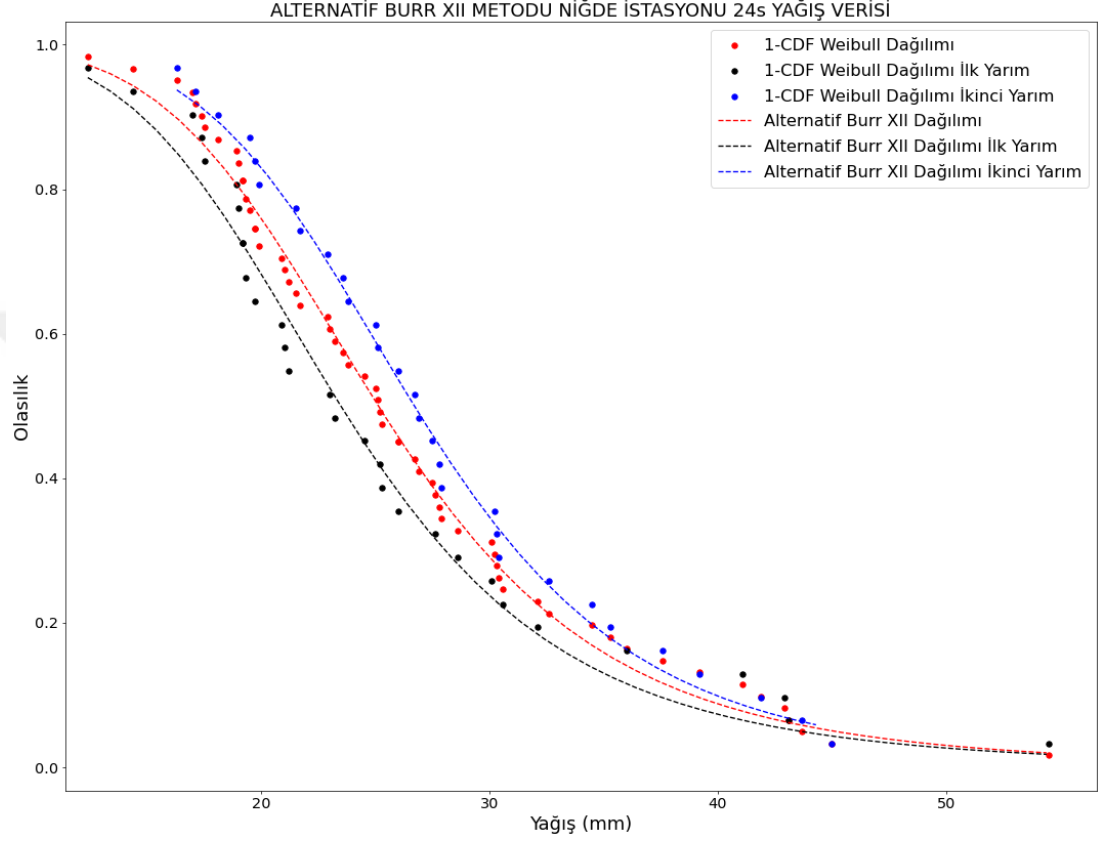
Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	98
20	113
50	137
100	157
200	180
500	216

Çizelge 3.21 : İnebolu istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	106
20	121
50	141
100	159
200	178
500	208

Niğde istasyonu verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde artan bir eğilim görülmektedir (Şekil 3.57). Tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ilk yarım ve ikinci yarım değerleri arasında hem azalma hem de artış görülmektedir. Tekerrür aralıklarına göre hesaplanan yağış değerlerinde, 10, 20 ve 50 yıl ikinci yarım değerleri ilk yarımdan fazladır. 100 yıl için ikinci yarım değerleri ilk yarım değerleri ile eşit bulunmuştur. 200 yıl için hesaplanan ikinci yarım değerlerinin ise ilk yarımdan az olduğu söylenebilmektedir. (Çizelge 3.19, Çizelge 3.20, Çizelge 3.21). Bunun sonucunda yağış riskinin 10, 20 ve 50 yıl tekerrür aralıkları için arttığı. 100 yıl için

sabit kaldığı ancak 200 yıl için azaldığı sonucuna ulaşılabilmektedir. Öte yandan hesaplanan yağış değerlerinin ilk yarım ile ikinci yarım arasındaki yüzdelik değişimine bakıldığında %5'in altındadır. Bu oran diğer istasyonlar ile karşılaştırıldığında oldukça küçük kalmaktadır. Sonuç olarak Niğde istasyonu için yapılan risk değerlendirmesinde, riskin sabit olduğu da söylenebilmektedir.



