

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KIZILIRMAK HAVZASINDAKİ BAZI İSTASYONLARA AİT POTANSİYEL
EVAPOTRANSPIRASYON VERİLERİNİN TREND ANALİZİ**

Mustafa SEFER

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**ÇANKIRI
2025**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Mustafa SEFER tarafından hazırlanan “**Kızılırmak Havzasındaki Bazı İstasyonlara Ait Potansiyel Evapotranspirasyon Verilerinin Trend Analizi**” adlı tez çalışması 02/05/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Gülay KARAHAAN

Jüri Üyeleri :

Başkan : Doç. Dr. Gülay KARAHAAN
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İğdır Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ersoy YILMAZ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “**Kızılırmak Havzasındaki Bazı İstasyonlara Ait Potansiyel Evapotranspirasyon Verilerinin Trend Analizi**” konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı”yla tarandığını, “intihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (02/05/2025).

Mustafa SEFER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KIZILIRMAK HAVZASINDAKİ BAZI İSTASYONLARA AİT POTANSİYEL EVAPOTRANSPIRASYON VERİLERİNİN TREND ANALİZİ

Mustafa SEFER

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gülay KARAHAN

Potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerlerindeki eğilimin belirlenmesi, iklim değişikliği, kuraklık ve tarımsal su kaynaklarının yönetimi açısından büyük öneme sahiptir. İklim değişikliğinin özellikle hidrolojik süreçler üzerinde olası etkileri yalnızca yağış ve sıcaklıkta görülen değişimler ile açıklanmakta ancak bu durum yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada Kızılırmak havzasındaki meteoroloji istasyonları (Çankırı, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Niğde, Sivas, Yozgat) için, 1960-2022 yılları arasında hesaplanan mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin trend analizleri değerlendirilmiştir. Mevsimsel ve yıllık PET değerleri R Studio programı 'trendchange' veri tabanı ile hesaplanmıştır. İstasyonlara ait aylık ortalama sıcaklık verilerinde Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testine göre Kastamonu ve Niğde istasyonları dışında diğer istasyonlar homojen olarak bulunmuştur. Thornthwaite metodu ile PET değerleri hesaplanmış ve homojenlik testinde Kayseri, Kırıkkale ve Niğde istasyonlarının homojen olmadığı diğer istasyonların homojen olduğu sonucuna varılmıştır. Mann-Kendall trend yöntemine göre Çankırı, Kastamonu ve Kayseri istasyonlarında anlamlı trend bulunmuştur. Sen's Slope trend yöntemine göre bütün istasyonlarda yaz mevsimi ve yıllık PET değerlerinde %99 güven aralığında artan bir trend olduğu sonucuna varılmıştır (0.12-2.04). Mann-Kendall Mertebe Korelasyon yöntemine göre bütün istasyonlarda yaz mevsimi ve yıllık PET değerlerinde %95 güven aralığında artan trend bulunmuştur. Şen'in Yenilikçi Trend Analiz yöntemine (ITA) göre ise Kırşehir istasyonunda kış mevsimi PET değerlerinde %99 güven aralığında (-0.015) azalan anlamlı trend dışında bütün istasyonlarda tüm mevsimlerde ve yıllık PET değerlerinde %99 güven aralığında (0.021-0.120) artan anlamlı trend bulunmuştur. Sonuçlar, son yıllarda yağışların azalmasına rağmen artan sıcaklıklara bağlı olarak potansiyel evapotranspirasyon değerlerinin artmasının kuraklık şiddetinin artmasında etkili olabileceğini göstermektedir.

2025, 63 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Potansiyel evapotranspirasyon, Run Homojen Testi, Mann-Kendall, Yenilikçi trend analizi, Kızılırmak Havzası

ABSTRACT

Master of Science Thesis

TREND ANALYSIS OF POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION DATA OF SOME STATIONS IN THE KIZILIRMAK BASIN

Mustafa SEFER

Çankırı Karatekin University
Institute of Graduate Education
Department of Landscape Architecture

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Gülay KARAHAN

Determining the trend in potential evapotranspiration (PET) values is of great importance in climate change, drought and management of agricultural water resources. The possible effects of climate change, especially on hydrological processes, are explained only by changes in precipitation and temperature but this is insufficient. In this study, trend analyses of seasonal and annual PET values calculated between 1960-2022 for meteorological stations in the Kızılırmak basin (Çankırı, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Niğde, Sivas, Yozgat) were evaluated. Seasonal and annual PET values were calculated with the R Studio program 'trendchange' database. According to the Run (Swed-Eisenhart) homogeneity test in the average temperature data of the stations, all stations except Kastamonu and Niğde stations were found to be homogeneous. PET values were calculated using the Thornthwaite method, it was concluded that Kayseri, Kırıkkale, and Niğde stations were not homogeneous and the other stations were homogeneous. According to Şen's Innovative Trend Analysis Method (ITA), except for the decreasing significant trend in winter PET values at Kırşehir station with a confidence interval of 99% (-0.015), an increasing considerable trend was found in all stations in all seasons and annual PET values with a confidence interval of 99% (0.021-0.120). The results show that despite the decrease in precipitation in recent years, the increase in potential evapotranspiration values due to increasing temperatures may effectively increase drought severity.

2025, 63 pages

Keywords: Potential evapotranspiration, Run Homogeneous Test, Mann Kendall, Innovative Trend Analysis, Kızılırmak Basin

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Kızılırmak havzasındaki bazı istasyonlara ait potansiyel evapotranspirasyon verilerinin trend analizi” isimli bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez danışmanım Doç. Dr. Gülay KARAHAN’a sabrı, rehberliği ve anlayışı için teşekkür ederim.

Mustafa SEFER

Çankırı, Mayıs 2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER DİZİNİ	v
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
3. MATERYAL VE METOT	10
3.1 Materyal.....	10
3.2 Metot	12
3.2.1 Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi.....	12
3.2.2 Thorntwaite metodu ile PET hesabı	13
3.2.3 Mann-Kendall testi	14
3.2.4 Sen's Slope (1968) testi	12
3.2.5 Mann-Kendall mertebe korelasyon testi	12
3.2.6 Şen'in yenilikçi trend analizi yöntemi	12
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	21
4.1 İstasyon PET değerlerine ait Tanımsal İstatistikler	21
4.2 Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi.....	24
4.3 Mann-Kendall testi	26
4.4 Sen's Slope (1968) testi	27
4.5 Mann-Kendall mertebe korelasyon testi.....	30
4.6 Şen'in yenilikçi trend analizi yöntemi.....	38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	52
EKLER	62

SİMGELER DİZİNİ

E_{tp}	Aylık potansiyel evapotranspirasyon (mm)
t	Aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}C$)
I	Yıllık sıcaklık indeksi
G	Enlem düzeltme katsayısı
N	Veri sayısı
r	Run (değişim) sayısı
N_a	Orta seviye altı veri
N_u	Üst seviye veri
p-value	Testin anlamlı olup olmadığı belirler
z	Test istatistiği
S	Serinin artan veya azalan trendi
t_i	Eşsiz değer sayısı
τ	Kendall'ın korelasyon katsayısı
H_0	Hipotez
H_A	Alternatif hipotez
d_k	Eğim
x	Değişken
x_i	Her bir veri noktası
n	Veri sayısı
$E(t)$	Test istatistiklerinin ortalaması
$u(t)$	İlk seri
$u'(t)$	İkinci seri
σ_s	Standart sapma

KISALTMALAR DİZİNİ

IDW	Inverse distance weighting
ITA	Yenilikçi Şen'in trend analizi
MGM	Meteoroloji genel müdürlüğü
MK	Mann-Kendall
MKMK	Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi
PET	Potansiyel evapotranspirasyon
SPEI	Standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indisi
T	Thornwaite



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Kızılırmak Havzası gelecek dönemdeki yıllık toplam PET projeksiyonları (Anonim 2023)	9
Şekil 3.1 Kızılırmak HavzasınınTürkiye’deki konumu (Anonim 2024)	10
Şekil 3.2 Kızılırmak Havzası hidrolojik alt havzaları (Anonim 2023)	11
Şekil 3.3 Kızılırmak Havzası istasyon konumları (Orjinal 2024).....	11
Şekil 3.4 ITA metodunun grafiksel anlatımı (Şen 2012)	19
Şekil 3.5 Kızılırmak Havzası istasyonlarına ait mevsimlik PET dağılımı	26
Şekil 3.6 Kızılırmak Havzası istasyonlarına ait yıllık PET dağılımı	26
Şekil 4.1 Çankırı istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri	30
Şekil 4.2 Kastamonu istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri.....	31
Şekil 4.3 Kayseri istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri	32
Şekil 4.4 Kırıkkale istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri.....	33
Şekil 4.5 Kırşehir istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri.....	34
Şekil 4.6 Nevşehir istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri	35
Şekil 4.7 Sivas istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri	36
Şekil 4.8 Yozgat istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri	37
Şekil 4.9 Çankırı istasyonu PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri.....	39
Şekil 4.10 Kastamonu istasyonu PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri....	40
Şekil 4.11 Kayseri istasyonu PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri	41
Şekil 4.12 Kırıkkale istasyonu PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri.....	42
Şekil 4.13 Kırşehir istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri .	43
Şekil 4.14 Nevşehir istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri	44
Şekil 4.15 Sivas istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri	45
Şekil 4.16 Yozgat istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri...	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1	Sıcaklık tabanlı farklı PET tahmin modelleri (Xiang vd. 2020).....	4
Çizelge 3.1	Kızılırmak Havzası hidrolojik alt havzaları (Anonim 2023) ve havzada bulunan illere ait meteoroloji istasyonu bilgileri (MGM 2024)	12
Çizelge 4.1	Çankırı ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri ...	21
Çizelge 4.2	Kastamonu ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri	21
Çizelge 4.3	Kayseri ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri ...	21
Çizelge 4.4	Kırıkkale ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri	22
Çizelge 4.5	Kırşehir ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri ..	22
Çizelge 4.6	Nevşehir ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri	22
Çizelge 4.7	Niğde ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri	22
Çizelge 4.8	Sivas ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri	23
Çizelge 4.9	Yozgat ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri	23
Çizelge 4.10	Çalışma alanı istasyonlarına ait Run Homojenlik testi	24
Çizelge 4.11	Çalışma alanı istasyonlarına ait Mann-Kendall	26
Çizelge 4.12	Çalışma alanı istasyonlarına ait Sen Slope	27
Çizelge 4.13	Çalışma alanı istasyonlarına ait ITA eğilim sonuçları	47

1. GİRİŞ

İklim değişikliğinin tarım, hidroloji ve ekosistem gibi doğal sistemlerin farklı unsurları üzerinde oldukça önemli etkileri bulunmaktadır. IPCC (2023)'ye göre iklim değişikliğinden kaynaklanan risklerin, öngörülen olumsuz etkilerin, kayıp ve zararların küresel ısınmanın artışıyla birlikte büyüdüğü, iklimsel risklerin iklim dışı risklerle giderek daha fazla etkileşime girmesiyle daha karmaşık ve yönetilmesi zor bileşik ve kademeli risklerin oluşacağı bildirilmiştir. İklim parametrelerindeki değişikliklerin hidrolojik döngü ve su kaynakları üzerindeki etkileri nedeniyle sıcaklık, yağış ve buharlaşma gibi değişkenler kullanılarak, iklim değişikliği eğilimlerini tespit etmeyi konu alan çalışmalara olan ilgi giderek artmaktadır. Ancak, son çalışmalar çoğunlukla sıcaklık ve yağıştaki uzun süreli değişikliklerin tahmini üzerine odaklanırken buharlaşma ve terleme (evapotranspirasyon) daha az ilgi görmektedir. Buharlaşma ve terleme karasal ekosistemlerle atmosfer arasındaki enerji ve kütle alışverişini kontrol eden, güneş ışığı, sıcaklık, rüzgar ve atmosferik nem gibi çeşitli iklim değişkenleri tarafından yönetilen önemli bir iklim faktörüdür (Shenbin *et al.* 2006).

Evapotranspirasyon (ET), toprak ve su yüzeyinden (evaporasyon) ve bitki yüzeyinden (transpirasyon) terleme sonucu oluşan buharlaşma ile kaybedilen su miktarıdır (Katul *et al.* 2012, Şarlak ve Bağçacı 2020). Evapotranspirasyonun iki bileşeni olan buharlaşma (E) ve terlemeyi (T) kontrol eden faktörleri değerlendirmek, yalnızca su bütçesi hakkındaki bilgimizi geliştirmekle kalmaz, aynı zamanda bitki su kullanım mekanizması ve verimliliği hakkındaki anlayışımızı da geliştirerek su ve karbon/besin döngülerinin birleştirilmesinin yorumlanmasındaki belirsizlikleri azaltabilir (Austin *et al.* 2004).

Potansiyel evapotranspirasyon (PET) ise, hidroloji, iklim, tarım ve diğer birçok ilgili alanda yaygın olarak kullanılan önemli bir kavramdır (Tu and Yang 2022). Nehirler, kanallar ve açık su alanlarından ve bitki yüzeyinden toplam buharlaşma ET olarak tanımlanır. Ancak toprakta maksimum nem koşulu mevcut olduğunda bu tanım potansiyel ET (PET) olarak ifade edilir (Madhu *et al.* 2015).

Tu and Yang (2022)'de belirtildiğine göre; aslında PET tanımı oldukça basittir ve sınırsız su koşulunda meydana gelen buharlaşmayı ifade etmektedir. Ancak, PET'in fiziksel olarak tanımlanmasında bazı kavramsal zorluklarla karşılaşıldığından araştırmacılar tarafından farklı tanımlamalar önerilmiştir (Allen *et al.* 1998, Brutsaert 1982, 2015, Granger 1989, Lhomme 1997, Thornthwaite 1948). Kavramsal olarak tanımlanmasındaki problemin genellikle 2 kaynağı mevcuttur. Bunlar; (1) referans ürün olarak dikkate alınan alttaki yüzeyin özelliği (Penman 1948, Allen *et al.* 1998, Penman 1963) ve (2) referans sisteminin mekansal kapsamı olmuştur (Brutsaert 1982, Penman 1963, Priestley and Taylor 1972, Shuttleworth 1993, Gentine *et al.* 2011, Morton 1983, Pettijohn and Salvucci 2009).

PET, atmosferik buharlaşmanın bir ölçüsü olarak düşünülebilir ve güneş radyasyonu, rüzgar hızı, hava sıcaklığı, atmosferik buhar basıncı ve nem gibi çeşitli meteorolojik parametrelerin birleşik etkisinin bir ölçüsüdür. Havza ekosistemlerinin enerji dengesinde de önemli bir rol oynayan PET değerleri, bu iklim parametrelerinden etkilenir. Bu nedenle, iklim değişikliğinin PET değeri üzerindeki değişimlerin incelenmesi büyük öneme sahiptir (Katipoğlu 2022). PET değerlerindeki değişimler ise toprak nem dinamikleri, yeraltı suyu beslemesi ve akış üretimi gibi birçok hidrolojik süreci etkileyebilmektedir (Dinpashoh *et al.* 2019).

PET, özellikle kuraklık konusunda yeterli yağışın olmadığı alanların değerlendirilmesi amacıyla kullanılan önemli bir değişkendir. PET'in gerçek evapotranspirasyondan (ETa) ayırt edilmesi için, "potansiyel evapotranspirasyon" terimi ilk olarak Thornthwaite (1948) tarafından ABD'deki eyaletler için yağış ve su tüketimi incelendikten sonra ortaya atılmıştır. İlk olarak yaklaşık 70 yıl önce iklim sınıflandırması için tanıtıldığından beri, PET kavramı meteoroloji, hidroloji, tarım, ekoloji vb. alanlardaki çalışmalarda yaygın olarak kullanılmıştır (Maes *et al.* 2019; Milly and Dunne 2016, Scheff and Frierson 2014, Schellekens *et al.* 2017, Sheffield *et al.* 2012, Vicente-Serrano *et al.* 2013, Wang and Dickinson 2012).

PET ile ilgili çalışmalar önceden meteoroloji ve hidroloji alanlarında yapılmış ancak daha sonra bitki su tüketimi ve tarımsal sulama planları gibi alanlarda uygulanmaya

başlanmıştır (Yao *et al.* 2020). Tarımsal sulama ihtiyacının planlanmasında ve bitki su gereksinimlerinin hesaplanmasında önemli adımlardan biri olan PET tahmini, mevcut ve gelecekteki iklim koşullarında özellikle tarımsal alanlarda su tüketimi için ekonomik bir öneme sahiptir (Dinpashoh *et al.* 2019). Bu nedenle, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde su kaynaklarının yönetimi için potansiyel buharlaşma-terleme eğilimlerinin iyi anlaşılması çok önemlidir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin 2. büyük havzası olan Kızılırmak Havzası içinde yer alan 10 farklı istasyonda 1960-2022 yılları arasında potansiyel evapotranspirasyon (PET) eğilimlerini tespit etmektir. Bunun için istasyonlara ait ortalama aylık sıcaklık verileri kullanılarak Thornthwaite yöntemi ile elde edilen potansiyel evapotranspirasyon değerlerinde Mann-Kendall, Sen'in Eğimi, Mann-Kendal Korelasyon ve Şen'in Yenilikçi trend yöntemleri ile PET trend analizleri yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Evapotranspirasyonun çeşitli ampirik modellerle tahmin edildiği çalışmalar mevcuttur. Blaney-Criddle (1962), Penman (1948), standardize edilmiş Penman-Monteith (ASCE) Allen *et al.* (2005), Priestley Taylor (1972), Thornthwaite (1948) ve Hargreaves-Samani (1985) en yaygın kullanılan ampirik modellerdir. Ayrıca, her biri farklı bir ET modeli kategorisinde olan 50'den fazla PET yöntemi veya modeli bulunmaktadır. Bu modeller arasında en yaygın kullanılan modellerden Thornthwaite (1948) modeli sıcaklık tabanlıdır (Çizelge 1.1), Priestley and Taylor (1972) modeli radyasyon tabanlı bir model ve Penman-Monteith modeli (Monteith 1965) ise bir kombinasyon denklemdir.

Çizelge 1.1 Sıcaklık tabanlı farklı PET tahmin modelleri (Xiang *et al.* 2020)

YAZAR	DENKLEM	ZAMAN ÖLÇEĞİ
Thornthwaite (1948)	$ET_p = 16N_m[(10T_m)^{a_1}]$	Aylık
Blaney-Criddle (1950)	$ET_p = a_2 + b(0.46T_a + 8.13)(1 + 0.0001Z)$	Aylık
McCloud (1955)	$ET_p = 0.254 \times 1.07^{1.8T_a}$	Günlük
Hamon (1960)	$ET_p = 0.55N^2P_t$	Günlük/Aylık
Romanenko (1961)	$ET_p = 0.0018(25 + T_a)^2(100 - RH)$	Günlük
Baier-Robertson (1965)	$ET_p = 0.157T_{max} + 0.158T_d + 0.109R_a - 5.39$	Günlük
Schendel (1967)	$ET_p = (16T_a)/RH$	Günlük
Szász (1973)	$ET_p = 0.00536(T_a + 21)^2(1 + RH)^{2/3}(0.519u_2 + 0.905)$	Aylık
Hargreaves (1975)	$ET_p = 0.0135R_s(T_a + 17.8)$	Günlük/Aylık

T_m : aylık ortalama sıcaklık, °C; RH_{min} minimum bağıl nem, %; N_m : aylık güneşlenme süresi, saat; n : gerçek güneşlenme süresi, saat; N : mümkün olan maksimum güneşlenme süresi veya gün ışığı saati, saat; P_t : ortalama sıcaklıkta doymuş buhar konsantrasyonu, $kPa \cdot ^\circ C^{-1}$; $T_a = 0,5 (T_{max} + T_{min})$, T_{max} : maksimum hava sıcaklığı, °C; T_{min} : minimum hava sıcaklığı, °C; $T_d = T_{max} - T_{min}$, °C; R_a : dünya dışı radyasyon, $MJm^{-2}day^{-1}$; u_2 : 2 m yükseklikte rüzgar hızı, ms^{-1} ; Z : yükseklik, m.

Kumar *et al.* (1987), Hindistan'da potansiyel ET'yi hesaplamak için Thornthwaite ve Penman yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Penman yönteminin Hindistan'daki ortalama yıllık potansiyel buharlaşma-terleme dağılımını tahmin etmede daha gerçekçi görüldüğünü kaydetmişlerdir. Ayrıca, Penman'ın potansiyel buharlaşma-terleme tahminlerinin kış ve muson öncesi aylarda Thornthwaite'in tahminlerinden daha yüksek, muson aylarında ise Hindistan'daki istasyonların çoğunda daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Pandey and Pandey (2013) ise Mann-Kendall ve Sen eğim testleri ile Orta Hindistan Tons Nehri Havzasında bulunan üç istasyon verileri ile aylık, yıllık ve mevsimlik PET değerleri trendlerini hesaplamışlardır. Aylık PET değerlerinin aksine, yıllık ve mevsimsel değerlerde önemli ölçüde azalan trend kaydetmişlerdir.

Pereira and De Camargo (1989), Thornthwaite'in potansiyel buharlaşmayı tahmin etme yaklaşımını incelemiş ve uygunluğuna yönelik eleştirilerin bir analizini yapmışlardır. Thornthwaite'in yönteminin advectif koşullarda ET'yi tahmin etmek için uygun olmadığını ancak potansiyel oran koşulunu elde etmek için gereken özen gösterildiğinde bu yöntemin güvenilir olduğunu kaydetmişlerdir. Thornthwaite'in önerisini doğrulamak için çeşitli örnekler kullanmışlar ve sulama planlaması, iklimsel sınıflandırma ve ürün açısından bu yöntemin kullanılabilceği sonucuna varmışlardır.

Espadafor *et al.* (2011), temel iklim değişkeni verileri ile Penman-Monteith, Hargreaves, Blaney-Criddle, Radyasyon ve Priestley-Taylor yöntemlerini kullanarak PET verilerini elde etmişler ve bu verilerle yıllık ve mevsimsel trendleri belirlemek için parametrik olmayan Mann-Kendall testini kullanmışlardır. Test sonucuna göre PET değerlerinde pozitif yönde bir trend bildirmişlerdir.

Shadmani *et al.* (2012), Mann-Kendall (MK) ve Spearman's Rho (SR) testlerini kullanarak İran'ın kurak bölgelerinden seçilen 11 istasyona ait PET verileri ile aylık, mevsimlik ve yıllık eğilimleri belirlemişler ve istasyonlarda artan ve azalan yönde trenler kaydetmişlerdir.

Bautista *et al.* (2009), farklı alanlarda Thornthwaite yöntemini kullanarak PET değerlerini tahmin etmişler ve her iki araştırma sahasında da yağmurlu aylarda iyi sonuç alındığını ancak, kurak aylar için Thornthwaite yöntemi için, katsayısının 16 olarak ayarlanarak kullanılmasını önermişlerdir.

Vicente-Serrano *et al.* (2014), 1961-2011 yılları arasında İspanya'dan 46 istasyon verilerini kullanarak PET değerlerindeki değişimleri incelemişlerdir. Kullandıkları

yöntemlerle PET değerlerinde artan trend olduğunu ve daha fazla veri gerektiren Priestley–Taylor, Papadakis, FAO–Blaney–Criddle metotlarının, Thornthwaite ve Hargreaves metotlarından daha iyi sonuç verdiğini kaydetmişlerdir.