Şekil 3.58 : Niğde istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.22 : Niğde istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	39
20	45
50	54
100	63
200	72
500	86

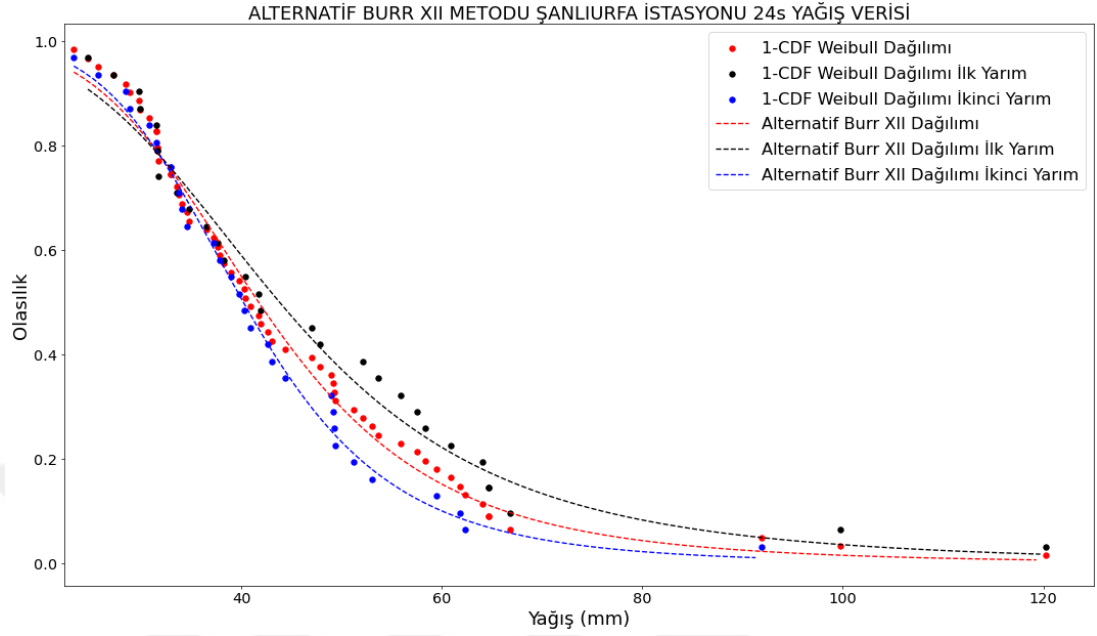
Çizelge 3.23 : Niğde istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	37
20	44
50	53
100	62
200	71
500	87

Çizelge 3.24 : Niğde istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	40
20	46
50	54
100	62
200	70
500	83

Şanlıurfa istasyonu verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde küçük yağış değerleri için artan, büyük yağış değerleri için azalan bir eğilim görülmektedir (Şekil 3.59). Tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ikinci yarım için bulunan değerlerin ilk yarımdan daha az olduğu görülmektedir (Çizelge 3.25, Çizelge 3.26, Çizelge 3.27). Diğer ölçüm istasyonları ile kıyaslandığında, en çok oransal değişim Şanlıurfa'dadır. Bunun sonucunda yağış riskinin azaldığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.59 : Şanlıurfa istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.25 : Şanlıurfa istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	66
20	78
50	95
100	110
200	128
500	155

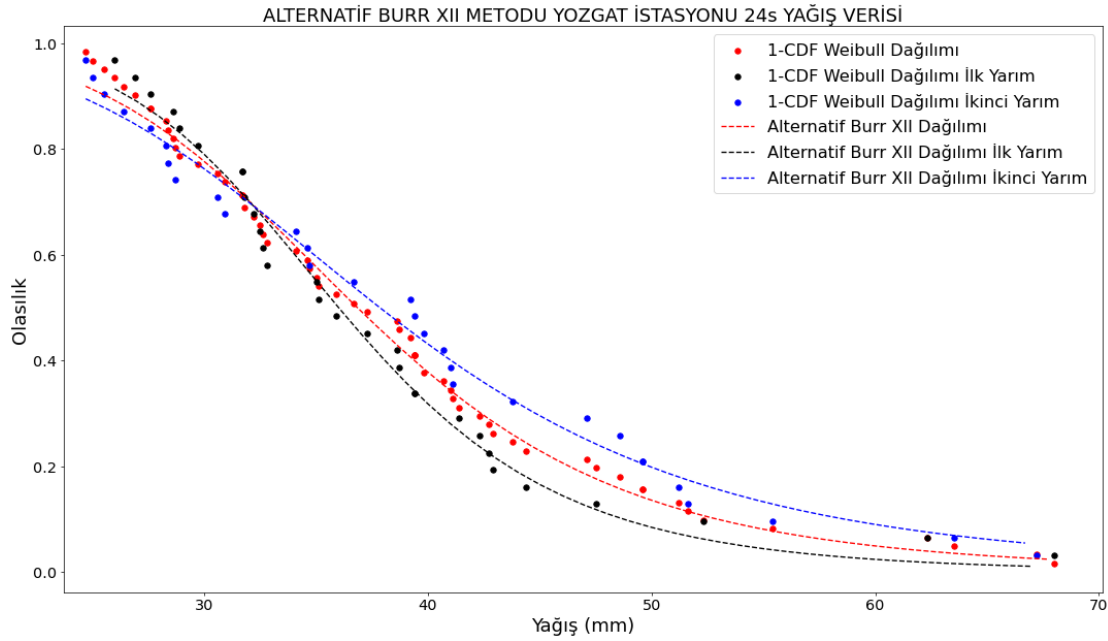
Çizelge 3.26 : Şanlıurfa istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	76
20	92
50	116
100	139
200	165
500	208

Çizelge 3.27 : Şanlıurfa istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	60
20	69
50	82
100	93
200	106
500	125

Yozgat istasyonu verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde küçük yağış değerleri için azalan, büyük yağış değerleri için artan bir eğilim görülmektedir (Şekil 3.60). Tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ikinci yarım için bulunan değerlerin ilk yarımdan daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 3.28, Çizelge 3.29, Çizelge 3.30). Bunun sonucunda yağış riskinin arttığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.60 : Yozgat istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.28 : Yozgat istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	53
20	60
50	70
100	79
200	88
500	103

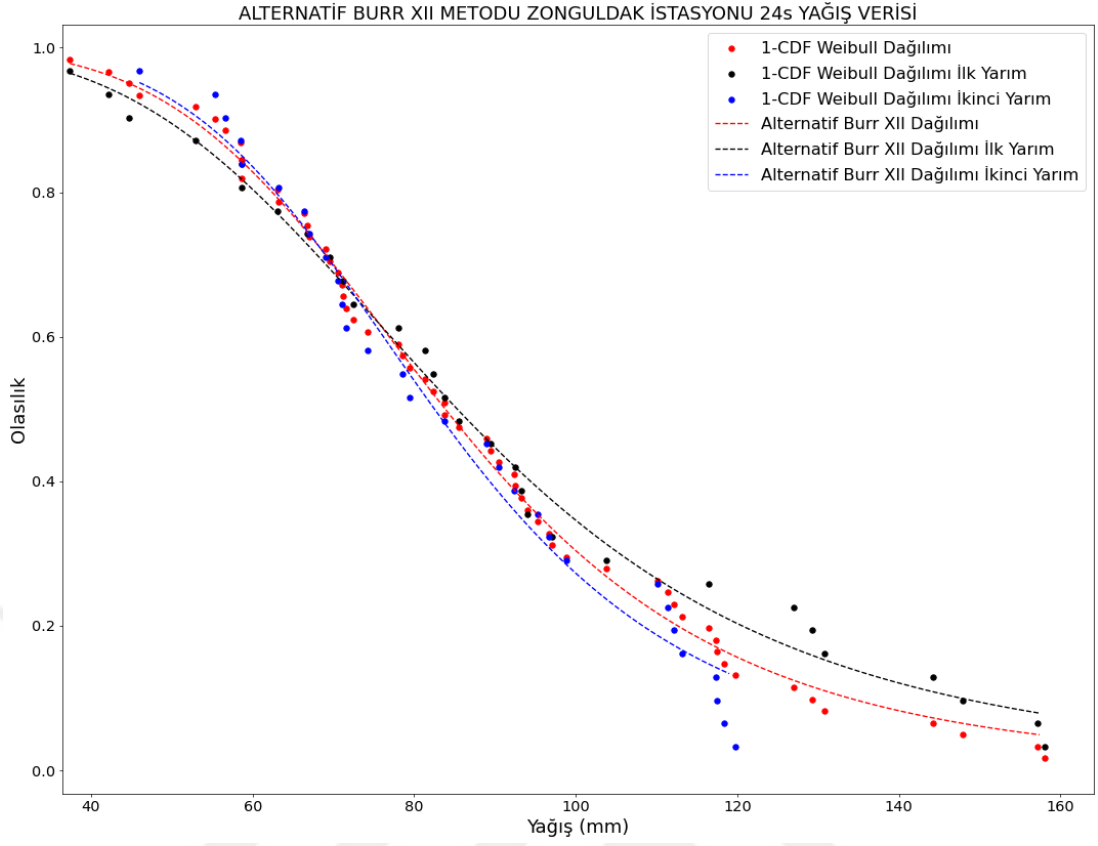
Çizelge 3.29 : Yozgat istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	49
20	54
50	62
100	68
200	75
500	85