Moratiel *et al.* (2011) ise, İspanya’da Duero Nehir Havzasında 1980–2009 yılları arasında ölçülen veriler ile yaptıkları çalışmada Mann-Kendall ve Penman-Monteith eşitliklerini kullanmış, havzada 50 yıl içerisinde evapotranspirasyon değerlerinde %5 ile %11 arasında artış olacağı sonucuna varmışlardır.

Jerin *et al.* (2021), zamansal ve mekansal PET değişimlerini analiz etmek için Bangladeş’teki 18 gözlem istasyonu verilerini kullanmışlardır. Sıcaklıklarda görülen artışlara karşı PET değerlerinde kaydettikleri azalmayı güneşlenme süresinde ve rüzgâr hızında kaydedilen azalmaya bağlamışlardır.

Terzi ve İlker (2020), Kızılırmak Havzası’nda Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Yozgat, Kırıkkale, Çankırı ve Kastamonu istasyonlarının 1980-2017 yılları arasındaki sıcaklıkların trend analizini Mann-Kendall ve Sen’in eğim yöntemiyle belirlemiştir. İstasyonlara ait yıllık verilerde anlamlı artış olduğu gözlenmiş, aylık olarak özellikle ağustos ayında trend gözlendiğini belirtmişlerdir.

Arslan (2017), Niğde ili PET değerleri trend analizi için Coutagne ve Turc yöntemleriyle Mann Kendall Mertebe Korelasyon (MKMK) testini kullanmıştır. Coutagne ve Turc yöntemleri ile elde edilen PET değerlerinde anlamlı bir eğim görülmediğini kaydetmişlerdir.

Shahidian *et al.* (2022), 1970-2020 yılları arasında Çin’de 56 istasyon verileri ile PET ve net radyasyon, rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, buhar basıncı, bağıl nemdeki trendler için MK testini kullanmışlar, farklı mevsimlere ait PET değerlerinin yaklaşık %58 ile %73’ünde pozitif eğilim kaydetmişlerdir. Bu istasyonlarda atmosferik buhar basıncı açığının etkili faktör olurken, PET’lerde azalan eğilime sahip istasyonlar için rüzgâr hızı ve net radyasyonun belirleyici faktör olduğunu bildirmişlerdir.

Katipoğlu (2022), Dicle havzasında bulunan Batman, Diyarbakır, Hakkari ve Cizre meteoroloji istasyonlarının 1964-2017 arasındaki verilerin PET değerlerinden trend analizi yapmıştır. PET hesaplanmasında Thornthwaite yöntemi, trend analizlerinde ise Mann-Kendall Mertebe Korelasyonu (MKMK) ve Yenilikçi Trend Analizi (Innovative Trend Analysis, ITA) metotları kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında MKMK trend değişim yıllarında, ITA ise farklı değer aralıklarındaki trend analizinde etkili bulunmuştur.

Yılmaz *et al.* (2011), Doğu Karadeniz Bölgesi Meteorolojik Parametrelerinin Trend Analizi adlı çalışmada Giresun, Trabzon, Rize, Artvin, Gümüşhane ve Bayburt istasyonlarının 1960-2016 yılları arasındaki sıcaklık, rüzgar, buharlaşma ve yağmur verilerini kullanmışlardır. Çalışmada, Modifiye Mann-Kendall ve LT parametrik yöntemi ile trend analizi yapılmış ve yöntemlerin benzer sonuçlar verdiği, yıllık bazda ve yağış ve sıcaklık değerlerinde artan trend olduğu kaydedilmiştir.

Topçu ve Güvel (2022), küresel ısınmaya bağlı sıcaklık artışının PET üzerindeki etkisinin 1960-2016 periyodu boyunca Kars ilindeki 8 istasyon için incelemişlerdir. Mann-Kendall ve Sen'in eğim yöntemiyle trend analizi yapmış ve PET değerlerinde özellikle 2008-2009 yıllarından sonra sıcaklıklara bağlı olarak artış gözlendiği bildirilmiştir.

Eroğlu (2022), Trakya Yarımadası'nın mevsimlik, altı aylık ve yıllık ortalama sıcaklıklarında ve ortalama minimum ve maksimum sıcaklıklardaki trendleri hesaplamıştır. 13 istasyondaki 40 yıldan fazla gözlem verileri kullanarak Mann-Kendall, Kendall's Tau ve Sen'in trend eğim testlerini (Sen,1968) uygulamıştır. Trakya Yarımadası'nda ortalama hava sıcaklıklarında mevsimlik, aylık ve yıllık ölçümlerde küresel ısınmanın etkisiyle önemli bir artış eğiliminin olduğunu kaydetmiştir.

Sarıöz (2023), Marmara Havzasında 15 istasyona ait uzun ve kısa yıl verileri ile iklim değişikliğinin sıcaklık verileri üzerindeki etkisini trend yöntemiyle araştırılmıştır. Mann-Kendall ve Spearman Rho, Yenilikçi Üçgen Trend Analizi (ITTA) ve Trend Poligon Yıldız Metodu (TPSCM) kullanılmış, ITTA ve TPSCM yöntemlerinin Mann-

Kendall ve Spearman Rho yöntemlerine göre daha detaylı sonuçlar verdiğini ancak sıcaklık verilerinin artış trendinde karşılık nem oranında azalış olduğunu gözlemlemiştir.

Cuma (2024), Sakarya Havzasında bulunan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 17 istasyona ait 1991-2022 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama yağış ve aylık ortalama nem verileri kullanmıştır. Tez çalışmasında Serisel Korelasyon, Pre-Whitenendy, Pearson Korelasyon Katsayısı, Mann-Kendall, Sen's Slope yöntemi, Spearman's Rho yöntemi ve Kesişen Deneysel Trend Analizi (CETA) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda sıcaklık, yağış ve nemde bazı istasyonlarda artan trend olduğu bazı istasyonlarda trend olmadığı gözlemlenmiştir.

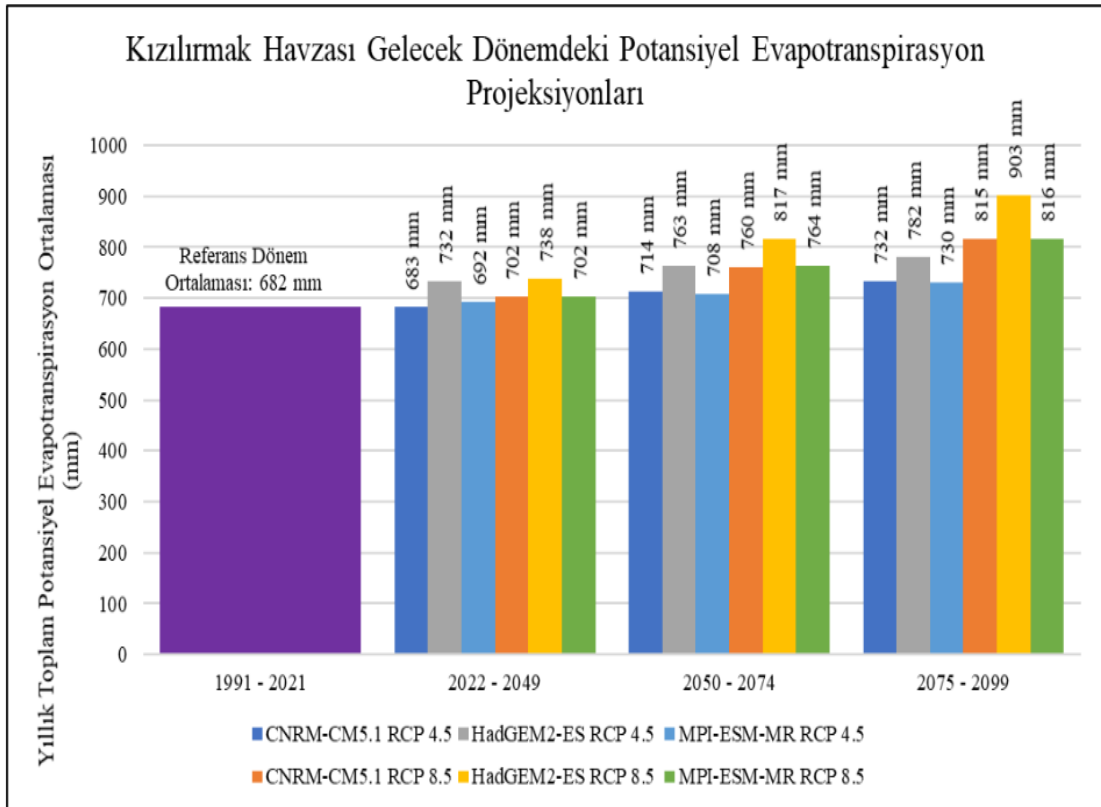
Ayousef (2024), Doğu Karadeniz Havzasında Meteorolojik kuraklığın PET değerlerine etkilerini Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 9 istasyonun 1965-2019 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış verileri kullanmıştır. Çalışmada PET için Thornthwaite, Hargreaves, Penman-Monteith ve Blaney -Criddle modeli, kuraklık için Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ve Keşif Kuraklık İndeksi (KKİ), trend analizleri için Mann-Kendall, Spearman Rho Yöntemi ve Seri Korelasyon Testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kuraklık riski bulunmadığı, indis değerlerinde aşırı yağış kuraklık sınıfının artacağı ve artan yağışlardan kaynaklı doğal afetlerin artacağı gözlemlenmiştir.

Uncu (2023), Aras ve Çoruh Havzasında bulunan 12 istasyonun 1969-2021 yılları arasında ölçülen sıcaklık ve yağış verileri ile standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) ve potansiyel evapotranspirasyon verisini kullanarak meteorolojik kuraklık analizi değerlendirilmesi yapmış ve trend analizi için ITA yöntemi uygulamıştır. Bazı istasyonlarda kuraklık oluşumunun %50'den büyük olduğu belirlemiş, özellikle bazı istasyonlarda negatif indis değerlerindeki azalma trendinin bölgede kuraklık riskini artıracağını kaydetmiştir.

Kartal *et al.* (2024), Kızılırmak havzasında bulunan çalışma istasyonlarını kapsayan 8 meteoroloji istasyonundan 1970-2023 yılları arasında elde edilen sıcaklık ve toplam yağış ve buharlaşma değerleri ile Mann Kendall ve Spearman Rho testlerini kullanılarak yıllık trend analizleri yapmışlardır. Yıllık buharlaşma sonuçlarına göre Sivas, Kayseri,

Nevşehir, Kırşehir, Yozgat, Kırıkkale ve Çankırı'da anlamlı olmayan artışlar gözlenirken, sadece Kastamonu'da anlamlı olmayan bir azalış olduğunu kaydetmişlerdir.

Anonim (2023)'e göre Kızılırmak Havzası genelinde 1991-2021 referans dönemi yıllık toplam potansiyel evapotranspirasyon ortalaması değeri 682 mm iken iklim projeksiyonlarına göre 2021-2049 döneminde sera gazı emisyon (HadGEM2-ES RCP 8.5) senaryosu altında 2021-2049 döneminde yaklaşık %8,2 artarak 738 mm ulaşması öngörülmektedir. Potansiyel evapotranspirasyonlarda genel olarak tüm senaryolarda artış trendi dikkat çekmekte, 2075-2099 döneminde HadGEM2- ES RCP 8.5 senaryosu altında potansiyel evapotranspirasyon, 1991-2021 referans dönemine göre %32,3 artarak 903 mm seviyesine ulaşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Kızılırmak Havzası gelecek dönemdeki yıllık toplam PET projeksiyonları (Anonim 2023)

3. MATERYAL VE METOT

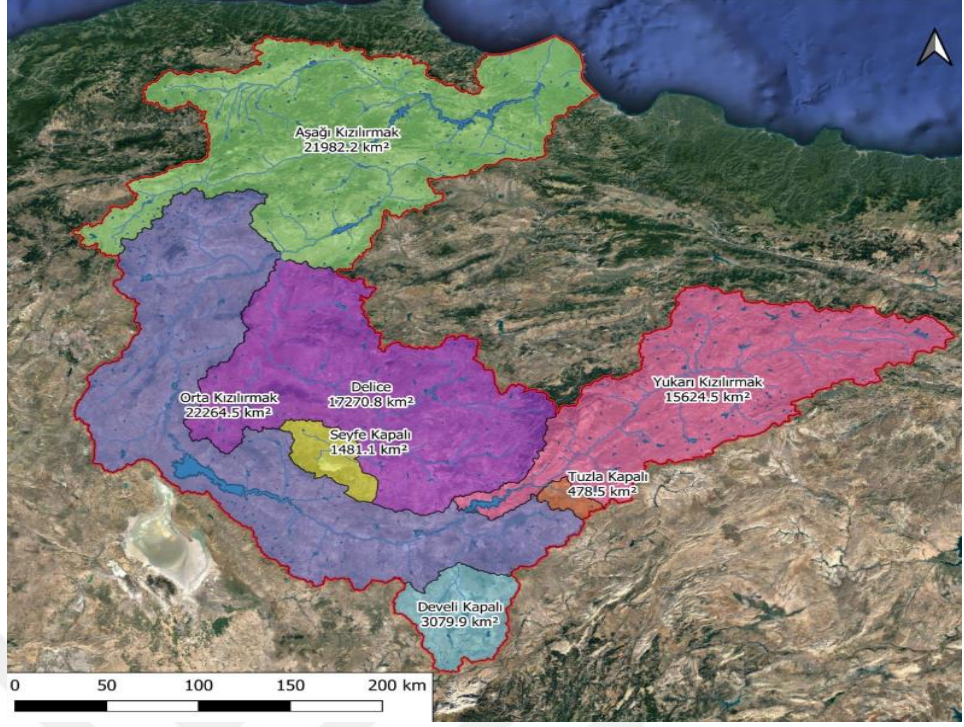
3.1 Materyal

Türkiye'nin 25 hidrolojik havzasından biri olan Kızılırmak Havzası, 2. büyük havzamız olarak İç Anadolu'nun Doğusunda bulunur ve Karadeniz, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesinin bir bölümünü kapsayarak 37°56'– 41°44' kuzey enlemleri ile 32°48'–38°24' doğu boylamları arasında yer alır. Açık bir havza olan Kızılırmak Havzası, doğuda Yeşilirmak, batıda Batı Karadeniz ve Sakarya, güneyde Seyhan, güneybatıda Konya Kapalı Havzası, güneydoğuda Fırat ve kuzeyde ise Karadeniz Havzaları ile çevrilmiştir (Şekil 3.1). Türkiye sınırları içerisinde doğan ve Türkiye sınırları içerisinde denize dökülen en uzun akarsu olma özelliğini taşıyan ve 1,151 km'lik uzunluğa sahip olan Kızılırmak Nehri, 82,182 km²'lik bir havzanın sularını Karadeniz'e boşaltmaktadır (Anonim 2023).

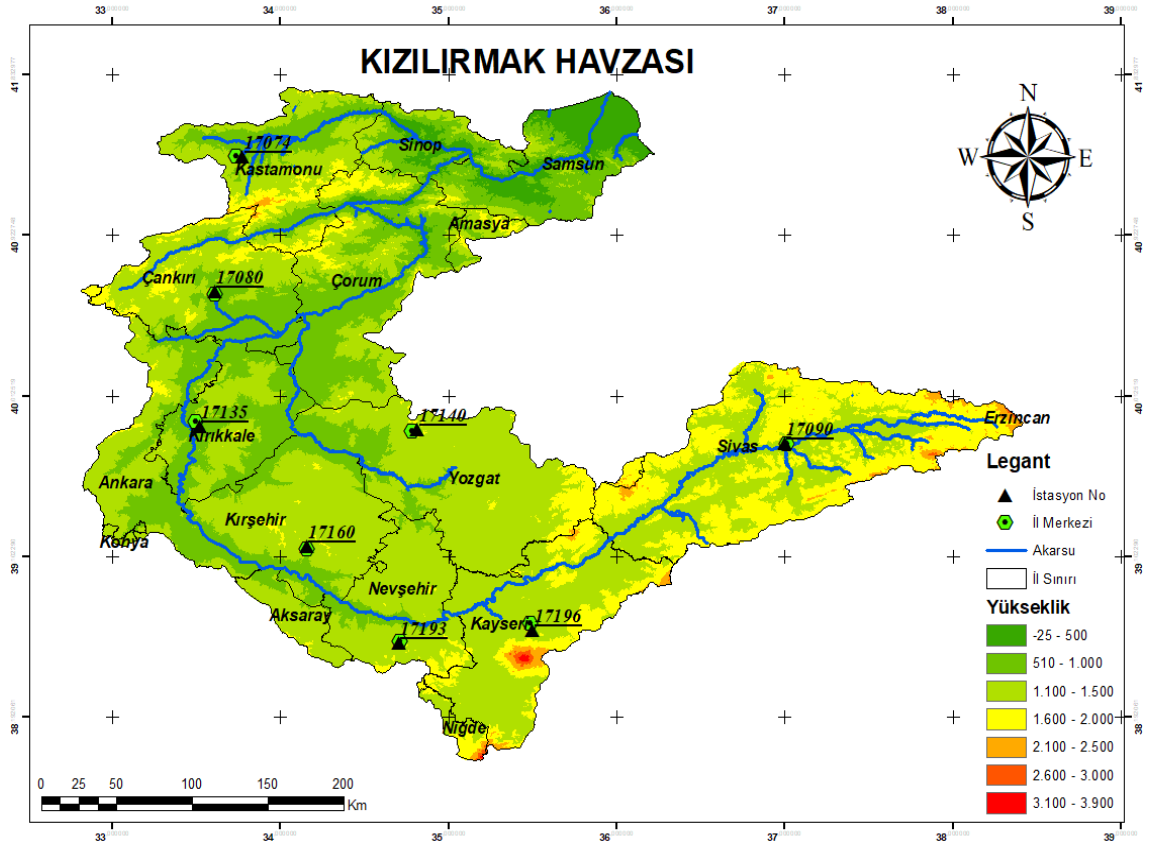


Şekil 3.1 Kızılırmak Havzasının Türkiye'deki konumu (Anonim 2024)

Kızılırmak Havzası iklim, akım karakteristikleri, yer şekilleri, su yapıları, kapalı havza olma ve jeolojik durumu göz önüne alınarak 3'ü kapalı havza olmak üzere 7 adet alt havzaya ayrılmıştır. Bu alt havzalarda (Şekil 3.2) belirlenen illere ait meteoroloji istasyonlarından 1960-2022 yılları arasına ait iklim parametre verileri alınmıştır. Kızılırmak Havzasında istasyon konumları Şekil 3.3'te, seçilen istasyonlara ait bilgiler ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Kızılırmak Havzası hidrolojik alt havzaları (Anonim 2023)



Şekil 3.3 Kızılırmak Havzası istasyon konumları (Orjinal 2024)

Çizelge 3.1 Kızılırmak Havzası hidrolojik alt havzaları (Anonim 2023) ve havzada bulunan illere ait meteoroloji istasyon bilgileri (MGM 2024)

HAVZA ADI	İSTASYON ADI	İSTASYON NO	ENLEM	BOYLAM	RAKIM (m)
Orta	Çankırı	17080	40,6086	33,6102	755
Aşağı Kızılırmak	Kastamonu	17074	41,371	33,7756	800
Orta	Kayseri	17196	38,687	35,5	1094
Orta	Kırıkkale	17135	39,8433	33,5181	751
Orta	Kırşehir	17160	39,1639	34,1561	1007
Orta	Nevşehir	17193	38,6163	34,7025	1260
Develi	Niğde	17250	37,9587	34,6795	1211
Yukarı Kızılırmak	Sivas	17090	39,7437	37,002	1294
Delice	Yozgat	17140	38,8205	34,8159	1301

3.2 Yöntem

Kızılırmak havzasında belirlenen istasyonlardan alınan sıcaklık verilerinde homojenlik değerlendirmesi için Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi uygulanmıştır. Daha sonra PET değerlerinin hesaplanmasında Thornthwaite metodu kullanılmıştır. PET değerlerinde trendler ve eğimleri tespit etmek için parametrik olmayan Mann-Kendall (MK), Sen's Slope yaklaşımı, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon (MKMK) testleri ile Şen'in Yenilikçi Trend Analiz yöntemleri kullanılmıştır.

3.2.1 Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi

Run (Swed-Eisenhart) testi, zaman serilerinde verilerin homojenliğini test etmek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Bu test ile verinin aynı toplumdandan geldiği ve birbirinden bağımsız olduğu kabulü veya tersi şeklindeki iki varsayım kontrol edilebilir (Oliver 1981). Bu testte veriler için; H_0 : Veriler homojendir ve H_1 : Veriler homojen değildir şeklinde bazı varsayımlar yapılır.

Veriler belirli bir seviyeden kesilerek alınabilir. Serideki her bir değer bu seviyenin altında veya üstünde olması durumları tespit edilir. Orta değer altında veya üstünde

seyreden verilerden birinden diğerine geçiş sayıları toplamına ise run sayısı denir. Bu testte arzu edilen değer serideki verilerin sürekli olarak orta değer altında ve üstünde seyretmesidir. Eğer uzun süre altında veya üstünde seyrediyorsa run sayısı küçüktür. Bu tür serilerde homojenlik olmayabilir. Veriler için homojenlik değeri z değerinin formülü ile hesaplanır (Denklem 1). Elde edilen z değerinin sonucuna göre serinin homojen olup olmadığına karar verilir.

$$Z = \frac{r - \frac{2 \cdot Na \cdot Nu}{Na + Nu} + 1}{\sqrt{\frac{2 \cdot Na \cdot Nu (2 \cdot Na \cdot Nu - N)}{N^2 (N - 1)}}} \quad (1)$$

Denklemde, Z test sonucu, N veri sayısı, r run (değişim) sayısı, Na orta seviye altında olanlar sayısı, Nu üstte olan değerler sayısı olmak üzere; elde edilen Z = değeri ± 1.96 arasında ise % 95 güven aralığında, ± 2.54 aralığında ise % 90 güven aralığında verilerin rastgele (homojen) dağıldığı kabul edilir (Toros 1993).

3.2.2 Thornthwaite metodu ile PET hesabı

Thornthwaite and Holzman (1941), nemin evapotranspirasyonu engellemediği bütün zamanlarda, toprak yeterli nem sağlandığında oluşan evapotranspirasyonu tanımlamak için “potansiyel evapotranspirasyon” terimini kullanmıştır. Thornthwaite (1948), yalnızca günlük ortalama sıcaklık ve enlem temelinde hesaplanan maksimum güneş ışığı süresine dayalı olarak PET'i tahmin etmek için bir yöntem önermiştir. Yöntem güçlü fiziksel ve matematiksel ilkelere bağlı olmadığı için dünya çapında yaygın olarak kabul görmüş ve potansiyel buharlaşmayı tahmin etmek içinde yaygın olarak kullanılmıştır. Ortiz-Gómez *et al.* (2022), Kuzey Orta Meksika'da yarı kurak bölgelerde 14 meteorolojik istasyon verileri ile sekiz farklı buharlaşma ve transpirasyon modelini karşılaştırmışlar ve PET değerleri hesaplanmasında Thornthwaite metodunun kuraklık olaylarını daha iyi tahmin ettiğini bildirmişlerdir.