Çizelge 3.30 : Yozgat istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	59
20	68
50	82
100	95
200	109
500	130

Zonguldak verilerinin alternatif Burr XII grafiğinde küçük yağış değerleri için artan, büyük yağış değerleri için azalan bir eğilim görülmektedir (Şekil 3.61). Tekerrür aralıkları için hesaplanan yağış değerlerinde ikinci yarım için bulunan değerlerin ilk yarımdan daha az olduğu görülmektedir (Çizelge 3.31, Çizelge 3.32, Çizelge 3.33). Bunun sonucunda yağış riskinin azaldığı sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.61 : Zonguldak istasyonu alternatif Burr XII grafiği.

Çizelge 3.31 : Zonguldak istasyonu tüm veri için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	134
20	157
50	192
100	223
200	259
500	315

Çizelge 3.32 : Zonguldak istasyonu ilk yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	148
20	178
50	225
100	268
200	320
500	402

Çizelge 3.33 : Zonguldak istasyonu ikinci yarım için hesaplanan yağış değerleri.

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Yağış Değeri (mm)
10	127
20	147
50	177
100	203
200	233
500	279



4. SONUÇLAR

İklim değışikliğinin günümüzde etkisini giderek arttırması sebebiyle, meteorolojik ve hidrolojik verilerin doğru bir şekilde analiz edilmesi önemli hale gelmiştir. Meteorolojik yağış verileri bu amaçla kullanılabilecek önemli bir veri kaynağıdır. Mühendislik su yapılarının tasarımı, su kaynaklarının yönetimi, çevre planlaması ve tarım gibi birçok alanda bu verilerin eğilimlerini inceleyen çalışmalar son yıllarda artış göstermektedir. Özellikle trend ve risk analizi yöntemleri yağış verilerinin incelenmesinde etkili araçlardır. Trend analizi yöntemleri kullanılarak yağış verilerindeki eğilimlerin varlığı ve türü tespit edilmektedir. Risk analizi yöntemleri ile gelecekte mümkün olabilecek en büyük yağışlar, belirli tekerrür aralıklarına göre öngörölebilmektedir. Bu analizler neticesinde doğabilecek sorunlara karşı gerekli önlemler alınabilmektedir. Bu tez çalışmasında yağış verilerinin trend ve risk analizleri yapılmıştır. 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. Python'un esnekliği ve geniş kütüphane desteği, trend ve risk analizi işlemlerini gerçekleştirmek için güçlü bir araç olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Çalışmada oluşturulan arayüz bu alanda yapılan çalışmalar için bir yenilik niteliğindedir. Bu durum, gelecekteki yağış trendlerini ve risklerini analiz etmek isteyen araştırmacılar için bir kılavuz niteliği taşımaktadır.