Thornthwaite yöntemi, su kaynağının sınırlayıcı olmadığı koşullarda bitkilerin su kullanımını öngörerek Potansiyel Evapotranspirasyon (PET) kavramına dayanmaktadır. Yağış ve yeraltı sularınca sürekli olarak ve yeterince beslendiği kabul edilen zemin ve

bitki örtüsünün, atmosfere bıraktığı su miktarı olarak tanımlanan aylık potansiyel evapotranspirasyon (E_{tp}), Denklem 2-5 yardımı ile bulunur.

$$E_{tp} = 16 * \left(\frac{10*t}{I}\right)^2 * G \quad (2)$$

E_{tp} : Aylık potansiyel evapotranspirasyon (mm), t : Aylık ortalama sıcaklık (°C), I : Yıllık sıcaklık indeksi, G : Enlem düzeltme katsayısı (Ek 1).

$$a = 6.7510 * 10^{-7} * I^3 - 7.7110 * 10^{-5} * I^2 + 1.791210 * 10^{-2} * I + 0.49239 \quad (3)$$

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \quad (4)$$

$$I = \sum_I^{12} i \quad (5)$$

Aylık evapotranspirasyonun hesaplanması sırasında kullanılan Enlem Düzeltme Katsayısı (G), ortalama güneşlenme süresine göre hazırlanmış bir değer olup, Thornthwaite tarafından tablo halinde yayınlanmıştır.

3.2.3 Mann-Kendall Testi

Mann Kendall testi kullanım ağının geniş olması, hızlı ve pratik sonuç vermesi nedeni ile parametrik olmayan iklim verilerinin hidroklimatolojik özelliklerini açıklamak için kullanılan (Burn *et al.* 2002), meteorolojik ve hidrolojik zaman serilerindeki eğilimleri ve ani değişiklikleri tespit eder. Doğrusal regresyonla karşılaştırıldığında, Mann-Kendall (MK) yönteminin istatistiksel testi tamamlamak için belirli bir dağılımı karşılama gereksinimi yoktur, aykırı değerler tarafından daha az bozulur. Bu nedenle, normal dağılım testi kullanan yöntemlerde göre daha fazla uygulanabilir olduğu kaydedilmiştir (Gao *et al.* 2022, Wang *et al.* 2018). Yağış, akış ve sıcaklık gibi hidroklimatik değişkenlerde istatistiksel olarak anlamlılığın parametrik olmayan MK testleri ile değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur (Kumar *et al.* 2023; Verma *et al.* 2023a, 2023b, 2023c). Özellikle çevresel zaman serileri (örneğin, sıcaklık değişimleri,

yağış miktarı, su kalitesi gibi) için yaygın olarak uygulanmaktadır (Kendall 1975). MK testinin parametre testinden daha iyi performans gösterdiği (Mallick *et al.* 2021; Alifujiang *et al.* 2023), parametrik olmayan bir test istatistik yöntemi olması dolayısıyla rastgele değişkenin dağılımından bağımsız olması (örnek verilerin belirli bir dağılımı izlemesini gerektirmez) gibi bir avantaja sahip olduğu (Acar 2024) kaydedilmiştir. Testin Temel İlkeleri:

- Hipotez anlamsız (H_0 Veriler bağımsız ve aynı dağılımdan geliyor, yani herhangi bir eğilim (trend) yoktur.
- Alternatif Hipotez (H_A Verilerde monotonik (artış veya azalış yönünde) bir eğilim vardır.

Mann-Kendall testinin hesaplanması;

- Test istatistiği hesaplama,

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (6)$$

- Sgn fonksiyonu,

$$\text{sgn}(x) \begin{cases} +1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (7)$$

- Ortalama ve Varyans,

$$E(S) = 0 \quad (8)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)2t_j+5}{18}$$

- Standartlaştırılmış test istatistiği (z) Değeri Hesaplama,

$$z = \frac{S}{\sigma} \quad (9)$$

- Düzeltme,

$$z = \text{sgn}(S) \frac{|S|-1}{\sigma} \quad (10)$$

- Kendall tau (τ),

$$\tau = \frac{S}{D}$$

(11)

$$D = \sqrt{\frac{1}{2}n(n-1) - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)}$$

p-değeri bulunarak, H_0 hipotezinin reddedilip reddedilemeyeceği test edilir.

- p-value: Trendin anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılır.
- Test istatistiği (z): Standart normal dağılım kullanılarak hesaplanır.
- S ve varS: Test istatistiği ve varyansı.
- Tau (τ): Kendall'ın korelasyon katsayısı.

Mann Kendall testi sonucunda 'Z' değeri %95 güven aralığında 1.96'dan veya %99 güven aralığında 2.58'den büyükse ve pozitif ise anlamlı pozitif trend olduğu varsayılır ve H_0 hipotezi reddedilir. 'Z' değeri yine bu güven aralıklarında ve negatif ise azalan anlamlı trend olduğu varsayılır. Mann-Kendall trend analizinde %95 güven aralığında $p < 0.05$, %99 güven aralığında $p < 0.01$ ise bu genellikle sıfır hipotezinin reddedildiği ve verilerde belirgin bir trend (artış ya da azalış) olduğu sonucunu verir.

3.2.4 Sen's Slope (1968) Testi

Ali ve Abubaker'e (2019) göre, hidro-meteorolojik veri zaman serilerindeki eğilimleri ayırt etmek için çeşitli araştırmacılar tarafından ayırt edici parametrik ve parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Parametrik yöntem, parametrik olmayan yöntemlere göre giderek daha çığır açıcı olarak kabul edilir, ancak çok sayıda engelleyici varsayımı vardır. Örneğin, veriler seri olarak bağımsız ve normal dağılımlı olmalıdır, bunlar hidro-meteorolojik veri zaman serileri durumunda nadiren geçerlidir. Daha sonra, hidro-meteorolojik zaman serilerindeki eğilimleri tanımada sıklıkla parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır çünkü verilerin normal dağılımlı olmasını gerektirmez; ancak, verilerin seri korelasyondan arındırılmış olması gerektiği de kaydedilmiştir. Sen's Slope testi parametrik olmayan ve 1968 yılında Sen tarafından geliştirilen bir testtir. Doğrusal ilerleyen veri çiftlerin analizini yapmak için kullanılan yöntemlerden biridir (Sen 1968). Veriler j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k ($j > k$) ve veri sayısı n olmak üzere,

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (12)$$

$$Q_i = \frac{(x_j - x_k)}{j - k} \quad (i = 1, \dots, N) \quad (13)$$

Denklemlerde, N/n: veri sayısı, j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k ($j > k$) olmak üzere Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralanır. Hesaplanan N adet Q_i değerinin medyanı doğrusal trendin eğimini verir. N sayısı tek olduğunda (14) eşitliği, çift olduğunda (14) denklemleri kullanılır.

$$Q_{\text{medyan}} = \frac{Q(N+1)}{2} \quad (15)$$

$$Q_i = \frac{|\frac{QN}{2} + \frac{Q(N+1)}{2}|}{2} \quad (16)$$

Test sonucunda elde edilen verilerde pozitif değer artan yönde, negatif değer azalan yönde eğilimi göstermektedir. Anlamlılık açısından %95 alt ve üst, %99 alt ve üst güven aralıklarında sıfır değeri olduğunda trendin anlamlı olmadığı sonucuna varılır.

3.2.5 Mann-Kendall Mertebe Korelasyon (MKMK) Testi

Mann (1945) ve Kendall (1975) tarafından geliştirilen parametrik olmayan yöntemde, hidro-meteorolojik zaman serilerinde görülen eğimlerin başlama zamanını ve yönü belirlenir ve mertebeleri belirlemek içinde veriler sıralanır. Her mertebe için kendinden önceki mertebelerden küçük olanlar sayılarak elde edilen 'ni' değerleri toplanır. 'ni' değerlerinin toplanması ile elde edilen test istatistik değerleri (t) aşağıda verilmiştir (Katipoğlu 2022).

$$t = \sum_{i=1}^n ni \quad (17)$$

Test istatistiklerinin ortalama $E(t)$ ve varyans $Var(t)$ değerleri;

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \text{ ve } Var(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (18)$$

$u(t)$ istatistiklerinin sıralı değerleri;

$$u(t) = \frac{[t-E(t)]}{\sqrt{\text{Var}(t)}} \quad (19)$$

Aynı şekilde, $u'(t)$ değerleri serinin sonundan itibaren geriye dönük olarak hesaplanır. Testte, ileri yönlü $u(t)$ ve geriye dönük $u'(t)$ iki seri bulunmaktadır. $u(t)$ ve $u'(t)$ eğrileri birkaç defa üst üste gelirse, bir eğimin olmadığı ifade edilir. $u(t)$ ve $u'(t)$ eğrilerinin kesiştiği nokta bir trendin başlama yılını belirler. Eğrilerin ayrıldığı nokta ise azalma veya artma yönündeki eğim başlangıcını gösterirken, %95 güven sınırlarını ($\pm 1,96$) aştığı nokta istatistiksel olarak anlamlı bir trend olduğunu (Mosmann *et al.* 2004, Yılmaz 2021), Gümüş (2006)'a göre $u(t)$ 'nin sıfıra yakın olması herhangi bir trend bulunmadığını göstermektedir (Katipoğlu 2022).

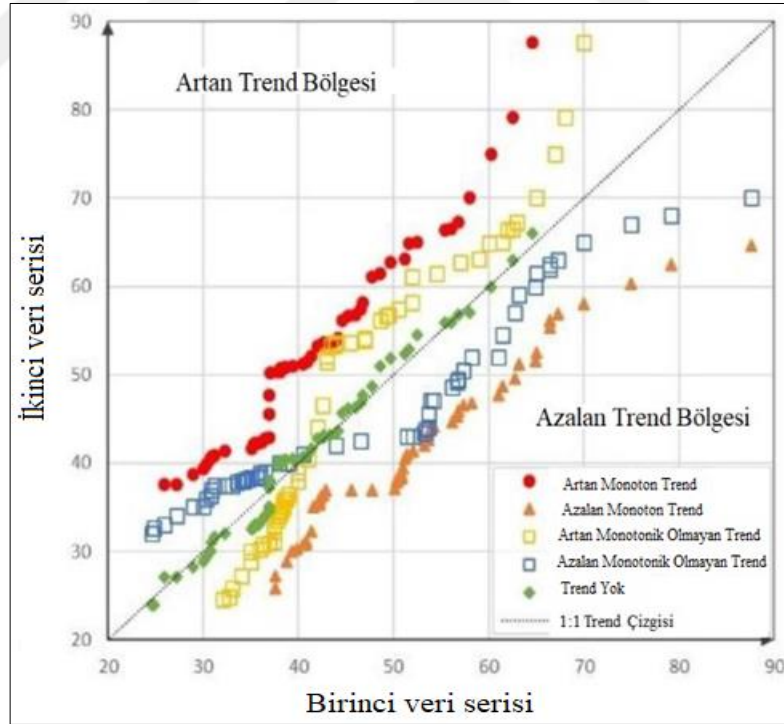
3.2.6 Şen'in Yenilikçi Trend Analiz Yöntemi (ITA)

Von Storch (1999), hidro-meteorolojik zaman serileri trend analizinde MK testinin kullanımından önce verilerde seri korelasyonun çıkarılması için bir yöntem önermiştir. Ancak, Douglas *et al.* (2000) ve Yue *et al.* (2002), bu yöntemin verilerde bulunan trendin bir kısmını çıkarılabileceğini ileri sürmüşlerdir. Şen (2012) ise bu önlemler dışında kapsayıcı bir uygunluğu olan yenilikçi bir Trend Analizi (ITA) yöntemini önermiştir. Şen (2012) tarafından önerilen ITA (Yenilikçi Şen Yöntemi), hidro-meteorolojik değişken eğilimlerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bir zaman serisinde monotonik ve non monotonik, değişik alt grupların trendleri ve ITA grafiği farklı periyot aralıklarındaki trend kombinasyonlarını oluşturabilir (Pour *et al.* 2020). Bu yöntem varsayımı bulunmaması nedeni ile zaman serilerinde kullanılırken, aynı zamanda trendleri parçalı veya bütün şekilde tanımlayabilme avantajına sahiptir. ITA yöntemi oldukça basittir ve otokorelasyon, normal dışılık ve veri uzunluğu gibi ön koşullara bağlı değildir ve ayrıca bu yöntem düşük, orta ve yüksek veri eğilimini açıkça göstermektedir (Tosunoglu ve Kişi 2017). Yenilikçi Şen Yöntemi için takip edilecek adımlar aşağıda sıralanmıştır (Katipoğlu 2022).

- Orijinal serinin verileri, eşit uzunluk ve sayıda gözlem içeren 2 alt seriye bölünür.

- Her seri artan bir düzende yeniden düzenlenir.
- İlk yarı döneme ait sıralı veriler ile ikinci yarı döneme ilişkin sıralı veriler karşılıklı eşleştirilir. Tüm veri çiftleri Kartezyen koordinat sisteminde işaretlenir.
- Veri noktaları 1:1 (45°) çizgisi üzerinde ise trend yoktur. Veri noktalarının dağılımı 45° çizgisinin (1:1) üst (alt) kısmındaki üçgen alan içinde ise artış (azalan) trend olduğu söylenir (Şen 2012, Şen 2014). Bu alternatiflerin dışında azalan (artan) bölgeden artan (azalan) bölgeye geçiş olduğunda buna kısmi artan (azalan) monotonik olmayan trend denilmektedir (Saplıoğlu 2024).

Trend büyüklüğünü analiz etmek için ITA yönteminde 1:1 düz çizgisine paralel \pm %5 ve \pm %10 gibi trend eğim çizgileri eklenmiştir (Dabanlı and Şen 2018). Artan ve azalan trendlerin görsel olarak değerlendirilmesinde kolaylık sağlamak amacıyla yüzde çizgilerinden faydalanılmıştır. Grafikteki \pm %5 ve \pm %10 eğim çizgileri, Denklem 19 kullanılarak 1:1 doğrusuna paralel olarak çizilmiştir (Katipoğlu 2022).



Şekil 3. 4 ITA metodunun grafiksel anlatımı (Şen 2012)

Şen (2017a), zaman serisinde verilere ait bulunan trendleri ayrıntılı olarak açıklamak için Yenilikçi Şen Yöntemini %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyeleri ile kullanmış ve S ile ifade edilen trend eğimi için Denklem (20)'yi tavsiye etmiştir.

$$S = \frac{2(\bar{y}_2 - \bar{y}_1)}{n} \quad (20)$$

Denklemde, bağımlı değişkenin 1. ve 2. yarısının aritmetik ortalamaları y_1 ve y_2 ile, toplam veri sayısı n ile göstermektedir. Negatif (pozitif) eğim azalan (artan) trendleri, sıfır eğim bir trendin olmadığını gösterir. Eğim değerleri marjinal olarak sıfırdan büyük (küçük) ise anlamlı bir pozitif (negatif) trend görülmeyebilir (Alashan 2020, Cui *et al.* 2017, Kambezidis 2018). ITA yöneminde anlamlılık testi için olasılık dağılım fonksiyonu (PDF) kullanılmaktadır. Ortalaması sıfır ve Standart sapması σ_s ve ortalaması 0 olan standart normal bir PDF'in eğim güven sınırları α anlamlılık düzeyinde Denklem 21'de gösterilmiştir (Katipoğlu 2022).

$$CL_{(1-\alpha)} = 0 \pm S_{ITA} \sigma_s \quad (21)$$

Katipoğlu (2022)'e göre, Yenilikçi Şen Yönteminde belirlenen trend değerinin kritik değerden büyük ise, hipotez(0) reddelerek eğimin olmadığı ve istatistiksel olarak anlamlı bir eğim bulunduğu kaydedilir (Şen 2017b, Zhou *et al.* 2018).

Gocic ve Trajkovic (2013), Sırbistan'da bulunan 12 meteoroloji gözlem istasyonundan alınan 1980-2010 yıllarına ait veriler ile Mann-Kendall ve Sen yöntemlerini kullanarak yıllık ve mevsimsel minimum ve maksimum sıcaklık, buhar basıncı ve yağış değişkenlerinde artış eğilimi kaydetmişlerdir. Mann-Kendall ve Sen testlerinin genel olarak Meteorolojik değişkenlerin eğilimlerinin tesbit edilmesinde etkili sonuçlar verdiklerini bildirmişlerdir. Güçlü (2018b), Spearman'ın rho ve lineer regresyon yöntemleri ile Mann-Kendall, Sen Slope ve ITA yöntemlerini de kullanmış ve önerilen yöntemlerin kısmi veri analizi ile eğim hesabında iyi sonuçlar verdiğini kaydetmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 İstasyon PET değerlerine ait Tanımsal İstatistikler

Kızılırmak Havzasında bulunan istasyonlara ait PET değerlerinin tanımsal istatistikleri Çizelge (4.1-4.9)'da verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çankırı ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mak.	9,74	15,95	42,80	81,63	125,84	169,93	204,80	198,16	138,26	83,14	32,91	15,80	1056,94
Min.	0,00	0,00	0,99	29,73	70,36	90,64	107,36	97,60	65,44	30,15	2,61	0,00	581,96
AO	1,49	4,46	20,19	50,69	89,15	120,16	148,12	137,76	89,39	49,93	16,17	4,03	731,55
SS	2,14	4,76	8,68	11,32	13,53	17,20	22,78	24,62	14,64	9,81	5,99	3,85	105,27
BK	3,55	-0,60	0,02	-0,27	0,38	0,02	-0,31	-0,29	1,41	1,07	0,54	0,32	0,28
ÇK	1,82	0,77	0,13	0,54	0,88	0,61	0,51	0,71	1,22	0,65	0,20	0,87	0,82
VK	143,8	106,99	42,98	22,33	15,18	14,31	15,38	17,87	16,38	19,65	37,03	95,66	14,39

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, BK: Basıklık, ÇK: Çarpıklık, VK(%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.2 Kastamonu ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mak.	8,88	17,29	37,10	71,49	109,17	136,15	161,55	168,58	112,42	72,89	35,33	15,31	850,51
Min.	0,00	0,00	0,00	28,80	58,63	84,16	91,24	83,08	57,53	29,39	4,60	0,00	522,80
AO	1,14	4,50	18,73	46,94	81,22	105,37	125,26	116,89	78,44	46,78	17,07	3,86	646,19
SS	1,88	5,10	8,41	10,38	10,52	12,45	16,57	17,60	11,53	8,85	6,13	3,87	78,65
BK	3,74	-0,07	-0,47	-0,49	0,03	-0,53	-0,73	-0,01	1,44	0,51	0,79	0,08	-0,33
ÇK	1,89	0,99	-0,08	0,49	0,51	0,39	0,20	0,49	1,15	0,71	0,51	0,81	0,56
VK	165,79	113,46	44,93	22,12	12,95	11,81	13,23	15,06	14,71	18,93	35,95	100,57	12,17

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, BK: Basıklık, ÇK: Çarpıklık, VK(%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.3 Kayseri ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mak.	9,19	15,18	43,01	74,28	105,34	147,17	193,63	185,53	123,43	72,67	30,53	14,93	948,46
Min.	0,00	0,00	0,00	26,79	51,30	74,47	92,95	80,47	58,16	25,32	0,50	0,00	466,93
AO	1,16	3,69	17,59	45,33	76,25	102,90	128,40	118,41	78,36	44,66	14,48	3,43	634,66
SS	2,263	4,45	9,62	10,71	12,78	17,31	22,73	22,63	15,39	9,67	6,59	3,92	108,06
BK	4,57	-0,25	-0,20	-0,12	-0,37	-0,26	0,35	0,20	0,79	0,01	-0,13	0,44	0,22
ÇK	2,25	0,97	0,27	0,56	0,64	0,68	0,76	0,79	1,10	0,32	-0,11	1,08	0,80
VK	195,90	120,51	54,71	23,64	16,77	16,82	17,70	19,11	19,64	21,65	45,55	114,44	17,02

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, BK: Basıklık, ÇK: Çarpıklık, VK(%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.4 Kırıkkale ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mak.	12,72	17,84	50,71	80,00	139,45	170,22	236,62	221,18	161,54	99,28	35,42	63,57	1132,84
Min.	0,00	0,00	1,93	30,68	63,72	87,69	102,45	6,54	1,81	9,82	4,22	0,00	526,56
AO	2,52	6,02	21,71	51,27	89,70	123,89	155,59	142,05	93,87	52,42	18,23	6,18	763,45
SS	2,83	5,53	9,46	12,70	16,58	21,72	29,98	35,57	22,53	13,58	6,27	8,55	141,12
BK	1,45	-0,94	0,75	-0,50	0,81	-0,46	-0,06	2,60	4,69	2,36	0,28	34,99	-0,20
ÇK	1,14	0,52	0,49	0,59	1,06	0,61	0,66	-0,35	-0,29	0,30	0,25	5,26	0,71
VK	112,23	91,94	43,60	24,77	18,49	17,53	19,27	25,04	24,00	25,92	34,45	138,31	18,48

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, BK: Basıklık, ÇK: Çarpıklık, VK(%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.5 Kırşehir ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mak.	12,33	18,39	41,07	76,68	116,66	162,85	209,90	213,53	140,56	85,32	34,36	16,18	1049,73
Min.	0,00	0,00	0,00	27,45	59,53	80,70	102,70	95,14	62,12	31,27	3,01	0,00	525,24
AO	2,29	4,90	18,50	46,39	81,15	112,64	142,80	134,15	89,26	50,47	17,81	5,16	705,53
SS	2,87	5,24	8,87	11,57	13,43	17,85	25,29	27,11	17,98	11,00	6,66	4,47	118,30
BK	1,49	-0,51	-0,12	-0,15	-0,01	0,00	0,44	0,75	1,33	0,97	-0,02	-0,51	0,57
ÇK	1,37	0,79	0,18	0,66	0,70	0,75	0,86	1,09	1,30	0,81	0,11	0,54	0,98
VK	125,62	107,13	47,97	24,95	16,56	15,84	17,71	20,21	20,15	21,80	37,43	86,55	16,76

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, BK: Basıklık, ÇK: Çarpıklık, VK(%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.6 Nevşehir ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mak.	12,76	20,01	43,80	72,00	110,88	147,85	195,77	199,06	130,35	85,08	44,25	23,27	1010,55
Min.	0,00	0,00	0,00	23,26	44,48	72,11	84,45	77,21	53,53	26,72	1,77	0,00	456,26
AO	2,52	4,86	17,35	43,94	75,31	101,02	124,60	116,31	79,78	47,40	18,86	5,81	637,81
SS	3,33	5,55	9,82	12,31	13,93	16,63	23,19	23,53	16,31	11,39	8,19	5,55	111,67
BK	0,56	-0,01	0,23	-0,24	0,07	-0,04	0,47	1,24	1,52	0,68	0,93	0,18	0,90
ÇK	1,19	1,02	0,45	0,70	0,49	0,67	0,72	0,97	1,22	0,58	0,36	0,84	0,88
VK	131,82	114,26	56,58	28,03	18,50	16,46	18,61	20,23	20,44	24,04	43,44	95,53	17,50

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, BK: Basıklık, ÇK: Çarpıklık, VK(%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.7 Niğde ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mak.	10,47	19,12	48,57	76,43	115,61	160,37	213,96	207,44	139,36	85,61	36,77	19,95	1073,89
Min.	0,00	0,00	0,00	25,50	50,84	77,15	95,73	91,16	56,67	29,01	3,28	0,00	491,78
AO	2,40	4,89	18,98	46,70	80,85	111,01	137,78	127,65	87,03	50,31	19,14	5,59	692,41
SS	3,15	5,30	10,15	11,91	15,10	19,06	25,39	24,95	17,08	10,81	7,26	5,30	122,49
BK	-0,08	-0,04	0,50	-0,08	-0,23	-0,34	0,25	0,33	1,12	0,55	-0,06	-0,34	0,39
ÇK	1,10	0,94	0,51	0,71	0,57	0,59	0,75	0,80	1,07	0,44	0,07	0,70	0,81
VK	131,17	108,19	53,47	25,50	18,68	17,17	18,42	19,54	19,63	21,50	37,93	94,76	17,69

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, BK: Basıklık, ÇK: Çarpıklık, VK(%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.8 Sivas ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mak.	7,31	14,15	44,12	77,51	120,41	160,42	199,00	194,58	134,37	78,02	33,05	15,25	1004,06
Min.	0	0	0	25,72	54,45	79,10	93,21	86,95	55,67	27,31	0	0	487,54
AO	0,60	2,31	14,43	47,11	81,32	108,34	132,48	124,38	85,65	49,94	16,64	2,71	665,96
SS	1,40	3,62	10,85	12,12	13,28	17,77	22,71	23,80	16,58	10,11	7,70	4,02	111,09
BK	8,75	1,69	-0,28	-0,35	0,42	0,23	0,29	0,14	1,15	0,06	-0,12	2,55	0,42
ÇK	2,81	1,55	0,38	0,56	0,69	0,86	0,73	0,81	1,15	0,34	-0,13	1,77	0,84
VK	230,88	156,72	75,16	25,73	16,33	16,40	17,14	19,13	19,35	20,24	46,28	148,37	16,68

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, BK: Basıklık, ÇK: Çarpıklık, VK(%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.9 Yozgat ili istasyonu PET değerleri (1960-2022) tanımsal istatistikleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mak.	8,38	15,18	35,40	67,32	107,78	133,42	166,28	173,90	114,09	74,77	37,02	16,18	864,57
Min.	0	0	0	21,00	47,28	68,96	81,38	74,74	53,13	26,70	0	0	430,97
AO	0,91	2,89	13,08	39,88	71,39	95,22	116,12	109,40	75,69	44,98	16,64	3,91	590,17
SS	1,90	4,32	9,14	11,37	12,09	14,15	18,81	19,94	13,72	9,91	7,63	4,45	92,42
BK	5,66	0,81	-0,50	-0,43	0,36	-0,05	-0,25	0,52	0,65	0,10	0,47	0,02	0,11
ÇK	2,42	1,37	0,32	0,60	0,66	0,54	0,49	0,71	0,97	0,47	0,29	1,00	0,64
VK	208,14	149,13	69,92	28,51	16,94	14,86	16,20	18,23	18,12	22,03	45,89	113,63	15,66

Mak.: Maksimum, Min.: Minimum, AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, BK: Basıklık, ÇK: Çarpıklık, VK(%): Varyasyon katsayısı

Tüm illerde (Çankırı, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Niğde, Sivas ve Yozgat) PET değerlerinde maksimum değişkenlikler Ocak ayında görülmüştür. Minimum değişkenlik ise Çankırı, Kastamonu, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Niğde, ve Yozgat illerinde Haziran ayında, Kayseri ve Sivas illerinde ise Mayıs ayında görülmüştür.

Bu illerin 1960-2022 dönemlerinde aylık ortalama sıcaklık değerlerine göre Kastamonu, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir ve Niğde illerinde maksimum ve minimum değişiklikler yine Ocak ve Haziran aylarında gerçekleşmiştir. Çankırı ve Yozgat illerinde aylık ortalama sıcaklıklara göre maksimum değişkenlik Şubat ayında, Sivas ilinde Mart ayında görülmüş, Kayseri ve Sivas illerinde ise minimum değişkenlik sırası ile Temmuz ve Mayıs aylarında hesaplanmıştır. PET değerleri ile sıcaklık değerlerinde görülen değişkenlik farklılıkları Sivas ve Yozgat illerinde daha yüksek olmuş ve kış ve bahar aylarındaki sıcaklık ve yağış farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmüştür.

4.2 Run (Swed-Eisenhart) Homojen Testi

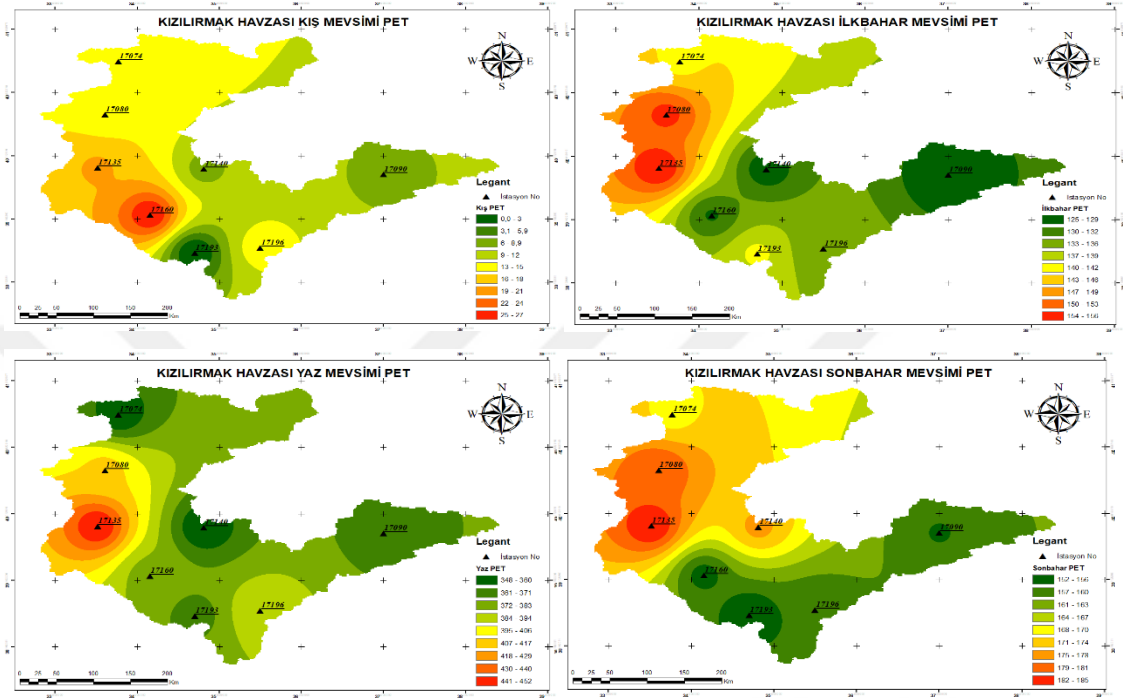
Kızılırmak Havzası içinde yer alan bazı illerin istasyonlarına ait ortalama sıcaklık verileri ve Thornthwaite yöntemi ile hesaplanan PET değerleri kullanılarak elde edilen istasyonlara ait verilerin Run Homojenlik testi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Çalışma alanı istasyonlarına ait Run Homojenlik testi

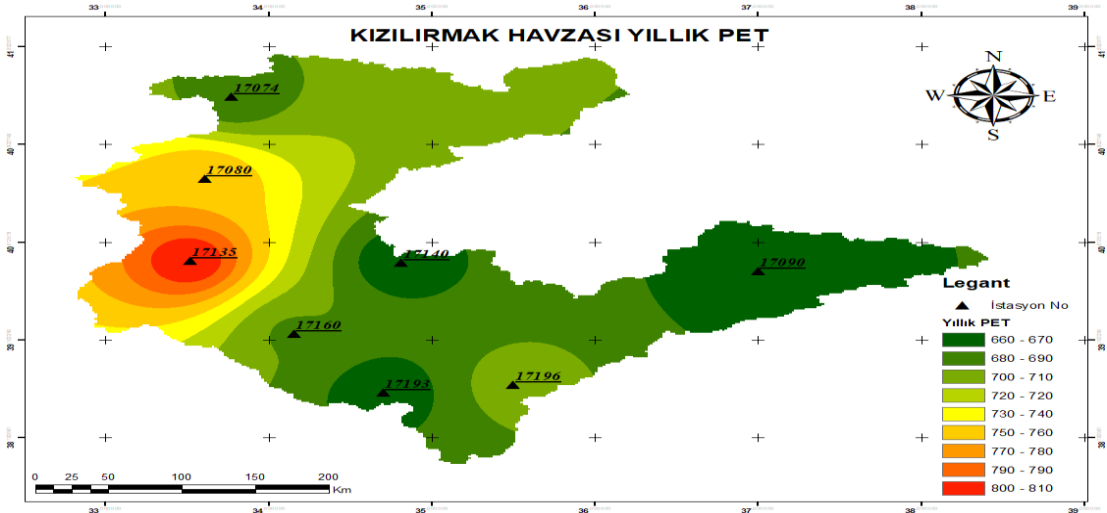
RUN HOMOJENLİK TESTİ PET				
İSTASYON NO	İL	Z	ANLAMLILIK(P)	HOMOJENLİK
17080	Çankırı	0,13	0,90	Homojen
17074	Kastamonu	-2,16	1,97	Homojen
17196	Kayseri	-2,67	1,99	Homojen değil
17135	Kırıkkale	-3,39	2,00	Homojen değil
17160	Kırşehir	-0,63	1,47	Homojen
17193	Nevşehir	-2,16	1,97	Homojen
17250	Niğde	-2,67	1,99	Homojen değil
17090	Sivas	-1,90	1,94	Homojen
17140	Yozgat	-1,14	1,75	Homojen
RUN HOMOJENLİK TESTİ SICAKLIK				
İSTASYON NO	İL	Z	ANLAMLILIK(P)	HOMOJENLİK
17080	Çankırı	-0,59	1,44	Homojen
17074	Kastamonu	-2,66	1,99	Homojen değil
17196	Kayseri	-1,14	1,75	Homojen
17135	Kırıkkale	-2,34	1,98	Homojen
17160	Kırşehir	-0,59	1,44	Homojen
17193	Nevşehir	-2,16	1,97	Homojen
17250	Niğde	-2,63	1,99	Homojen değil
17090	Sivas	-1,13	1,74	Homojen
17140	Yozgat	-2,16	1,97	Homojen

PET analiz sonuçlarına göre Çankırı, Kastamonu, Kırşehir, Nevşehir, Sivas ve Yozgat istasyonlarında Z değerleri $\pm 2,58$ değerleri arasında bulunduğundan %99 güven aralığında rastgele dağıldığı (homojen) görülmüştür. Kayseri, Kırıkkale ve Niğde istasyonlarında ise Z değerleri $\pm 2,58$ değerleri dışında olduğundan homojen dağılmamıştır. Sıcaklık analizine göre ise Çankırı, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Sivas ve Yozgat istasyonlarında Z değerleri $\pm 2,58$ değerleri arasında olduğundan %99 güven düzeyinde homojen dağılmış, Kastamonu ve Niğde istasyonlarında ise Z değerleri $\pm 2,58$ değerleri dışında olduğundan homojen dağılmadığı kabul edilmiştir. Niğde ili, hem sıcaklık hem de PET değerlerinde homojenlik göstermediği için trend analizine tabi tutulmamıştır.

Kızılırmak havzasında bulunan istasyonlara ait mevsimlik (Şekil 3.4) ve yıllık (Şekil 3.5) PET diyagramları IDW (Inverse Distance Weighting) yöntemi ile ArcMap programında hazırlanmıştır. Çalışmaya Niğde istasyonu PET verileri homojen olmadığı için dâhil edilmemiştir.



Şekil 3.5 Kızılırmak Havzası istasyonlarına ait mevsimlik PET dağılımı (IDW) (Orijinal 2024)



Şekil 3.6 Kızılırmak Havzası istasyonlarına ait yıllık PET dağılımı (IDW) (Orijinal 2024)

4.3 Mann-Kendall Trend Testi

İstasyonların mevsimlik ve yıllık PET değerlerinin R Studio (4.4.2) programın 'trend' veri tabanı ile hesaplanan Mann-Kendall trend testi Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çankırı, Kastamonu ve Kayseri istasyonlarında yıllık PET verileri açısından 'Z' değerinin pozitif olduğu, %95 güven aralığı (1,96) ve %99 güven aralığı (2,58) değerlerini geçtiği gözlenmiştir. Çankırı, Kastamonu ve Kayseri istasyonlarında anlamlılık açısından %99 güven aralığında $p < 0.01$ ve %95 güven aralığında $p < 0.05$ küçük olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle Çankırı, Kastamonu ve Kayseri istasyonlarında PET bakımından anlamlı pozitif bir trend olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, 1960-2022 yılları arasında Sivas, Yozgat, Kırşehir, Nevşehir ve Kırıkkale istasyonlarında Z değeri açısından pozitif anlamsız trend olduğu belirlenmiştir. Kızılırmak Havzası'nda bulunan istasyon verilerine göre ortalama yağışlarda görülen ciddi azalmalarla birlikte buharlaşmada görülen artışlar havza genelinde görülen sıcaklık artışlarına bağlanabilir. Bu sonuç, havza alanında küresel ısınma ile artan sıcaklıklara bağlı olarak benzer çalışmalarda kaydedilmiştir (Türkeş *et al.* 2004, Demir *et al.* 2008).

Çizelge 4.11 Çalışma alanı istasyonlarına ait Mann-Kendall testi

İSTASYON NO	İL	Z DEĞERİ	ANLAMLILIK %95 (P)	TREND
17080	Çankırı	3,81960	0,00013	Anlamlı Trend
17074	Kastamonu	3,48750	0,00049	Anlamlı Trend
17196	Kayseri	3,64170	0,0002	Anlamlı Trend
17135	Kırıkkale	5,28730	1,24100	Anlamsız Trend
17160	Kırşehir	4,2110	2,54200	Anlamsız Trend
17193	Nevşehir	4,32970	1,49300	Anlamsız Trend
17090	Sivas	4,46020	8,18900	Anlamsız Trend
17140	Yozgat	3,95010	7,81200	Anlamsız Trend

Kartal (2024) ise 1970-2023 yılları arasında Mann Kendall testi ile yıllık buharlaşma değerleri trend analizi sonucunda Sivas, Yozgat, Kırşehir, Nevşehir ve Kırıkkale istasyonlarında anlamlı olmayan artış olduğunu, ancak Kastamonu istasyonunda anlamlı olmayan bir azalış olduğunu kaydetmiştir. Genel olarak Kızılırmak Havzasında yağışlarda bir azalma görülsede, sıcaklık artışları nedeni ile buharlaşmanın arttığı belirtilmiştir. Ancak, Kızılırmak Havzasının mezotermal iklim geçiş özelliği gösterdiği, Kastamonu ilinde kuzey kesiminin kurak-az nemli bir iklim ile bölgenin soğuk iklim karakterinin en çok hissedildiği sahada yer aldığı kaydedildiğinden (Koçman 1993),

PET değerlerinde bir azalmanın gözlemlendiği tahmin edilmektedir. Başka bir çalışmada, Ficklin *et al.* (2015), 1979-2013 yılları arasında ABD'de kuraklık eğilimlerini araştırmışlar, bazı bölgelerde özellikle son dönemlerde görülen kuraklık ve PET değerlerinin eğilimleri arasında benzerlik olduğunu kaydetmişlerdir. Bu bölgelerde, yağışla birlikte sıcaklığında etkili olduğunu bildirmişlerdir.

4.4 Eğim (slope) Testi

R Studio kütüphanesinde bulunan 'trend' veri tabanı ile hesaplanan istasyonların mevsimlik ve yıllık PET değerleri Sen'in eğim trend analizi Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Çalışma alanı istasyonlarına ait Sen Slope testi

PET DEĞERLERİ SEN EĞİM TREND ANALİZİ (1968)						
İSTASYON		KIŞ	İLKBAHAR	YAZ	SONBAHAR	YILLIK
Çankırı	Eğim	0,046	0,00	0,62	0,07	0,82
	Anlamlılık %95 Alt	-0,05	-0,12	0,38	-0,10	0,44
	Anlamlılık %95 Üst	0,13	0,16	0,88	0,24	1,18
	Anlamlılık %99 Alt	-0,08	-0,18	0,29	-0,16	0,33
	Anlamlılık %99 Üst	0,17	0,19	0,95	0,30	1,30
	Trend	↔	↔	↑	↔	↑
Kastamonu	Eğim	0,02	0,00	0,46	0,02	0,53
	Anlamlılık %95 Alt	-0,07	-0,17	0,28	-0,14	0,25
	Anlamlılık %95 Üst	0,12	0,09	0,63	0,16	0,80
	Anlamlılık %99 Alt	-0,11	-0,17	0,23	-0,18	0,17
	Anlamlılık %99 Üst	0,15	0,18	0,69	0,22	0,90
	Trend	↔	↔	↑	↔	↑
Kayseri	Eğim	0,00	0,02	0,66	0,18	0,90
	Anlamlılık %95 Alt	-0,08	-0,14	0,38	-0,02	0,46
	Anlamlılık %95 Üst	0,10	0,21	0,87	0,40	1,34
	Anlamlılık %99 Alt	-0,11	-0,21	0,33	-0,09	0,32
	Anlamlılık %99 Üst	0,12	0,24	0,98	0,45	1,47
	Trend	↔	↔	↑	↔	↑
Kırıkkale	Eğim	0,05	0,18*	1,01	0,21*	1,44
	Anlamlılık %95 Alt	-0,07	0,00	0,70	0,01	1,03
	Anlamlılık %95 Üst	0,18	0,37	1,29	0,44	1,93
	Anlamlılık %99 Alt	-0,11	-0,07	0,62	-0,07	0,85
	Anlamlılık %99 Üst	0,21	0,42	1,39	0,50	2,04
	Trend	↔	↑	↑	↑	↑

Çizelge 4.12 Çalışma alanı istasyonlarına ait Sen Slope testi (devam)

İSTASYON		KIŞ	İLKBAHAR	YAZ	SONBAHAR	YILLIK
Kırşehir	Eğim	0,00	-0,01	0,71	0,24*	1,02
	Anlamlılık %95 Alt	-0,12	-0,18	0,44	0,04	0,61
	Anlamlılık %95 Üst	0,11	0,16	0,97	0,44	1,39
	Anlamlılık %99 Alt	-0,15	-0,24	0,35	-0,02	0,51
	Anlamlılık %99 Üst	0,15	0,21	1,06	0,50	1,53
	Trend	↔	↔	↑	↑	↑
Nevşehir	Eğim	0,01	0,11	0,68	0,10	1,02
	Anlamlılık %95 Alt	-0,11	-0,10	0,45	-0,13	0,59
	Anlamlılık %95 Üst	0,14	0,32	0,91	0,33	1,39
	Anlamlılık %99 Alt	-0,15	-0,17	0,37	-0,20	1,41
	Anlamlılık %99 Üst	0,18	0,38	0,98	0,40	1,55
	Trend	↔	↔	↑	↔	↑
Sivas	Eğim	0,00	0,12	0,62	0,11	0,90
	Anlamlılık %95 Alt	-0,04	-0,06	0,41	-0,06	0,55
	Anlamlılık %95 Üst	0,07	0,30	0,82	0,30	1,24
	Anlamlılık %99 Alt	-0,07	-0,12	0,35	-0,13	1,41
	Anlamlılık %99 Üst	0,07	0,36	0,89	0,35	1,35
	Trend	↔	↔	↑	↔	↑
Yozgat	Eğim	0,01	0,10	0,47	0,10	0,80
	Anlamlılık %95 Alt	-0,06	-0,07	0,29	-0,10	0,46
	Anlamlılık %95 Üst	0,11	0,29	0,68	0,31	1,12
	Anlamlılık %99 Alt	-0,10	-0,13	0,21	-0,16	1,41
	Anlamlılık %99 Üst	0,12	0,34	0,73	0,37	1,24
	Trend	↔	↔	↑	↔	↑

*%95 güven aralığında anlamlı artan trend

Çizelge 4.12'deki Sen Slope testi sonuçlarına göre PET değerleri incelendiğinde, Çankırı, Kastamonu, Kayseri, Nevşehir, Sivas ve Yozgat istasyonlarında yaz mevsimi ve yıllık değerlerde ve Kırıkkale istasyonunda ilkbahar, yaz, sonbahar ve yıllık verilerde %99 güven aralığında, Kırşehir istasyonunda ise yaz, sonbahar ve yıllık verilerde %95 güven aralığında anlamlı artan bir trend olduğu görülmektedir. Kızılırmak Havzasında yapılan bir çalışmada (Bahadır 2011), yağışta en şiddetli düşüşün ve azalmanın Kırıkkale ve Kırşehir'de ölçüldüğü belirtilmiştir. Bu ölçüm sonucunda, bu illerde diğer aylardaki PET değerlerinde artan bir trend ölçüldüğü düşünülmüştür. Kastamonu ili dışında, diğer istasyonların bulunduğu iller İç Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Kızılelma vd. (2015) tarafından 1970-2010 yıllarına ait İç Anadolu bölgesinde bulunan

istasyonlara ait gözlemlerle yapılan çalışmada yaz mevsiminde maksimum sıcaklıklarda artan trend olduğu, ilkbahar ve kış mevsimlerinde ise herhengi bir eğim olmadığı ve genel anlamda durağan olduğu belirtilmiştir.