Tez çalışması kapsamında Türkiye'nin muhtelif yerlerindeki Çanakkale, Çorlu, Dikili, Dörtöyol, 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.

Marmara'nın kuzeybatısı ve Trakya'da yer alan Çanakkale, Çorlu ve Edirne istasyonlarında stabil olmayan bütöncöl 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 Dört Yol'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 eğiliminde olduğu ancak trendin stabil olmadığı görülmüştür. Karadeniz'e 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.

Risk analizi sonuçlarına bakıldığında Trakya, Marmara'nın kuzeybatısı, Orta Karadeniz ve Akdeniz istasyonları ile İç Anadolu'da Niğde'nin verilerine göre risklerin arttığı görülmüştür. Batı Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerine göre tersi bir durum olduğu görülmüştür. Bu bölgelerde incelenen verilere göre riskin azaldığı söylenebilmektedir. Ege'de Dikili ve İç Anadolu'da Yozgat istasyonlarına bakıldığında risklerin küçük yağış değerleri için azalma eğiliminde olduğu ancak büyük yağış değerlerinde artış eğiliminde olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak yapılan YTA ve türevleri uygulanarak gerçekleştirilen trend analizi ile alternatif Burr XII dağılımı uygulanarak gerçekleştirilen risk analizi değerlendirmelerinde çoğunlukla artan trend eğiliminin hakim olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Mevcut verilere göre Türkiye'de son altmış yılda günlük maksimum yağış değerlerinin arttığı söylenebilmektedir. Kuraklık açısından değerlendirildiğinde ise risk olmadığı söylenebilmektedir. İklim değişikliğinin etkilerinin Türkiye'nin farklı bölgelerinde hissedilmeye başlandığı sonucuna da ulaşılabilmektedir.

KAYNAKLAR

- Alashan, S.** (2020). Combination of modified Mann-Kendall method and Şen innovative trend analysis. *Engineering Reports*, 2(3). <https://doi.org/10.1002/eng2.12131>
- Awadallah, A. G.** (2015). Regional intensity-duration-frequency curves for Jeddah region, Saudi Arabia, using ordinary and L-moments approaches: Regional I-D-F for Jeddah, Saudi Arabia. *Journal of Flood Risk Management*, 8(3), 195-207. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12085>
- Burlando, P., & Rosso, R.** (1996). Scaling and multiscaling models of depth-duration-frequency curves for storm precipitation. *Journal of Hydrology*, 187(1-2), 45-64. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03086-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03086-7)
- Burr, I. W.** (1942). Cumulative Frequency Functions. *The Annals of Mathematical Statistics*, 13(2), 215-232. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177731607>
- Chen, C.** (1983). Rainfall Intensity-Duration-Frequency Formulas. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109(12), 1603-1621. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1983\)109:12\(1603\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1983)109:12(1603))
- Chiew, F. H. S., & McMahon, T. A.** (1993). Detection of trend or change in annual flow of Australian rivers. *International Journal of Climatology*, 13(6), 643-653. <https://doi.org/10.1002/joc.3370130605>
- Cui, L., Wang, L., Lai, Z., Tian, Q., Liu, W., & Li, J.** (2017). Innovative trend analysis of annual and seasonal air temperature and rainfall in the Yangtze River Basin, China during 1960–2015. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 164, 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2017.08.001>
- Cunderlik, J. M., & Ouarda, T. B. M. J.** (2006). Regional flood-duration–frequency modeling in the changing environment. *Journal of Hydrology*, 318(1-4), 276-291. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.020>
- Çiçek, İ., & Ataol, M.** (2009). Türkiye'nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. *Co*, 51-64. https://doi.org/10.1501/Cogbil_00000000094
- 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>