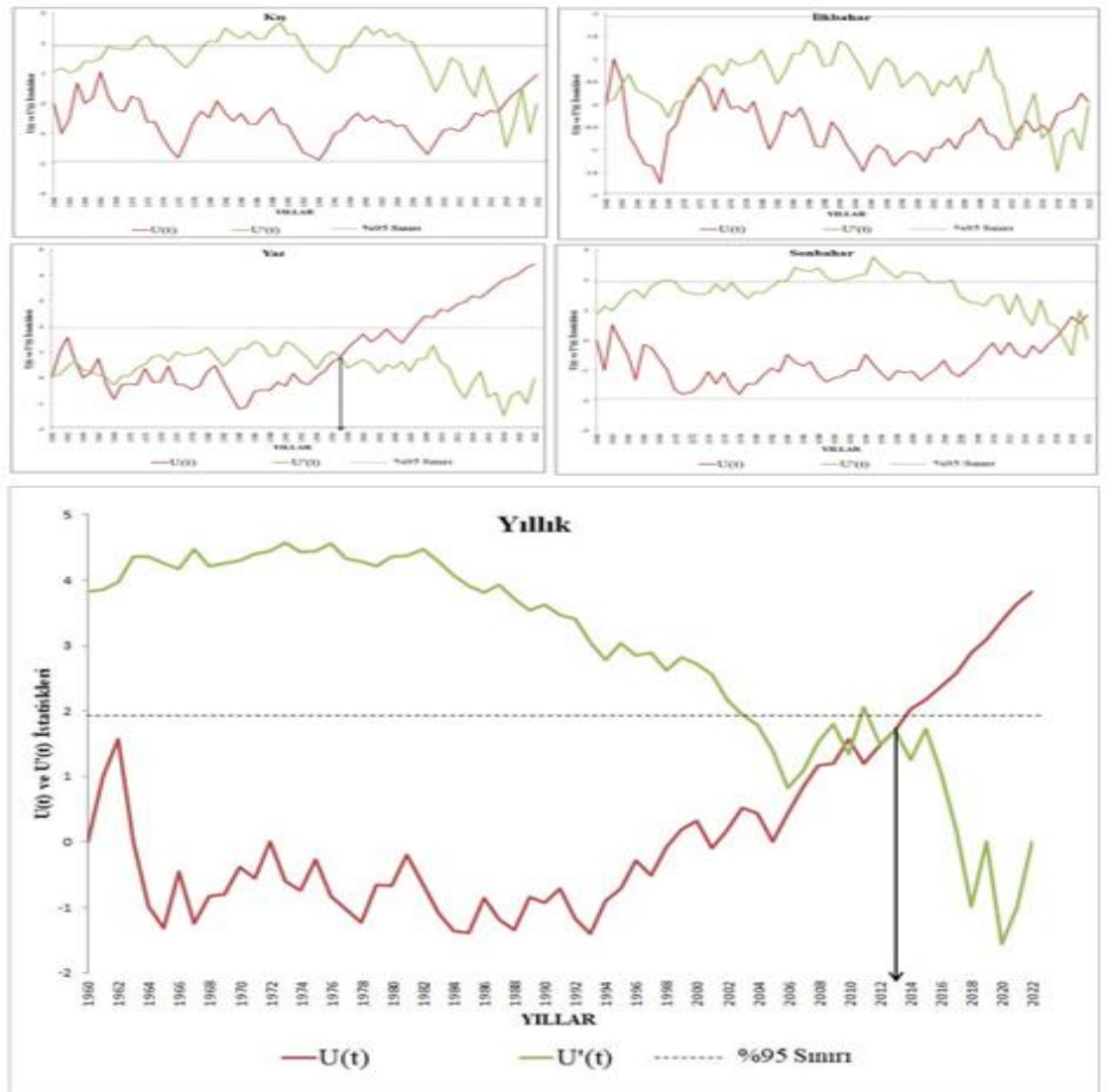
İlker ve Terzi (2021), Çankırı ve Kastamonu illerindeki sekiz istasyonda 1980-2017 yılları arasındaki maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık verilerine Mann-Kendall ve Sen'in Trend Eğim testlerini uygulayarak aylık, mevsimlik ve yıllık trend analizi yapmışlar, her iki il içinde sıcaklıklarda artan eğim görüldüğünü bildirmişlerdir. Sivas ilinde 1929-2019 yılları arasında farklı dönemlerde 7 istasyondan alınan verilerde yaz aylarında ve yıllık ortalama sıcaklıklarda anlamlı bir artan trend (Karakuş ve Güler 2022) olduğu ve Kızılırmak Havzasında yapılan çalışmada 1975 ile 2015 yılları arasında görülen yağışlarda trend eğilimi kaydedilmezken ortalama yıllık sıcaklık değerlerinde % 95'lik önem aralığına göre artan bir eğilim (Ercan ve Yüce 2017) olduğu kaydedilmiştir.

Karakuş ve Güler (2022), sıcaklık ve yağış ölçümlerinde görülen trendlerin iklim değişikliği olgusunu desteklediğini bildirmişlerdir. Çalışmada, iklim değişikliği etkilerinin orta ve yüksek enlemlerde daha fazla görüleceği, İç Anadolu Bölgesinde etki alanında yer aldığı, 40° ve 70° kuzey enlemleri arasında uzun süreli ısınma eğiliminin daha fazla olduğu (Karabulut ve Cosun 2009) belirtilmiştir. Yapılan birçok çalışmaya görede, Türkiye'de son yıllarda farklı bölgelerde yağışlar azalırken, sıcaklıkların arttığı da bildirilmiştir (Demir vd. 2010, Türkeş vd. 2009, Partal ve Kahya 2006).

Sıcaklık ve yağış üzerinde görülen iklim değişikliği etkileri buharlaşma gibi hidrolojik döngünün unsurlarını, tarım ve orman alanları ile bitkilerin doğal yaşam alanlarını, tarımsal çeşitlilik ve verim gibi birçok parametreyi olumsuz yönde etkilemektedir (Çiflik 2012). Küresel ısınma ve artan sıcaklıklar nedeniyle buharlaşmanın arttığı (Wang and Gaffen 2001), buharlaşma ve nem döngülerindeki değişikliklerinde gelecekte yoğun yağışlara ve aşırı hava olaylarına yol açabileceği belirtilmiştir (Tokmakçı vd. 2025).

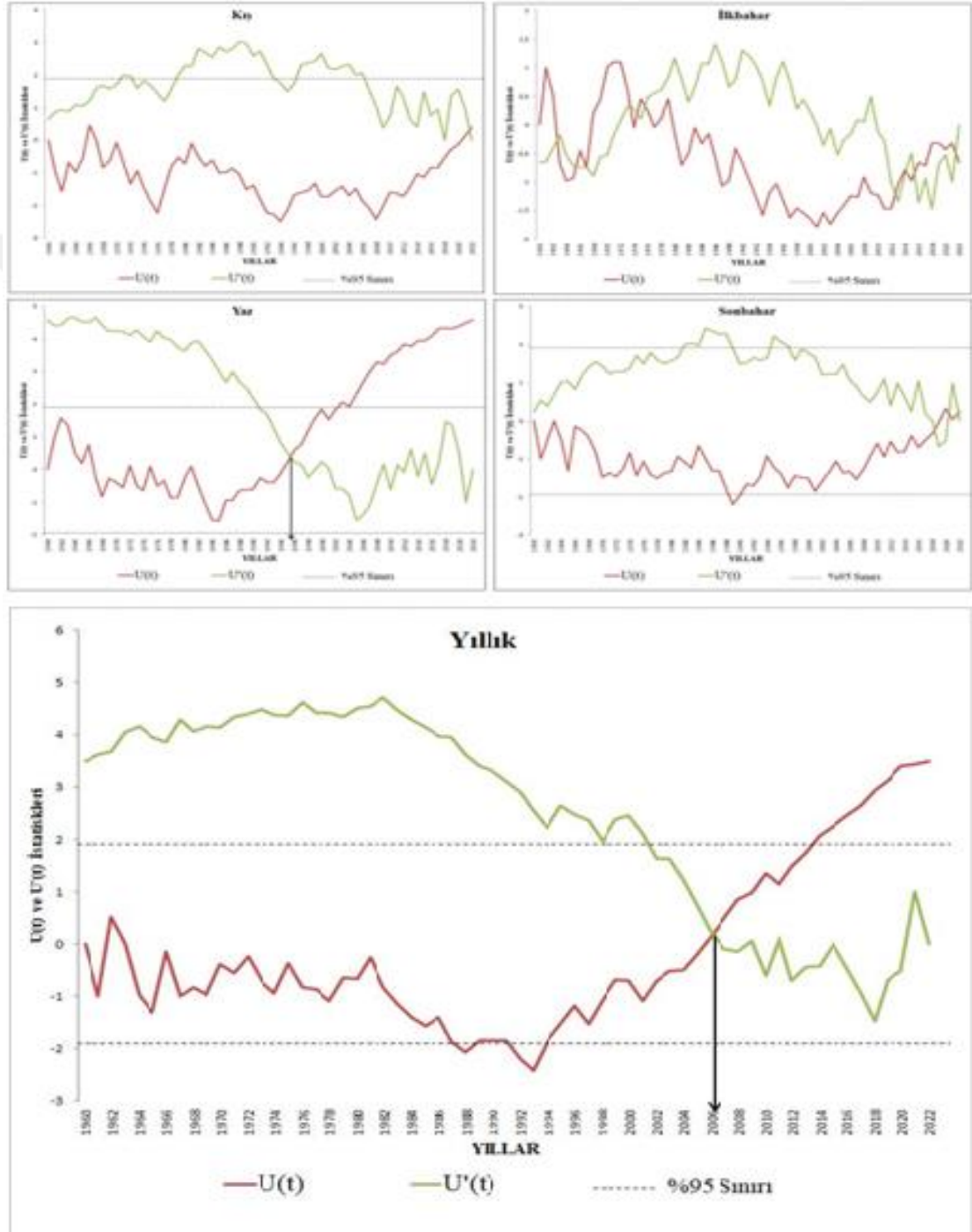
4.5 Mann Kendall Mertebe Korelasyon (MKMK) Testi

İstasyonlara ait mevsimsel ve yıllık PET değerleri R Studio 'trendchange' veri tabanı ile hesaplanmıştır. Hesaplanan $u(t)$ ve $u'(t)$ serileri 'Excel 2010'da hazırlanarak Şekil (4.1-4.8)'de gösterilmiştir. Şekil 4.1'de Çankırı istasyonunda yaz mevsiminde 1997 yılında kestikten sonra başlayan anlamlı artan bir trend olduğu, kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ise bir trendin olmadığına işaret etmektedir. Yıllık PET değerinde 2013 yılından sonra anlamlı artan bir trend olduğu gözlemlenmiştir.



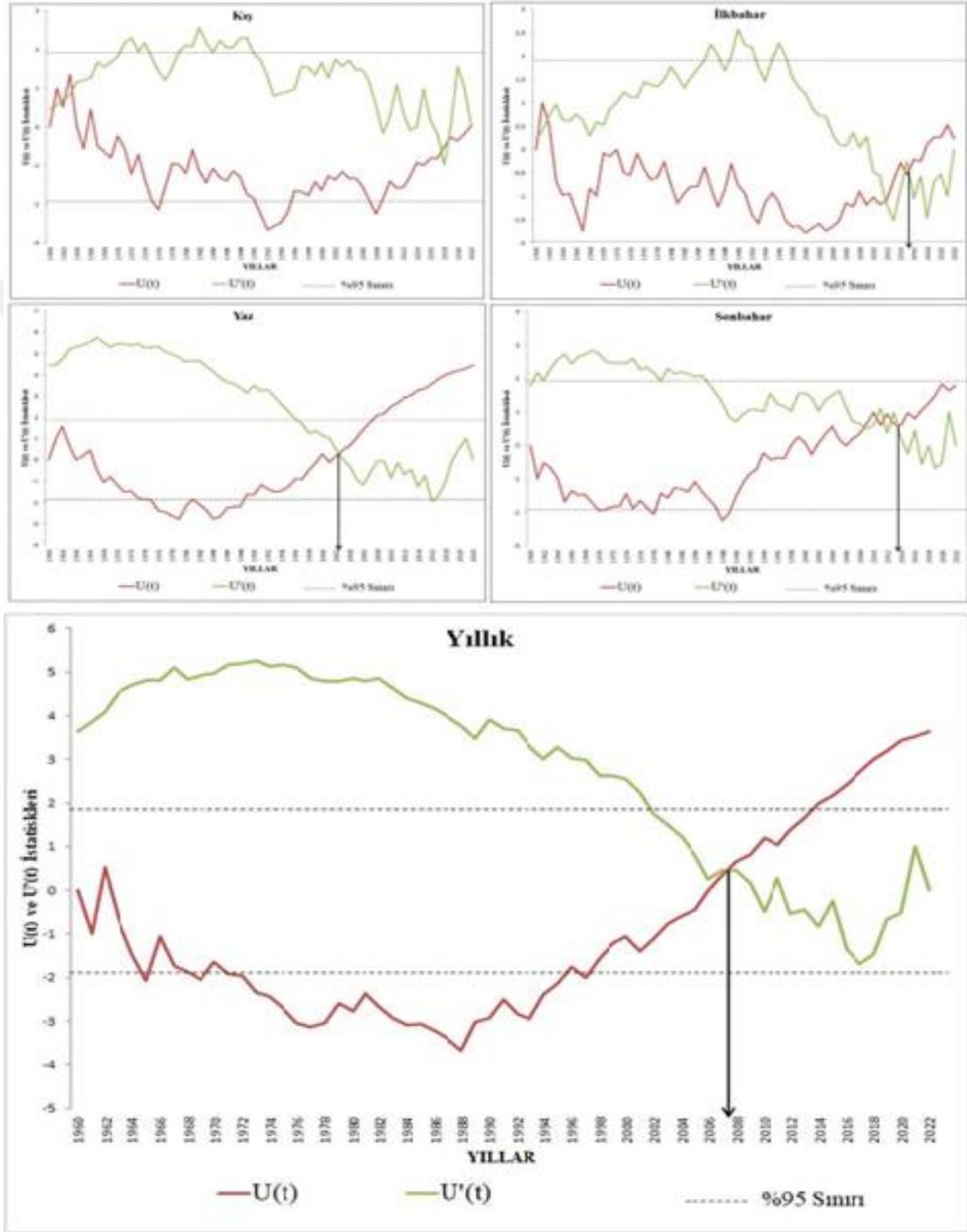
Şekil 4.1 Çankırı istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri

Şekil 4.2'deki Kastamonu istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK test grafiklerine göre, yaz mevsiminde 1995 yılından sonra başlayan anlamlı artan bir trend olduğu gözlemlenmiştir. Kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde anlamlı trendin olmadığı görülmüştür. Yıllık PET değerinde 2006 yılından sonra başlayan anlamlı artan trend olduğu gözlemlenmiştir.



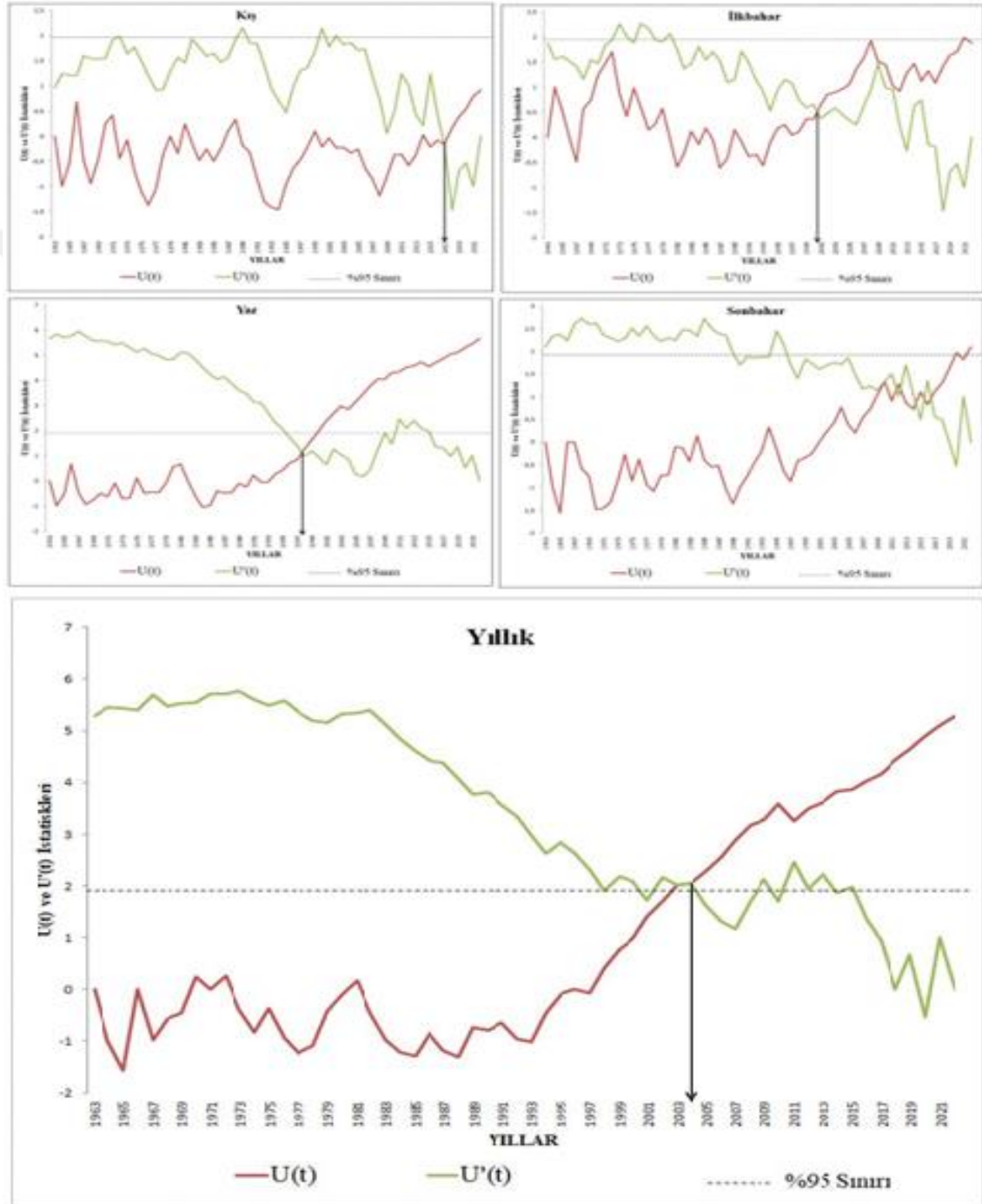
Şekil 4.2 Kastamonu istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri

Şekil 4.3'te Kayseri istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK test grafiklerine göre, kış mevsiminde anlamlı bir trend görülmemiş ancak ilkbahar mevsiminde 2015, sonbahar mevsiminde 2014, yaz mevsiminde 2002 ve yıllık PET değerinde 2007 yılından sonra başlayan anlamlı artan bir trend olduğu görülmüştür.



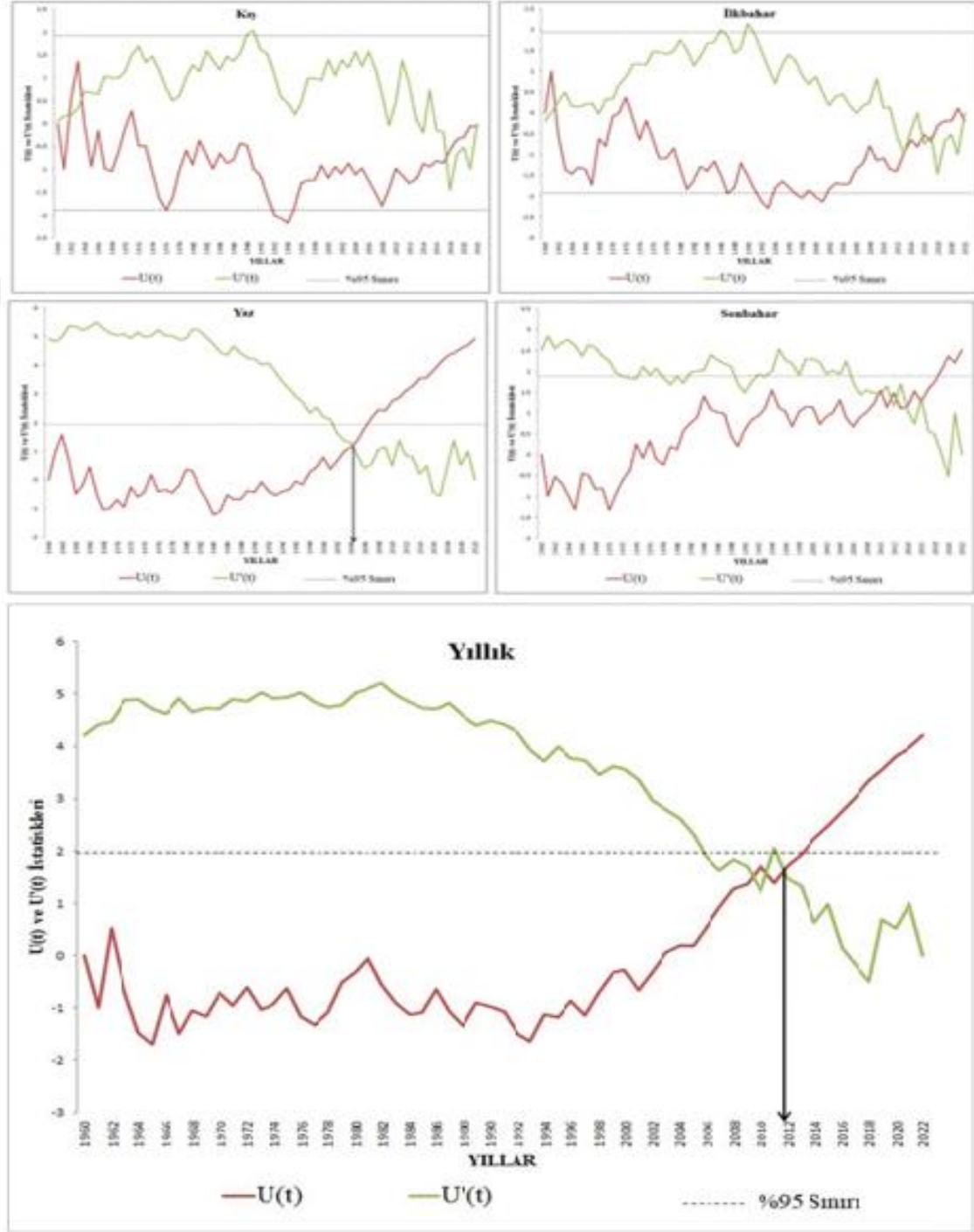
Şekil 4.3 Kayseri istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri

Şekil 4.4'te Kırıkkale istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK test grafikleri verilmiştir. Kış mevsiminde 2017, ilkbahar mevsiminde 2001, yaz mevsiminde 1998 ve yıllık PET değerinde 2004 yılından sonra başlayan anlamlı artan bir trend olduğu gözlemlenmiştir. Sonbahar mevsiminde anlamlı bir trend olmadığı gözlemlenmiştir.



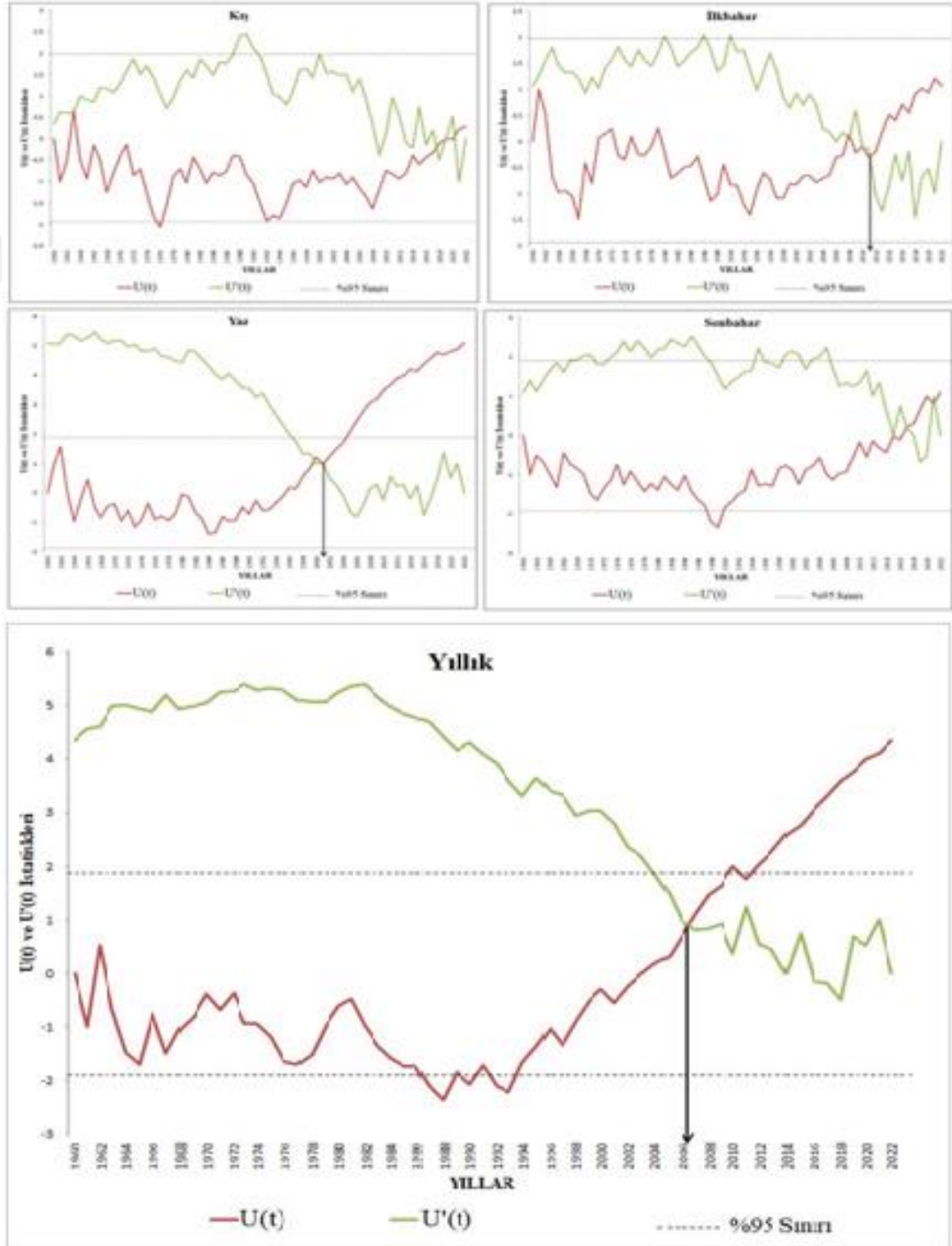
Şekil 4.4 Kırıkkale istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri

Şekil 4.5'te Kırşehir istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK test grafikleri verilmiştir. Yaz mevsiminde 2004 ve yıllık PET değerinde 2012 yılından başlayan anlamlı artan bir trend olduğu gözlemlenmiştir. Kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde anlamlı bir trendin olmadığı görülmüştür.



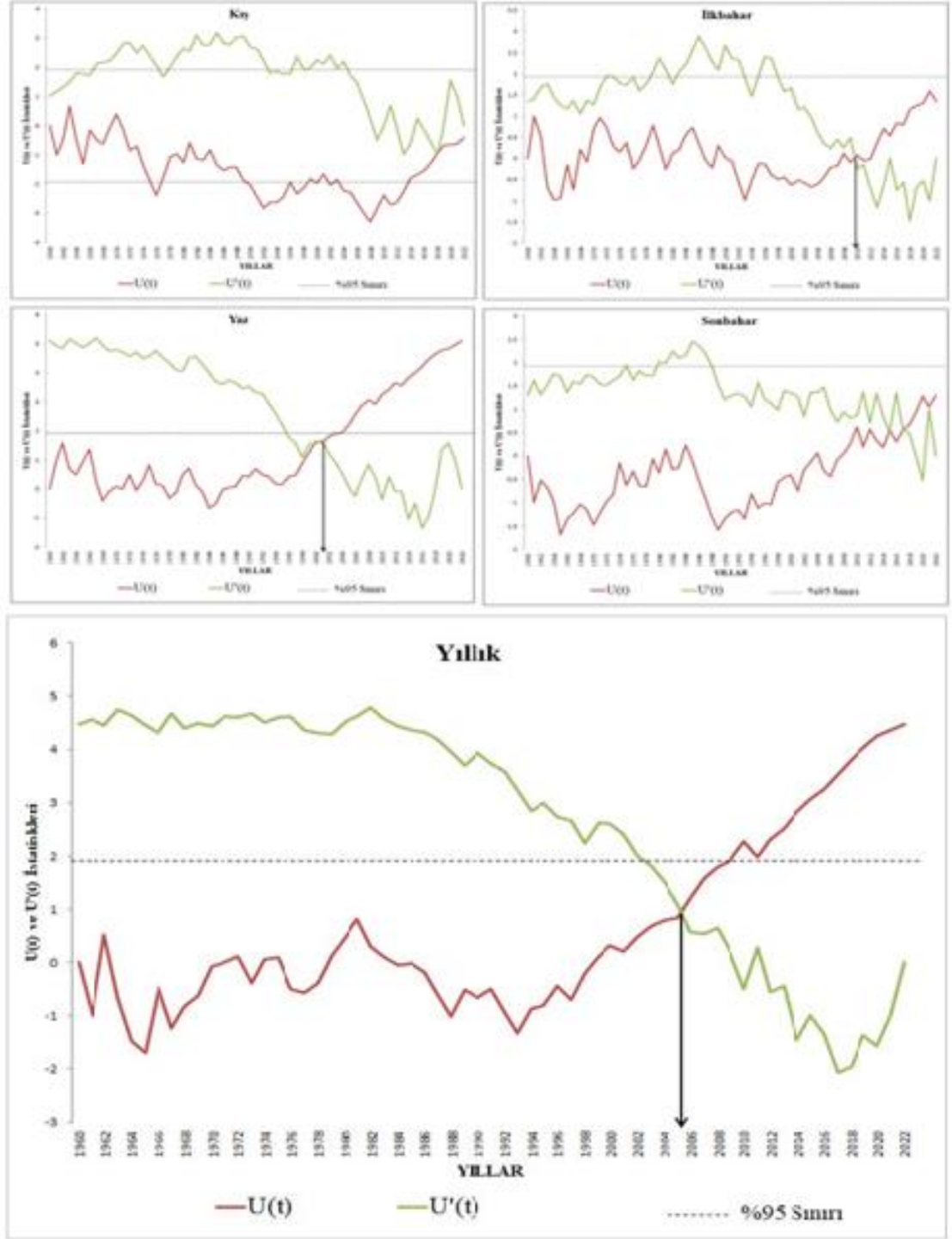
Şekil 4.5 Kırşehir istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri

Şekil 4.6’da Nevşehir istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK test grafikleri gösterilmiştir. İlkbahar mevsiminde 2011, yaz mevsiminde 1998 ve yıllık PET değerinde 2006 yılından sonra başlayan anlamlı artan bir trend olduğu gözlemlenmiştir. Kış ve sonbahar mevsimlerinde anlamlı trendin olmadığına işaret etmektedir.



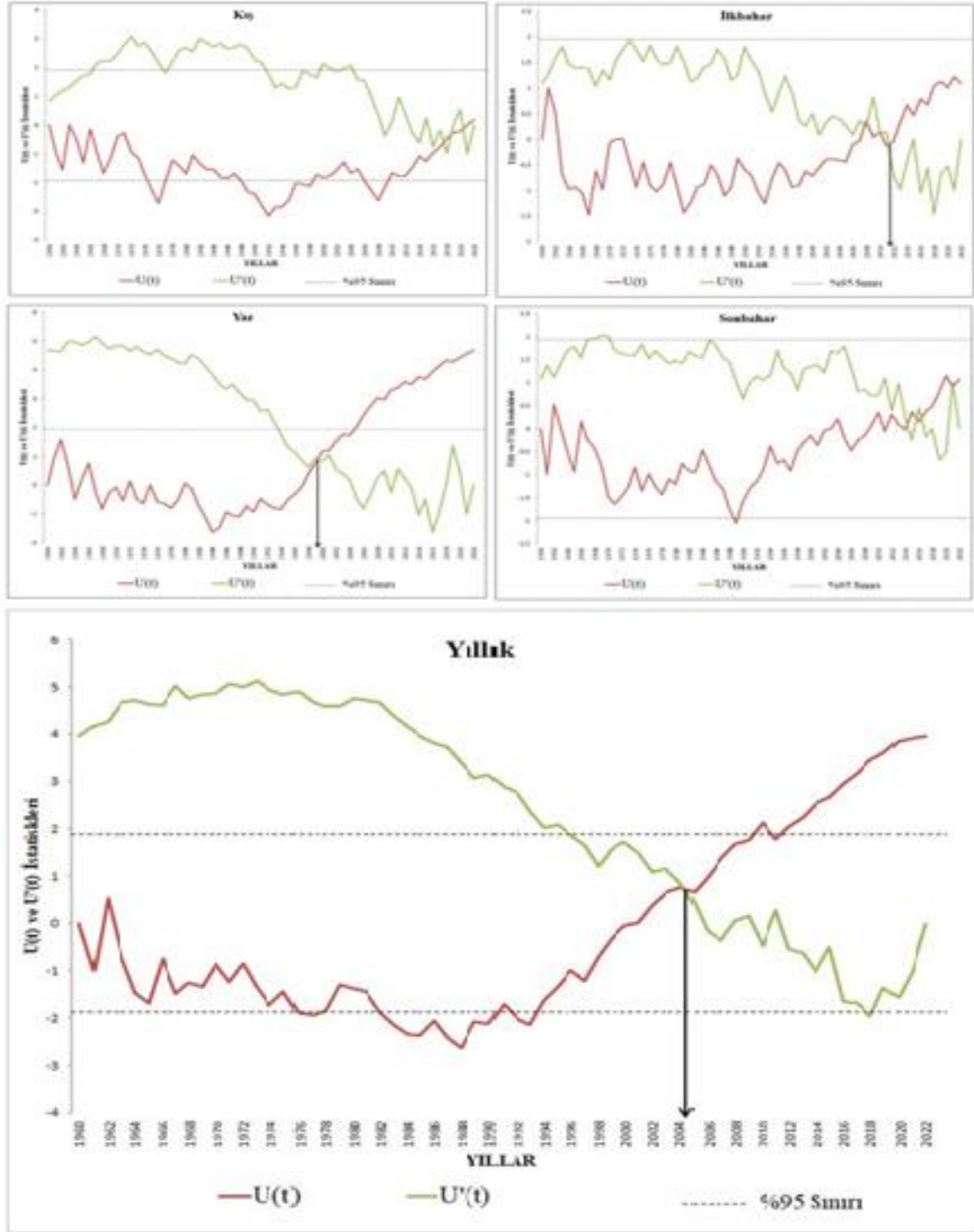
Şekil 4.6 Nevşehir istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri

Şekil 4.7’de Sivas istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK test grafikleri incelendiğinde ilkbahar mevsiminde 2010, yaz mevsiminde 1998 ve Yıllık PET değerinde 2005 yılından sonra başlayan anlamlı artan bir trend olduğu gözlemlenmiştir. Kış ve sonbahar mevsimlerinde anlamlı trendin olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.7 Sivas istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri

Şekil 4.8’de Yozgat istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK test grafiklerine göre ilkbahar mevsiminde 2011, yaz mevsiminde 1998 ve yıllık PET değerinde 2004 yılından sonra başlayan anlamlı artış trendi olduğu gözlemlenmiştir. Kış ve sonbahar mevsimlerinde anlamlı trendin olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.8 Yozgat istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK test grafikleri

Şekil (4.1-4.8)'den görüldüğü gibi bütün istasyonlarda yaz mevsimi ve yıllık PET değerlerinde %95 güven aralığında artan trendler olduğu gözlenmiştir. İllere göre ilk seri ve ikinci serinin kesim noktaları Yozgat-Kırıkkale, Sivas, Kastamonu-Nevşehir, Kayseri, Kırşehir ve Çankırı'da sırası ile (2004-2013) yılları arasında gerçekleşmiştir.

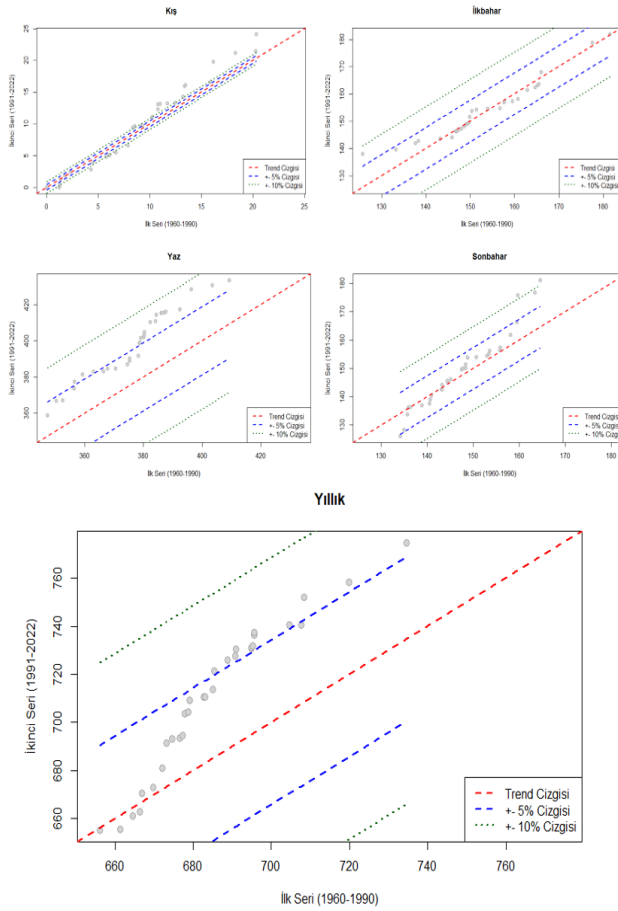
Yapılan hidroloji, klimatoloji veya meteoroloji çalışmalarında havza veya il bazında hesaplanan PET değerlendirmeleri çok nadir olmakla birlikte bulunan sonuçlarında tam olarak açıklandığı araştırmalar oldukça azdır. Bu çalışmada, illere göre PET değerlerinde görülen artan trend başlangıçlarının nedenini, yükselti gibi coğrafik veya rüzgar hızı, nem açığı gibi meteorolojik faktörlere bağlayabiliriz.

Giderek artan sıcaklıklarla orantılı olarak artan evapotranspirasyon, kuraklığın artmasına neden olabilen önemli bir faktör olarak belirtilmektedir. Bu nedenle, klimatolojik su açığı olarak tanımlanan yağış ile potansiyel evapotranspirasyon arasındaki farkın (P-PET) (Türkeş 2013) değerlendirmeye alınması ile de gelecek için öngörülen kuraklık şiddeti ile ilgili daha kolay açıklamalar yapılabileceği bildirilmiştir. Nitekim Kızılırmak Havzası genelinde 1991-2021 döneminde yıllık toplam P-PET ortalaması -247 mm iken, 2021-2049 döneminde yaklaşık %32,3 azalarak -327 mm ye, 2075-2099 döneminde ise %103,3 azalarak -503 mm ye ulaşacağı tahmin edilmektedir (Anonim 2023). Kızılırmak Havzasında ölçülen ve tahmin edilen değerlere göre yağışın giderek azaldığı ve sıcaklık artışına bağlı olarak PET değerlerinin artması illere ait (Şekil 4.1-4.8) artan trend sonuçları ile uyumludur. Kızılırmak Havzasında seçilen 6 meteoroloji istasyon verileri ile yapılan çalışmada da (Bahadır 2011), buharlaşmanın artış sebebi olarak uzun yıllar içinde görülen sıcaklıktaki artma, yağışta ise azalma kaydedilmiştir. Havzada bulunan iller bazında ise sıcaklık ve yağış ilişkisinde Yozgat'ta (-0.173), Sivas'ta (-0.218), Kırıkkale'de (-0.259) ve Kırşehir'de (-0.543) hesaplanan değerler ve yağışlarda görülen azalma eğiliminin devam edeceği tahmini, bu çalışmadaki artan buharlaşma sonuçlarını desteklemektedir.

4.6 Şen'in Yenilikçi Trend Analiz Yöntemi (ITA)

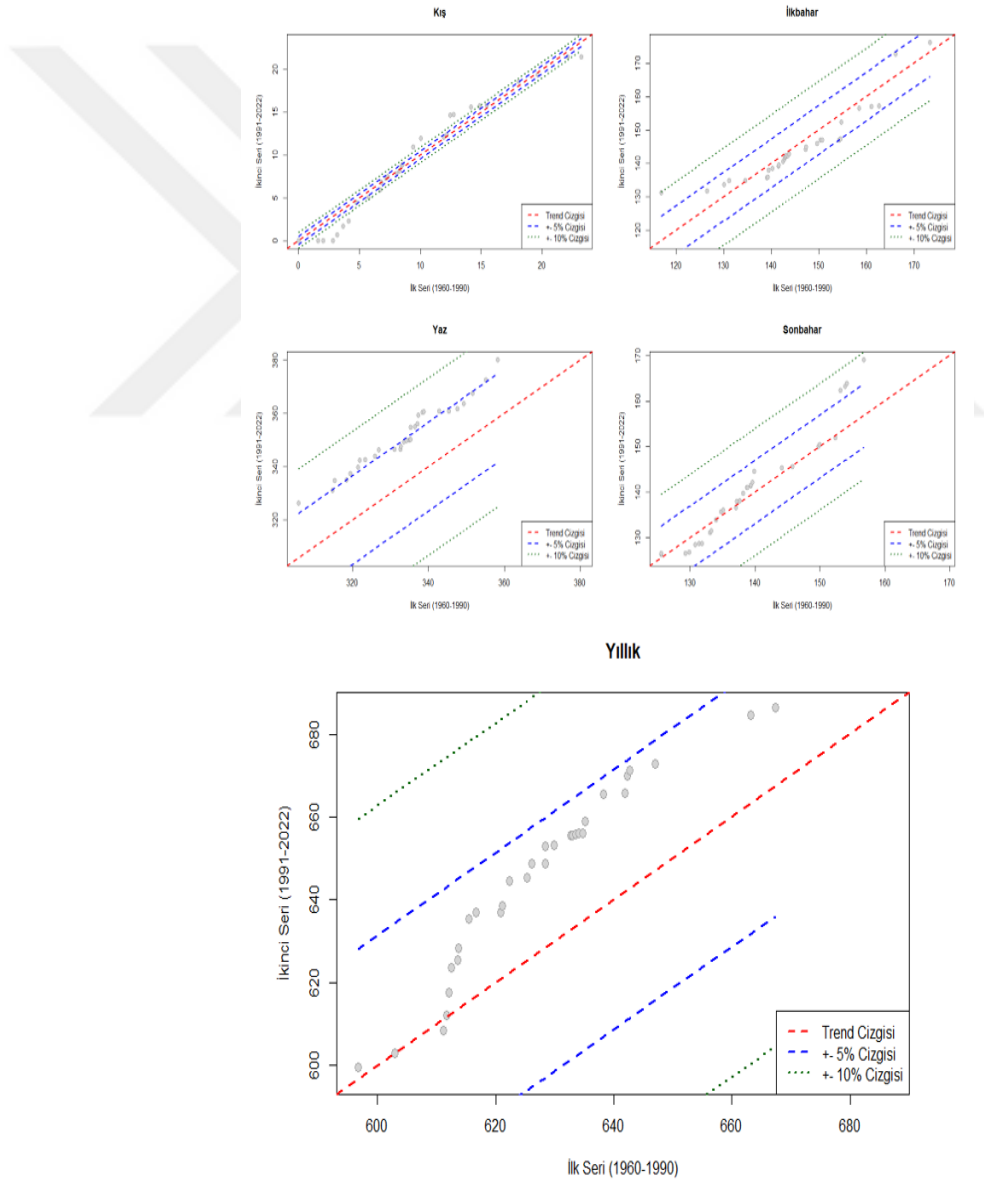
İstasyonlara ait mevsimsel ve yıllık PET değerleri R Studio programının kütüphanesinde bulunan 'trendchange' veri tabanı ile hesaplanmış, Şekil (4.9-4.16)'da, çalışma alanı istasyonlarına ait ITA eğilim sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Şekil 4.9’da Çankırı istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin ITA eğilim grafikleri gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, kış mevsiminde PET değeri 10-25 arasında olan seriden artan monoton olmayan trend olduğu gözlemlenmiştir. İlkbahar mevsiminde ise PET değerleri 1:1 çizgisi üzerinde olduğundan trend olmadığı gözlenmiştir. Sonbahar mevsiminde 130-145 aralığındaki PET değerleri için azalan monoton olmayan trend geçişi gözlemlenmiş, 145-160 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5 aralığında gerçekleşirken, 160-180 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde ise 360-380 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5 aralığında gerçekleşirken, 380-420 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Yıllık 660-670 aralığındaki PET değerleri için azalan monoton olmayan trend geçişi gözlemlenmiş, 670-690 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5 aralığında gerçekleşirken, 690-750 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend ise %5-10 aralığında gerçekleşmiştir.



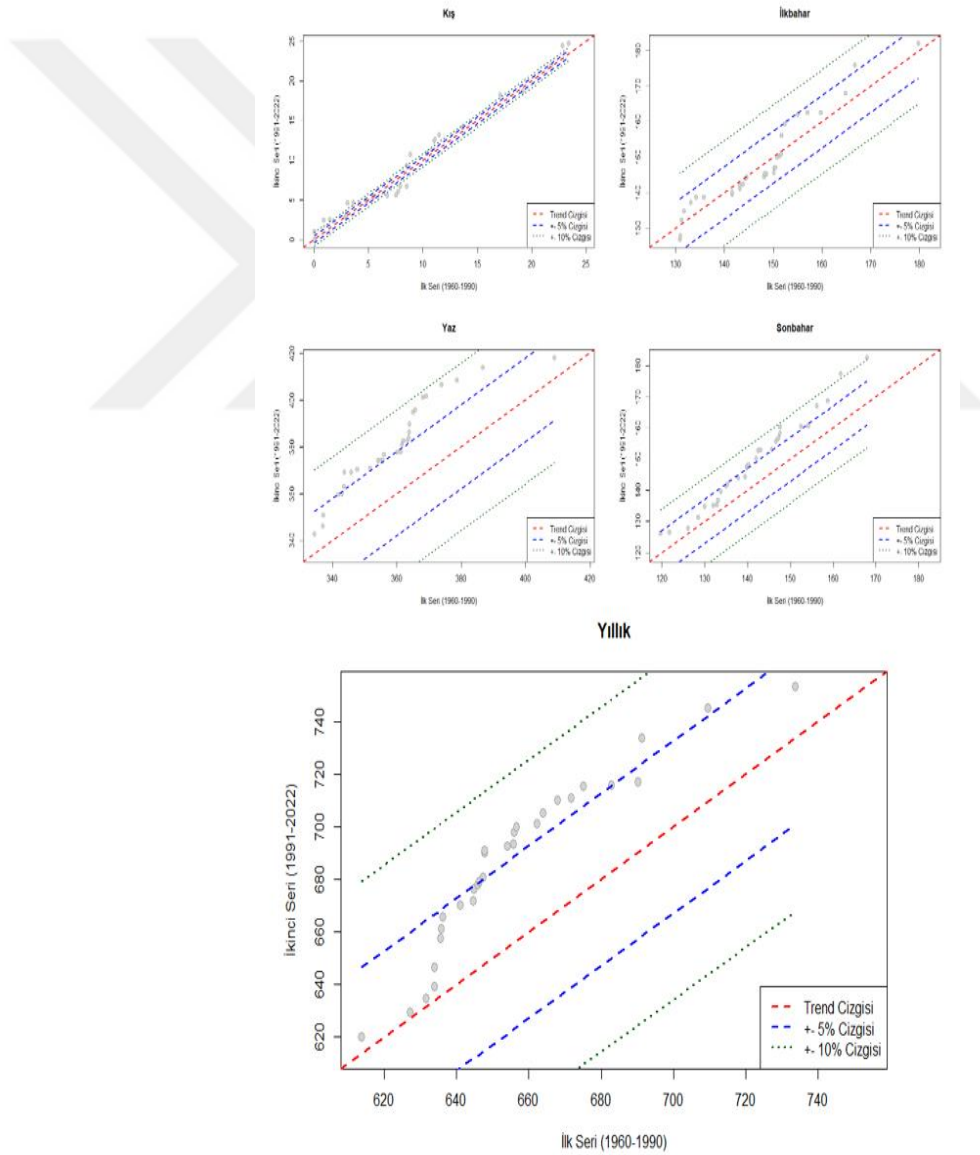
Şekil 4.9 Çankırı istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri

Şekil 4.10'da Kastamonu istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin ITA eğilim grafiklerine göre kış ve ilkbahar mevsiminde PET değerleri 1:1 çizgisi üzerinde artan ve azalan şekilde olduğundan trend olmadığı gözlenmiştir. Sonbahar mevsiminde 130-155 aralığındaki PET değerleri için azalan monoton olmayan trend geçişi gözlemlenmiş, 155-170 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Yıllık 600-620 aralığındaki PET değerleri için azalan monoton olmayan trend geçişi gözlemlenmiş, 620-680 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5 aralığında gerçekleşmiştir.