- Dinpashoh, Y., Mirabbasi, R., Jhajharia, D., Abianeh, H. Z., & Mostafaeipour, A.** (2014). Effect of Short-Term and Long-Term Persistence on Identification of Temporal Trends. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 617-625. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000819](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000819)
- Gadedjisso-Tossou, A., Adjegan, K. I., & Kablan, A. K. M.** (2021). Rainfall and Temperature Trend Analysis by Mann–Kendall Test and Significance for Rainfed Cereal Yields in Northern Togo. *Sci*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.3390/sci3010017>
- Gao, F., Wang, Y., Chen, X., & Yang, W.** (2020). Trend Analysis of Rainfall Time Series in Shanxi Province, Northern China (1957–2019). *Water*, 12(9), 2335. <https://doi.org/10.3390/w12092335>
- García-Bartual, R., & Schneider, M.** (2001). Estimating maximum expected short-duration rainfall intensities from extreme convective storms. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 26(9), 675-681. [https://doi.org/10.1016/S1464-1909\(01\)00068-5](https://doi.org/10.1016/S1464-1909(01)00068-5)
- Gerold, L. A., & Watkins, D. W.** (2005). Short Duration Rainfall Frequency Analysis in Michigan Using Scale-Invariance Assumptions. *Journal of Hydrologic Engineering*, 10(6), 450-457. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2005\)10:6\(450\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2005)10:6(450))
- Ghate, A. S., & Timbadiya, P. V.** (2022). Comprehensive Extreme Rainfall Analysis: A study on Ahmedabad region, India. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 28(4), 438-448. <https://doi.org/10.1080/09715010.2021.1905566>
- Gocic, M., & Trajkovic, S.** (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172-182. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014>
- Gumbel, E. J.** (1941). The Return Period of Flood Flows. *The Annals of Mathematical Statistics*, 12(2), 163-190. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177731747>
- 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, 124674. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124674>

- Güçlü, Y. S.** (2021). A different type of Burr distribution applying to hydro-meteorological data. *Spatial Statistics*, 43, 100511. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2021.100511>
- Güçlü, Y. S., Şişman, E., & Yeleğen, M. Ö.** (2018). Climate change and frequency-intensity-duration (FID) curves for Florya station, Istanbul: Climate change and FID curves. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S403-S418. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12229>
- Hamed, K. H., & Ramachandra Rao, A.** (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 182-196. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)
- Herho, S., & Firdaus, G.** (2022). Time-series analysis and statistical forecasting of daily rainfall in Kupang, East Nusa Tenggara, Indonesia. *International Journal of Data Science*, 3(1), 25-32. <https://doi.org/10.18517/ijods.3.1.25-32.2022>
- Hershfield, D. M.** (1961). Rainfall frequency atlas of the United States: For durations from 30 minutes to 24 hours and return periods from 1 to 100 years. Dept. of Commerce, Weather Bureau.
- Hordofa, A. T., Leta, O. T., Alamirew, T., & Chukalla, A. D.** (2021). Spatiotemporal Trend Analysis of Temperature and Rainfall over Ziway Lake Basin, Ethiopia. *Hydrology*, 9(1), 2. <https://doi.org/10.3390/hydrology9010002>
- Hussain, Md. M., Mahmud, I., & Bari, S. H.** (2023). pyHomogeneity: A Python Package for Homogeneity Test of Time Series Data. *Journal of Open Research Software*, 11, 4. <https://doi.org/10.5334/jors.427>
- Hussain, Md., & Mahmud, I.** (2019). pyMannKendall: A python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. *Journal of Open Source Software*, 4(39), 1556. <https://doi.org/10.21105/joss.01556>
- Javelle, P., Ouarda, T. B. M. J., Lang, M., Bobée, B., Galéa, G., & Grésillon, J.-M.** (2002). Development of regional flood-duration–frequency curves based on the index-flood method. *Journal of Hydrology*, 258(1-4), 249-259. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00577-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00577-7)
- Jhajharia, D., Shrivastava, S. K., Sarkar, D., & Sarkar, S.** (2009). Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(5), 763-770. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.10.024>
- Jones, J. R., Schwartz, J. S., Ellis, K. N., Hathaway, J. M., & Jawdy, C. M.** (2015). Temporal variability of precipitation in the Upper Tennessee Valley. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 125-138. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2014.10.006>