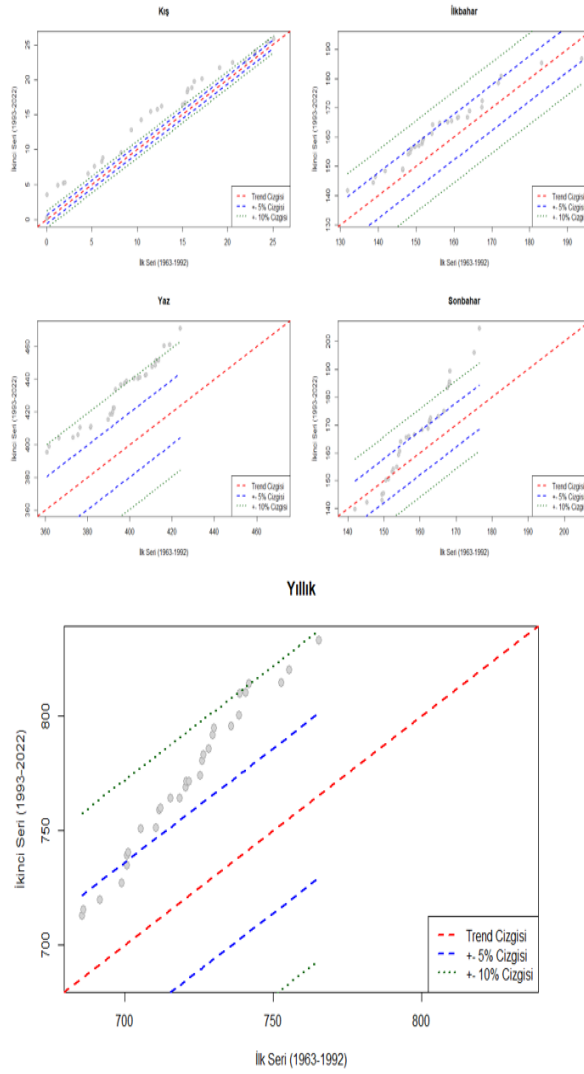
Şekil 4.10 Kastamonu istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafiği

Şekil 4.11’de Kayseri istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin ITA eğilim grafikleri incelendiğinde kış ve ilkbahar mevsiminde PET değerleri 1:1 çizgisi üzerinde artan ve azalan olduğundan trend olmadığı gözlenmiştir. Sonbahar mevsiminde 120-150 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 150-180 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde 340-370 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5%, 370-420 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10% aralığında gerçekleşmiştir. Yıllık 620-650 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 650-740 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir.



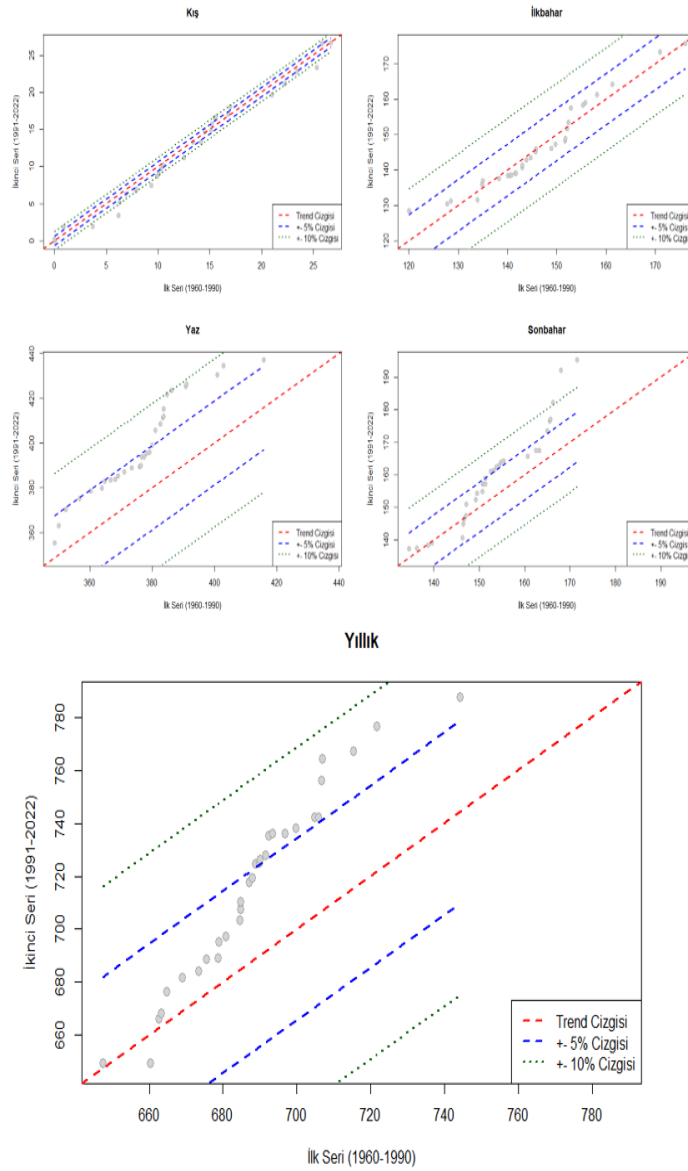
Şekil 4.11 Kayseri istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri

Şekil 4.12’de Kırıkkale istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin ITA eğilim grafiklerinde, kış mevsiminde PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. İlkbahar mevsiminde PET değerleri için artan monoton trend %0-5% aralığında gerçekleşmiştir. Sonbahar mevsiminde 140-160 aralığındaki PET değerleri için azalan artan monotonik olmayan trend, 160-170 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 170-190 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Yıllık 700-730 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend % 0-5, 730-800 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir.



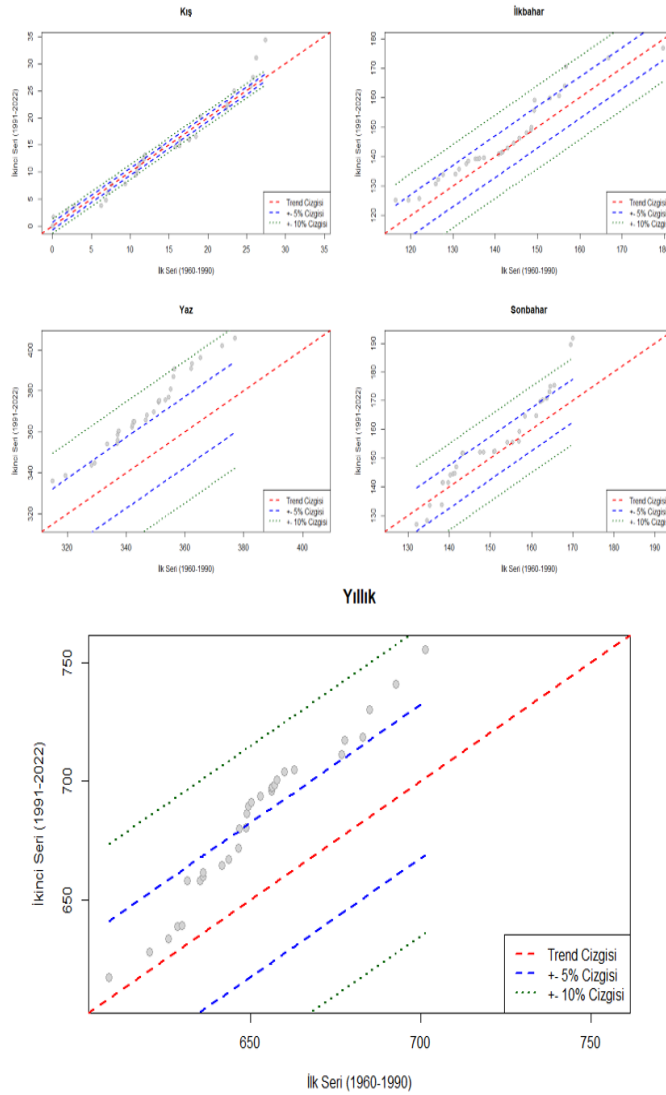
Şekil 4.12 Kırıkkale istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri

Şekil 4.13'te Kırşehir istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin ITA eğilim grafikleri incelendiğinde kış mevsiminde PET değerleri için azalan monoton trend %5-10 aralığında, ilkbahar mevsiminde PET değerleri için artan monoton trend %0-5 aralığında gerçekleşmiştir. Sonbahar mevsiminde 140-150 aralığındaki PET değerleri için azalan monotonik olmayan trend görülmüş, 150-160 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5 aralığında, 160-190 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında ve yaz mevsiminde PET değerleri için artan monoton trend %5-10 gerçekleşmiştir. Yıllık 700-730 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 730-800 aralığında ise %5-10 aralığında gerçekleşmiştir.



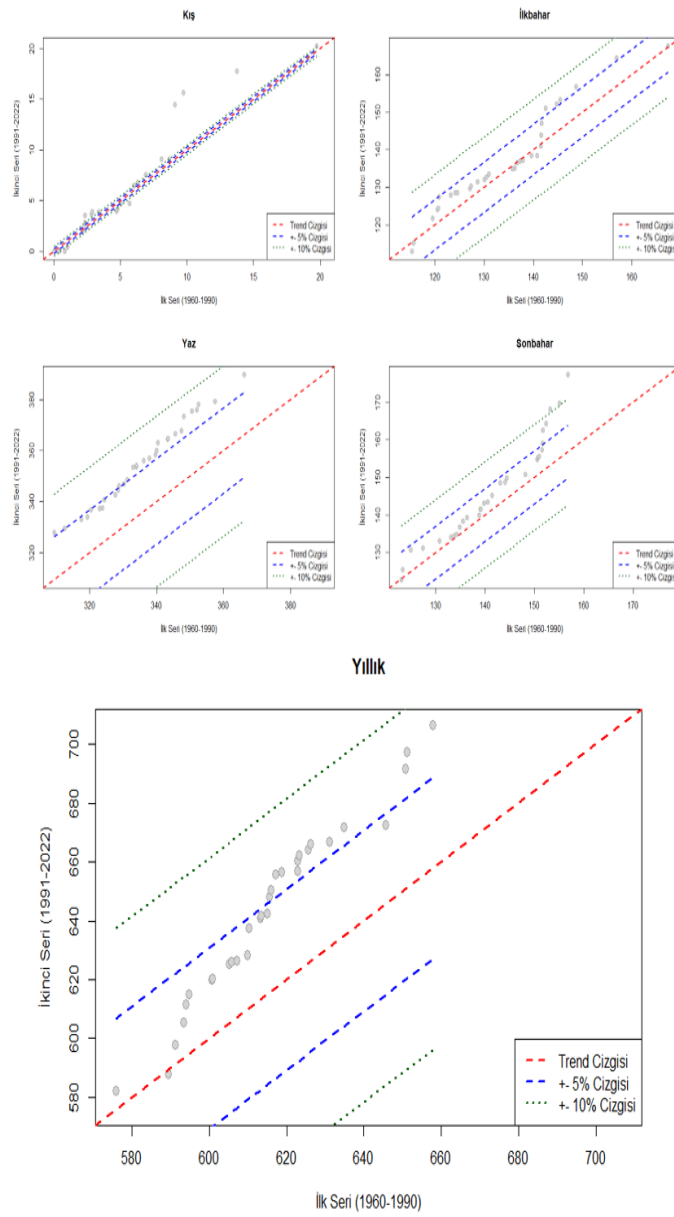
Şekil 4.13 Kırşehir istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri

Şekil 4.14'te Nevşehir istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin ITA eğilim grafiklerinde kış mevsiminde PET değerlerinde 1:1 çizgisi üzerinde artan ve azalan veriler olduğundan trend olmadığı gözlenmiştir. İlkbahar mevsiminde 120-150 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 150-170 aralığında %5-10, 170-180 aralığında PET değerleri için azalan monotonik olmayan trend gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde PET değerleri için artan monoton trend %5-10 gerçekleşmiştir. Sonbahar mevsiminde 130-140 aralığındaki PET değerleri için artan monotonik olmayan trend, 140-160 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 160-180 aralığı için %5-10 gerçekleşmiştir. Yıllık 600-650 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 650-750 aralığında ise %5-10 aralığında gerçekleşmiştir.



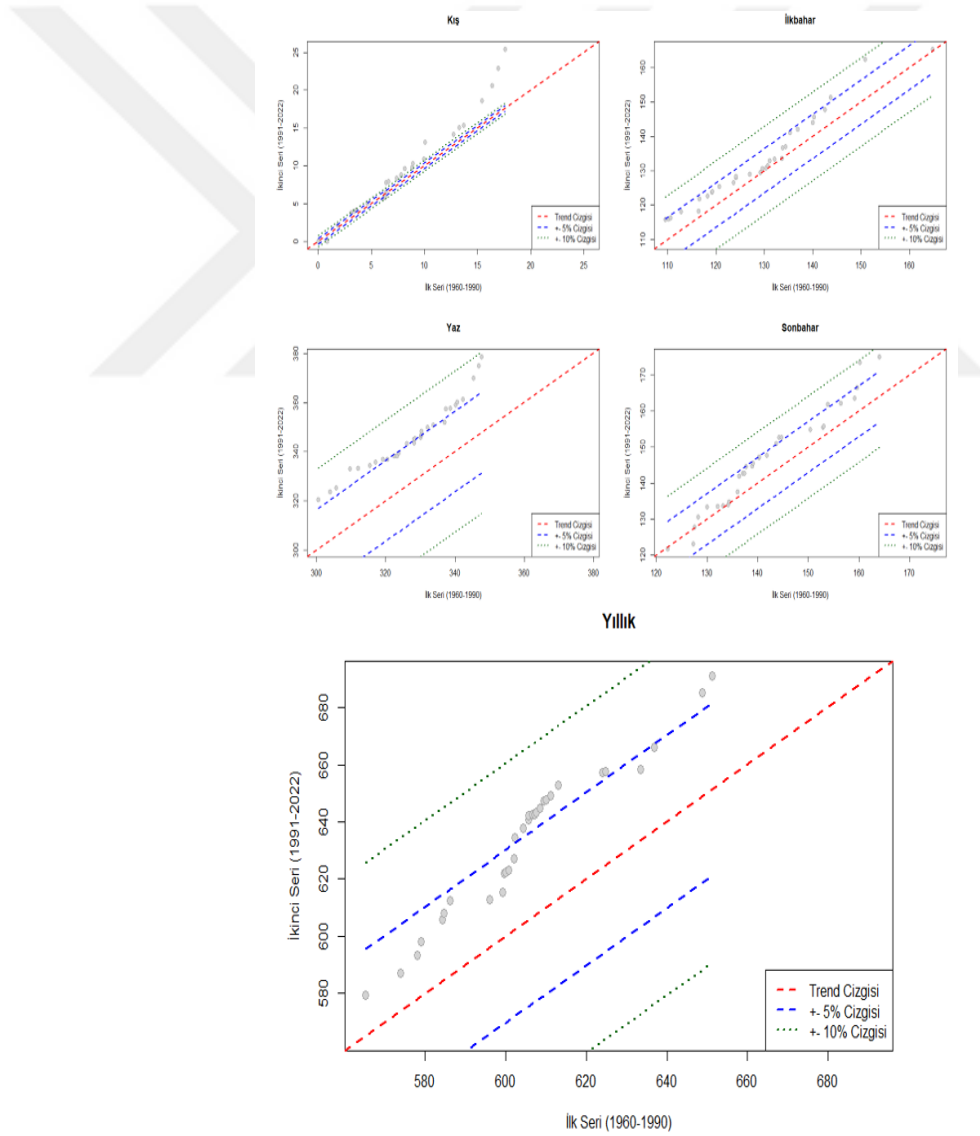
Şekil 4.14 Nevşehir istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri

Şekil 4.15'te Sivas istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin ITA eğilim grafiklerinde kış ve ilkbahar mevsiminde PET değerlerinde 1:1 çizgisi üzerinde artan ve azalan veriler olduğundan trend olmadığı gözlenmiştir. Sonbahar mevsiminde 120-150 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 150-170 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde PET değerleri için artan monoton trend %5-10 gerçekleşmiştir. Yıllık 580-620 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 620-700 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.15 Sivas istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri

Şekil 4.16’da Yozgat istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin ITA eğilim grafiklerinde kış mevsiminde PET değerleri 1:1 çizgisi üzerinde artan ve azalan veriler olduğundan trend olmadığı gözlenmiştir. İlkbahar mevsiminde 110-145 PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 145-170 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Sonbahar mevsiminde 120-130 aralığındaki PET değerleri için artan monotonik olmayan trend, 130-160 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 160-170 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %5-10 aralığında gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde PET değerleri için artan monoton trend %5-10 gerçekleşmiştir. Yıllık 560-610 aralığındaki PET değerleri için artan monoton trend %0-5, 610-680 aralığında ise %5-10 aralığında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.16 Yozgat istasyonuna ait PET değerlerinin ITA metodu ile analiz grafikleri

Çizelge 4.13 Çalışma alanı istasyonlarına ait İTA eğilim sonuçları

İSTASYON		KIŞ	İLKBAHAR	YAZ	SONBAHAR	YILLIK
Çankırı	Eğim	0,023**	0,018	0,683**	0,064**	0,787**
	Anlamlılık %95	0,007	0,021	0,036	0,020	0,062
	Anlamlılık %99	0,009	0,027	0,048	0,026	0,081
	Trend	↑	↔	↑	↑	↑
Kastamonu	Eğim	-0,005	-0,031	0,562**	0,047**	0,572**
	Anlamlılık %95	0,009	0,032	0,025	0,018	0,045
	Anlamlılık %99	0,012	0,042	0,032	0,024	0,059
	Trend	↔	↔	↑	↑	↑
Kayseri	Eğim	0,012**	0,021	0,681**	0,245**	0,959**
	Anlamlılık %95	0,008	0,026	0,053	0,014	0,091
	Anlamlılık %99	0,011	0,034	0,070	0,019	0,120
	Trend	↑	↔	↑	↑	↑
Kırıkkale	Eğim	0,077**	0,191**	1,189**	0,243**	1,701**
	Anlamlılık %95	0,010	0,023	0,051	0,024	0,050
	Anlamlılık %99	0,013	0,030	0,066	0,031	0,065
	Trend	↑	↑	↑	↑	↑
Kırşehir	Eğim	-0,015**	0,006	0,685**	0,205**	0,880**
	Anlamlılık %95	0,008	0,022	0,050	0,029	0,061
	Anlamlılık %99	0,010	0,029	0,065	0,039	0,081
	Trend	↓	↔	↑	↑	↑
Nevşehir	Eğim	0,006	0,126**	0,738**	0,144**	1,014**
	Anlamlılık %95	0,014	0,028	0,027	0,030	0,054
	Anlamlılık %99	0,018	0,036	0,036	0,040	0,070
	Trend	↔	↑	↑	↑	↑
Sivas	Eğim	0,019**	0,084**	0,615**	0,163**	0,881**
	Anlamlılık %95	0,011	0,024	0,016	0,024	0,046
	Anlamlılık %99	0,014	0,032	0,021	0,032	0,061
	Trend	↑	↑	↑	↑	↑
Yozgat	Eğim	0,042**	0,122**	0,599**	0,148**	0,910**
	Anlamlılık %95	0,008	0,020	0,032	0,020	0,051
	Anlamlılık %99	0,010	0,026	0,042	0,026	0,068
	Trend	↑	↑	↑	↑	↑

*%99 güven aralığında anlamlı trend, **%95 güven aralığında anlamlı trend

İstasyonlara ait PET değerlerinin ITA metodu ile analizinde ilk seri (1960-1990) ve ikinci seri (1991-2022) grafiklerinde (Şekil 4.9-4.16) genel olarak 1990 yılından sonra artan eğimlerle bir kırılma noktası gözlenmiştir. Çizelge 4.12’de ise Çankırı istasyonunda yıllık güven aralıklarının alt ve üst sınırları %95 ($\pm 0,062$) ve %99 ($\pm 0,081$) belirlenmiştir. Çankırı yıllık eğim değeri (0,787) hesaplanan üst sınırdan $\pm 0,081$ ’den büyük olduğundan %99 güven aralığında anlamlı artan bir trend olduğu varsayılır. Ayrıca, Çankırı ve Kayseri istasyonunda kış, yaz, sonbahar mevsimleri ve yıllık değerlerde %99 güven aralığında anlamlı artan bir trend olduğu, ilkbahar mevsiminde ise anlamlı trend olmadığı gözlemlenmiştir.

Kastamonu istasyonunda yaz ve sonbahar mevsimleri ve yıllık değerlerde %99 güven aralığında anlamlı artan bir trend görülmüştür. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde ise anlamlı bir trend olmadığı gözlemlenmiştir. Kırıkkale, Sivas ve Yozgat istasyonlarında kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri ve yıllık değerlerde %99 güven aralığında anlamlı artan bir trend olduğu gözlemlenmiştir.

Kırşehir istasyonunda, kış mevsiminde %99 güven aralığında anlamlı azalan bir trend olduğu gözlenmiş, yaz ve sonbahar mevsimleri ve yıllık değerlerde %99 güven aralığında anlamlı artan bir trend olduğu ancak ilkbahar mevsiminde anlamlı bir trend olmadığı gözlemlenmiştir. Nevşehir istasyonunda ise ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri ve yıllık değerlerde %99 güven aralığında anlamlı artan bir trend görülmüştür. Kış mevsiminde ise anlamlı bir trend olmadığı gözlemlenmiştir.