- Karabulut, M., & Cosun, F.** (2007). Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi. Co, 65-83. https://doi.org/10.1501/Cogbil_00000000095
- Karahan, H., Ayvaz, M. T., & Gürarlan, G.** (2008). Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi: GAP Örneği. Teknik Dergi, 19(92), Article 92.
- 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. <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>
- Nalley, D., Adamowski, J., Khalil, B., & Ozga-Zielinski, B.** (2013). Trend detection in surface air temperature in Ontario and Quebec, Canada during 1967–2006 using the discrete wavelet transform. Atmospheric Research, 132-133, 375-398. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.06.011>
- Rama, H.-O., Roberts, D., Tignor, M., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B., & Ayanlade, S.** (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- 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, 44-60. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i230628>
- Saphoğlu, K.** (2015). A new methodology for trend analysis: A case study in Burdur and Isparta, Turkey. 3344-3351.
- Saphoğlu, K., & Güçlü, Y. S.** (2022). Combination of Wilcoxon test and scatter diagram for trend analysis of hydrological data. Journal of Hydrology, 612, 128132. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128132>
- 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>

- Singh, S. K., & Maddala, G. S.** (1976). A Function for Size Distribution of Incomes. *Econometrica*, 44(5), 963-970. <https://doi.org/10.2307/1911538>
- Sneyers, R.** (1990). On the statistical analysis of series of observations (Technical Note No. 143, WMO No. 415). World Meteorological Organization.
- Sonali, P., & Nagesh Kumar, D.** (2013). Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India. *Journal of Hydrology*, 476, 212-227. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.10.034>
- 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>
- Şen, Z.** (2009). İklim değişikliği içerikli taşkın afet ve modern hesaplama yöntemleri. Su Vakfı Yayınları.
- Şen, Z.** (2012). Innovative Trend Analysis Methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000556](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000556)
- Şen, Z.** (2014). Trend Identification Simulation and Application. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 635-642. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000811](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000811)
- Şen, Z.** (2017). Innovative trend significance test and applications. *Theoretical and Applied Climatology*, 127(3-4), 939-947. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1681-x>
- Taye, M. T., & Willems, P.** (2011). Influence of climate variability on representative QDF predictions of the upper Blue Nile basin. *Journal of Hydrology*, 411(3-4), 355-365. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.019>
- Taylor, C. H., & Loftis, J. C.** (1989). TESTING FOR TREND IN LAKE AND GROUND WATER QUALITY TIME SERIES. *Journal of the American Water Resources Association*, 25(4), 715-726. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1989.tb05385.x>
- Timbadiya, P. V., Mirajkar, A. B., Patel, P. L., & Porey, P. D.** (2013). Identification of trend and probability distribution for time series of annual peak flow in Tapi Basin, India. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 19(1), 11-20. <https://doi.org/10.1080/09715010.2012.739354>
- Van de Vyver, H., & Demarée, G. R.** (2010). Construction of Intensity–Duration–Frequency (IDF) curves for precipitation at Lubumbashi, Congo, under the hypothesis of inadequate data. *Hydrological Sciences Journal*, 55(4), 555-564. <https://doi.org/10.1080/02626661003747390>

Zamani, R., Mirabbasi, R., Abdollahi, S., & Jhajharia, D. (2017). Streamflow trend analysis by considering autocorrelation structure, long-term persistence, and Hurst coefficient in a semi-arid region of Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(1-2), 33-45. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1747-4>

Zeybekoğlu, U. (2022). Temperature series analysis of the Hirfanli Dam Basin with the Mann-Kendall and Sequential Mann-Kendall tests. *Turkish Journal of Engineering*. <https://doi.org/10.31127/tuje.1145716>

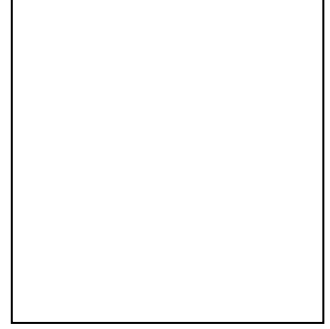
Url-1 <<https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-raporlari.aspx>>, erişim tarihi 10.04.2023

Url-2 <<https://www.tiobe.com/tiobe-index/>>, erişim tarihi 02.05.2023

Url-3 <https://seaborn.pydata.org/examples/scatter_bubbles.html>, erişim tarihi 04.05.2023



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Cihat Sarı

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2022-Günümüz Enerjisa Enerji’de Risk ve Sayısal Analiz Uzmanı olarak çalışmaktadır.
- 2019-2022 Çalık Enerji’de Teklif Mühendisi olarak çalıştı.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- IGRS’23-Trend and Risk Analysis of Maximum Daily Rainfall Data