İstasyonlara ait PET değerlerinde tüm istasyonlarda yaz ve yıllık değerlerde olmakla birlikte genel olarak 1990 yılından sonra artan eğimlerle bir kırılma noktası gözlenmiştir. Benzer şekilde, yapılan diğer çalışmalarda sıcaklık değerlerinde artan, yağış değerlerinde ise azalan bir trendin başladığı ve bu şekilde devam eden yılların yaşandığı kaydedilmiştir (Kadıoğlu 1997, Türkeş 2002, Tatlı vd. 2005, Özdemir ve Bahadır 2008, Şahin 2010). Aktürk vd. (2022)’ye göre İç Anadolu’da 1963-2018 yılları arasında hesaplanan kuraklık ölçümlerinde en uzun süre ve en şiddetli kuraklıkların 2000 yılından sonra sıcaklıklarda görülen artışlar nedeni ile olduğu rapor edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Kızılırmak Havzası için daha önce yapılan araştırmalarda elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermiştir. Kızılırmak Havzası Yönetim Planına (2023) göre PET değerlerinde kaydedilen artışlar, çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Sivas ilini kapsayan Yukarı Kızılırmak Alt Havzasında 2022-2049 yılları için %1,0-9,1 aralığında, 2050-2074 yıllarında ise %5,2-20,6 aralığında öngörülen artan ortalama PET değerleri kaydedilmiştir. Sivas ili iklim özellikleri trend analizi çalışmalarında (Kartal 2024, 2025) uzun süreli sıcaklık artışları ve yağış azalmalarının kaydedilmesi, PET'daki artışları desteklemektedir. Özellikle yaz dönemlerinde artan sıcaklıklarla birlikte nemli ve yağışlı havalar kuru ve sıcak hava koşullarına dönüşmektedir. Bölgelerin coğrafi koşullarından yükselti, eğim, bakı, dağların uzanış yönü ve karasallık gibi koşullar iklim şartlarını belirlediğinden yağış ve sıcaklık ve dolayısıyla evapotranspirasyon üzerinde etkili faktörler olmaktadır (Kartal 2025).

Benzer şekilde, Kastamonu ilinin dahil olduğu Aşağı Kızılırmak Alt Havzasında 2022-2049 yılları için % 0,1-8,2 aralığında, 2050-2074 yıllarında ise %3,5-18,9 aralığında öngörülen artan ortalama PET değerleri kaydedilmiştir. Yozgat ilini kapsayan Delice Kızılırmak Alt Havzasında 2022-2049 yılları için %-0,5-7,5 aralığında, 2050-2074 yıllarında ise %3,2-19,0 aralığında öngörülen artan ortalama PET değerleri kaydedilmiştir. Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Kırıkkale ve Çankırı illerini kapsayan Orta Kızılırmak Alt Havzasında 2022-2049 yılları için %0,0-8,1 aralığında, 2050-2074 yıllarında ise %3,6-20,3 aralığında öngörülen artan ortalama PET değerleri kaydedilmiştir. Sıcaklıklarda görülen artışlar nedeni ile özellikle son yıllarda PET değerlerinde artan trendlerin olduğu tahmin edilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye'nin büyük havzalarından olan Kızılırmak Havzasında yer alan illerde iklim değişikliğinin potansiyel evapotranspirasyon (PET) üzerinde etkileri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçların su yönetimi, tarımsal üretim ve çevre açısından sürdürülebilir planlamalarda yardımcı olması amaçlanmıştır. Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen ve Kızılırmak Havzasındaki 9 farklı istasyondan 1960-2022 yılları arasında ölçülen ortalama aylık sıcaklık verileri kullanılmıştır. Sıcaklık verileri Thornthwaite yöntemi ile PET verilerine dönüştürülerek Run Homojenlik Testi uygulanmıştır. Ortalama sıcaklıklarının Kastamonu ve Niğde istasyonlarında homojen olmadığı diğer istasyonlarda homojen olduğu, PET verilerinde Kayseri, Kırıkkale ve Niğde istasyonlarının homojen olmadığı diğer istasyonların homojen olduğu sonucuna varılmıştır. Çankırı, Kastamonu ve Kayseri istasyonlarında anlamlı trend olduğu (Mann-Kendall) sonucuna varılmıştır. Bütün istasyonlarda yaz mevsimi ve yıllık PET değerlerinde, Kırıkkale istasyonunda ilkbahar, sonbahar mevsimleri PET değerlerinde %99 güven aralığında, Kırşehir istasyonunda sonbahar mevsiminde %95 güven aralığında artan trend olduğu (Sen'Slope) sonucuna varılmıştır. Bütün istasyonlarda yaz mevsimi ve yıllık PET değerlerinde %95 güven aralığında artan trend olduğu (Mann-Kendall Mertebe Korelasyon yöntemi) sonucuna varılmıştır. Şen'in Yenilikçi Trend Analiz yöntemine (ITA) göre ise Çankırı ve Nevşehir'de ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ve yıllık PET değerlerinde, Kastamonu ve Kırşehir'de yaz ve sonbahar mevsimlerinde ve yıllık PET değerlerinde, Kayseri istasyonunda kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde ve yıllık PET değerlerinde, Yozgat, Kırıkkale ve Sivas'ta bütün mevsimlerde ve yıllık PET değerlerinde %99 güven aralığında artan anlamlı trend olduğu sonucuna varılmıştır. Kırşehir'de ise kış mevsimi PET değerlerinde %99 güven aralığında azalan anlamlı trend olduğu sonucuna varılmıştır.

Kızılırmak havzası içinde bulunan 8 istasyonun 1960-2022 yılları arasındaki verilerde Mann-Kendall testi hariç diğer trend analizlerinde özellikle yaz ve yıllık PET değerlerinde artan anlamlı bir trend olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan istasyonların PET değerlerinde artış gözlenmesi, istasyonların şehir merkezinde olması ve şehir merkezlerinin artan oranda büyümesi, nüfusun artması, trafik yoğunluğu, enerji

tüketimi, betonlaşmanın artması sonucu yeşil alanların azalması, radyasyonun artması ve iklim verilerindeki zamansal değişim ile bağlantılı olabilir.

PET değerleri trend analizlerinde kullanılan yöntemlerden ITA ve Sen's Slope yöntemlerinin PET trend testleri büyük ölçüde benzerlik gösterirken, MKMK testinde benzerlik görülmemiştir. MKMK yönteminin hangi yılda anlamlı artan trend olduğunun belirlenmesi açısından, Sen's Slope yöntemi ve ITA yöntemlerinin ise güven aralıklarında detaylı sonuç vermesi açısından önemli testler olduğu anlaşılmıştır.

İklim değişikliğinin özellikle hidrolojik süreçler üzerinde olası etkileri yalnızca sıcaklık ve yağışta görülen değişimler ile açıklanmakta ancak bu durum yetersiz kalmaktadır. Bununla birlikte, artan sıcaklıklara bağlı olarak potansiyel evapotranspirasyonda görülen artış nedeni ile belirgin bir yağış trendi olmasa da akımlarda azalma söz konusu olabilmektedir. Ayrıca, artan sıcaklıklara bağlı olarak artan evapotranspirasyon değerleri kuraklığın süresi ve şiddetinin de artmaya başlayacağını bir işareti olabilmektedir. Potansiyel evapotranspirasyonun özellikle kuraklık konusunda yeterli yağışın gerçekleşip gerçekleşmediği ile ilgili yapılan değerlendirmelerde kullanılan çok önemli bir değişken olduğu rapor edildiğinden, ileride yapılacak PET çalışmalarında istasyon sayılarının ve verilerinin artmasıyla ve iklimle ilgili yapay zekâ modelleri ile yapılacak analizlerin daha iyi sonuç vereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar, R. 2024. A comparison of the performance of different innovative trend assessment approaches for air temperature and precipitation data: an application to Elazığ Province (Turkey). *Journal of Water and Climate Change*, 15(3):1417-1437.
- Ali, R.O., and Abubaker, S.R. 2019. Trend analysis using Mann-Kendall, Sen's slope estimator test and innovative trend analysis method in Yangtze River basin, China. *International Journal of Engineering & Technology*, 8(2):110-119.
- Alifujiang, Y., Abuduwaili, J., & Abliz, A. 2023. Precipitation trend identification with a modified innovative trend analysis technique over Lake Issyk-Kul, Kyrgyzstan. *Journal of Water and Climate Change*, 14(6):1798-1815.
- Aktürk, G., Zeybekoğlu, U., & Yıldız, O. 2022. SPI ve SPEI yöntemleri ile kuraklık araştırması: Kırıkkale örneği. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(2):762-776.
- Alashan S. 2020. Innovative trend analysis methodology in logarithmic axis, Konya. *Journal of Engineering Sciences*, 8: 573-585.
- Al-Barrak, A. H. 1964. Evaporation and Potential Evapotranspiration in Central Iraq. Master Thesis, Utah State University, 215 pages, Utah.
- Allen, R. G., Walter, I. A., Elliott, R., Howell, T., Itenfisu D. & Jensen, M. 2005. The ASCE Standardized reference evapotranspiration equation. In: *Watershed Management and Operations Management 2000*, Allen, R. G., Walter, I. A., Elliott, R., Howell, T., Itenfisu D. & Jensen, M. (eds.), Environmental and Water Resources Institute (EWRI) of the American Society of Civil Engineers, ASCE. Reston, pp.83-88, New York.
- Alpay, M. 2025. Şanlıurfa ilindeki tarihsel kuraklık indisleri üzerinde potansiyel evapotranspirasyonun etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, 83 sayfa, Şanlıurfa.
- Anonim, 2023. Web sitesi. Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetimi, Havza Su Kullanımları ve Su Potansiyelindeki Değişimin Tespiti, Cilt 2.
<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/KURAKLIK%20Y%C3%96NETİM%20PLANLARI%2009.01.2023/K%C4%B1z%C4%B1r>

[mak%20Havzas%C4%B1%20Kurakl%C4%B1k%20Y%C3%B6netim%20Plan%C4%B1%20Cilt%202.pdf](#). Erişim Tarihi: 02.02.2025.

Anonim, 2024. T.C. Web sitesi. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Havza%20H%C4%B0E-Sunumlar/Su%20Y%C3%B6netimi%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC.pdf>. Erişim Tarihi: 02.02.2025.

Arslan O. 2017. Niğde İl’indeki potansiyel evapotranspirasyon tahminlerinin trend analizi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2): 602-608.

Ayousef, S. 2024. Potansiyel Evapotranspirasyon Yönteminin Meteorolojik Kuraklık Trendi Üzerine Etkilerinin Araştırılması: Doğu Karadeniz Havzası Örneği. Doktora tezi, Harran Üniversitesi, 143 sayfa, Şanlıurfa.

Bautista, F., Bautista, D., & Delgado-Carranza, C. 2009. Calibration of the equations of Hargreaves and Thornthwaite to estimate the potential evapotranspiration in semi-arid and subhumid tropical climates for regional applications. Atmosphaera, 22(4): 331-348.

Blaney, H.F. and Criddle, W.D. 1962 . Determining consumptive use and irrigation water requirements. Agricultural Research Service Technical Bulletin, 1275:59.

Burn, Dh. ve Elnur, M. 2002. Hidrolojik eğilimlerin ve değişkenliğin tespiti. Hidroloji Dergisi, 255 (1-4):107-122. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00514-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00514-5)

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.

Cuma, M. 2024. Sakarya Havzasının İklim Parametrelerindeki Değişkenliğin Trend Yöntemleri İle Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, 178 sayfa, Sakarya.

Çiflik, D. 2012. Ege Bölgesi DSİ istasyonlarında ölçülen yıllık toplam yağışların trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 89 sayfa, İzmir.

Dabanlı, İ. and Şen, Z. 2018. Classical and innovative-Şen trend assessment under climate change perspective. International J. of Global Warming, 15(1):19-37.

- Demir, A., Demir, Y., Şahin, Ü., & Meral, B. 2017. Bingöl ilinde sıcaklık ve yağışların trend analizi ve tarıma etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4 (3): 284-291.
- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M., & Sümer, U.M. 2008. Türkiye’de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler. *TMMOB İklim Değişimi Semp. Bildiriler Kitabı*, sayfa 69-84.
- Douglas, E.M., Vogel, R.M., Kroll, C.N. 2000. Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. *J. Hydrol.* 240: 90-105.
- Ercan, B. ve Yüce, M. İ. 2017. Kızılırmak Havzasının hidrometeorolojik verilerinin trend analizi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6:333-340.
- Eroğlu, İ. 2022. Trakya Yarımadası’nda Ortalama Hava Sıcaklıklarının Trend Analizi. *International Social Sciences Studies Journal*, 8(102): 3121-3144.
- Espadafor M., Lorite I.J., Gavilán P., & Berengena J. 2011. An analysis of the tendency of reference evapotranspiration estimates and other climate variables during the last 45 years in Southern Spain. *Agricultural Water Management*, 98(6):1045-1061.
- Ficklin, D.L., Maxwell, J.T., Letsinger, S.L., & Gholizadeh, H. 2015. A climatic deconstruction of recent drought trends in the United States. *Environmental Research Letters*, 10(4): 044009.
- Gao, H., Jin, J. 2022. Analysis of water yield changes from 1981 to 2018 using an improved Mann-Kendall test. *Remote Sensing*. 14(9): 2009.
- Gocic, M., and 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.
- Güçlü, Y.S. 2018. Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test. *Journal of Hydrology*, 566:685-704.
- Gümüş, V. 2006. Fırat havzası akımlarının trend analizi ile değerlendirilmesi, Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi, 75 sayfa, Şanlıurfa.
- Hargreaves, G.H. and Samani, Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Apply Engineering Agriculture*, 1(2): 96-99.
- IPCC. 2023. Web sitesi. <https://mural.maynoothuniversity.ie/id/eprint/17886/>. Erişim Tarihi: 02.02.2025.

- İlker, A. ve Terzi, Ö. 2021. Sıcaklık verilerinin trend analizi: Çankırı ve Kastamonu örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(4):1339-1347.
- Jerin, J.N., Islam, H.T, Islam, A.R.M., Shahid, S., Hu, Z., Badhan, M.A., Chu, R., & Elbeltagi, A. 2021. Spatiotemporal trends in reference evapotranspiration and its driving factors in Bangladesh. *Theoretical and Applied Climatology*, 144(1):793-808.
- Kadıoğlu, M. 1997. Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey, *International Journal of Climatology*, 17(5):511-520.
- Kambezidis, H.D. 2018. The solar radiation climate of Athens: Variations and tendencies in the period 1992–2017, the brightening era. *Solar Energy*, 173:328-347.
- Karabulut, M. ve Cosun, F. 2009. Kahramanmaraş ilinde yağışların trend analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7 (1):65-83.
- Karakuş, C.B. ve Güler, Ü.A. 2022. Mann-Kendall trend analizi ile Sivas ilindeki sıcaklık ve yağış trendlerinin belirlenmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1-1.
- Kartal, F., Gözalan, S., & Öztekin, M. 2024. Kızılırmak Havzası'nın sıcaklık, yağış, buharlaşma ile akım verilerinin eğilim (trend) yönlerinin belirlenmesi. *International Journal of Eurasia Social Sciences/Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(57).
- Kartal, F. 2025. Divriği (Sivas) ilçesi ile yakın çevresinin iklimsel özellikleri ve trend analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1):148-169.
- Katipoğlu, O.M. 2022. Dicle havzasındaki bazı istasyonlara ait potansiyel evapotranspirasyon verilerinin trend analizi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(2): 292-304.
- Katul, G.G., Oren, R., Manzoni, S., Higgins, C., & Parlange, M.B. 2012. Evapotranspiration: a process driving mass transport and energy exchange in the soil-plant-atmosphere-climate system. *Reviews of Geophysics*, 50(3).
- Kendall, M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*. Oxford University Press, 202 pages, New York, USA.
- Kızılelma, Y., Çelik, M.A., & Karabulut, M. 2015. İç Anadolu Bölgesi'nde sıcaklık ve yağışların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 64: 1-10.

- Koçman, A. 1993. Türkiye'de yağış yetersizliğine bağlı kuraklık sorunu. Ege Coğrafya Dergisi, 7(1).
- Kumar, K.K., Kumar, K.R., & Rakhecha, P.R. 1987. Comparison of Penman and Thornthwaite methods of estimating potential evapotranspiration for Indian conditions. Theoretical and Applied Climatology, 38: 140-146.
- Kumar, K., Verma, S., Sahu, R. & Verma, M. 2023 Analysis of rainfall trends in India, incorporating non-parametric tests and wavelet synopsis over the last 117 years. Journal of Environmental Informatics Letters 10:74-88.
- Madhu, S., Kumar, T.L., Barbosa, H., Rao, K.K., & Bhaskar, V.V. 2015. Trend analysis of evapotranspiration and its response to droughts over India. Theoretical and Applied Climatology, 121(1):41-51.
- Mallick, J., Talukdar, S., Alsubih, M., Salam, R., Ahmed, M., Kahla, N. & Shamimuzzaman, M. 2021 Analysing the trend of rainfall in Asir region of Saudi Arabia using the family of Mann-Kendall tests, innovative trend analysis, and detrended fluctuation analysis. Theoretical and Applied Climatology 143:823-841.
- Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend. Econometrica, 13(3):163-171.
- Maes, W.H., Gentile, P., Verhoest, N. E., & Miralles, D. G. 2019. Potential evaporation at eddy-covariance sites across the globe. Hydrology and Earth System Sciences, 23(2): 925–948.
- Milly, P.C. and Dunne, K.A. 2016. Potential evapotranspiration and continental drying. Nature Climate Change, 6(10): 946–949.
- MGM, 2024. Web sitesi.
<https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx?il=%C3%87ank%C4%B1r%C4%B1>. Erişim Tarihi: 10.10.2024.
- Moratiel, R., Snyder, R.L., dur'an, J.M., & Tarquis, A.M. 2011. Trends in Climatic Variables and Future Reference Evapotranspiration in Duero Valley (Spain). Natural Hazards Earth System Sciences, 11:1795-1805.
- Mosmann, V., Castro, A., Fraile, R., Dessens, J., & Sánchez, J.L. 2004. Detection of statistically significant trends in the summer precipitation of mainland Spain. Atmospheric research, 70(1): 43-53.

- Oliver, J.E. 1981. *Climatology: Selected Applications*. Edward Arnold Ltd., 260 pages, London.
- Ortiz-Gómez, R., Flowers-Cano, R. S. & Medina-García, G. 2022. *Water Resources Management*, 36: 2471-2492.
- Özdemir, M.A., ve Bahadır, M. 2008. Acıgöl'ün (Denizli) SPSS ile Hidro-klimatik analizi. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu*, syf. 20-23, Çanakkale.
- Pandey, A. and Pandey, R.P. 2013. Analysing trends in reference evapotranspiration and weather variables in the Tons River Basin in Central India. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(6):1407-1421.
- Partal, T. and Kahya, E. 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, 20: 2011-2026.
- Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 193 (1032): 120-146.
- Pereira, A.R. and De Camargo, A.P. 1989. An analysis of the criticism of Thornthwaite's equation for estimating potential evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology*, 46:149-157.
- Pour, S.H., Abd Wahab, A.K., Shahid, S., & Ismail, Z.B. 2020. Changes in reference evapotranspiration and its driving factors in peninsular Malaysia. *Atmospheric Research*, 246:105096.
- Priestley, C.H.B. and Taylor, R.J. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review*, 100 (2):81-92.
- Saplıoğlu, K. 2024. Mann-Kendall Trend Testi ile Yenilikçi Yöntemlerin Kıyaslanması: Beşkonak Aylık Akım Verileri Örneği. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology*, 6(1): 1-12.
- Sarıöz, İ.O. 2023. İklim Değişikliğinin Sıcaklık Verileri Üzerindeki Etkisinin Trend Yöntemiyle Araştırılması: Marmara Havzası Örneği. *Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi*, 139 sayfa, Sakarya.
- Scheff, J. and Frierson, D. M. 2014. Scaling potential evapotranspiration with greenhouse warming. *Journal of Climate*, 27(4):1539–1558.

- Sen, P.K. 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63:1379-1389.
- Shadmani, M., Marofi, S., & Roknian, M. 2012. Trend analysis in reference evapotranspiration using Mann-Kendall and Spearman's Rho tests in arid regions of Iran. *Water resources management*, 26(1):211-224.
- Shahidian, S., Serralheiro, R., Serrano, J., Teixeira, J., Haie, N., & Santos, F. 2012. Hargreaves and other reduced-set methods for calculating evapotranspiration. in *evapotranspiration - remote sensing and modeling*. 2012: 59.
- Shenbin, C., Yunfeng, L., & Thomas, A. 2006. Climatic change on the Tibetan Plateau: potential evapotranspiration trends from 1961–2000. *Climatic change*, 76(3): 291-319.
- Şahin, K. 2010. Türkiye'de etkili olan hava durumu modelleri ile Samsun'da bazı meteorolojik değişkenler arasındaki ilişkiler: 2008 yılı örneği. *The Journal of International Social Research*, 3(10): 537-557.
- Şarlak, N. ve Bağçacı, S.Ç. 2020. Ampirik potansiyel evapotranspirasyon tahmin yöntemlerinin değerlendirilmesi: Uygulama Konya kapalı havzası. *Teknik Dergi*, 31(1): 9755-9772.
- Şen, Z. 2012. Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17:1042-1046.
- Şen, Z. 2014. Trend identification simulation and application. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19:635-642.
- Şen, Z. 2017a. *Innovative trend methodologies in science and engineering*, Springer International Publishing, 349 pages, Heidelberg.
- Şen, Z. 2017b. *Innovative trend significance test and applications*. *Theoretical Applied Climatology*, 127: 939-947.
- Şişman, E. and Kizilöz, B. 2021. The application of piecewise ITA method in Oxford, 1870–2019. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(3):1451-1465.
- Tatlı, H., Dalfes, H.N., & Menteş, G.S. 2005. Surface Air temperature variability over Turkey and its Convention to large-scale Upper Air Circulation via Multivariate Techniques. *International Journal of Climatology*, 25: 331-350.

- Terzi, Ö. ve İlker, A. 2020. Kızılırmak Havzası'nda Sıcaklık Değerlerinin Trend Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24(3):626-634.
- Thornthwaite, C.W. 1948. An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38:55-94.
- Tokmakçı, M., Bilgili, M., & Pınar, E. 2025. Küresel İklim Değişikliği ve İklim Göstergelerindeki Tarihsel Eğilimler. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 40(1): 127-140.
- Topçu, E. ve Güvel, Ş.P. 2022. Küresel ısınmaya bağlı sıcaklık artışının evapotranspirasyon (Pet) üzerindeki etkisinin 1960-2016 periyodu boyunca Kars İli için incelenmesi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1): 115-129.
- Toros, H. 1993. Klimatolojik Serilerden Türkiye İkliminde Trend Analizi Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 172 sayfa, İstanbul.
- Tosunoglu, F. and Kisi, O. 2017. Trend analysis of maximum hydrologic drought variables using Mann-Kendall and Şen's innovative trend method. *River Res. Appl.* 33: 597-610.
- Tu, Z. and Yang, Y. 2022. On the estimation of potential evaporation under wet and dry conditions. *Water Resources Research*, 58(4).
- Türkeş, M. 2002. İklim değişikliği: Türkiye - İklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ilikileri ve iklim değişikliği politikaları vizyon 2023: Bilim ve teknoloji stratejileri teknoloji öngörü projesi, çevre ve sürdürülebilir kalkınma paneli vizyon ve öngörü raporu.
- Türkeş, M., Koç, T., & Sarış, T. 2009. Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29 (8):1056-1074.
- Türkeş, M. 2013. İklim Verileri Kullanılarak Türkiye'nin Çölleşme Haritası Dokümanı Hazırlanması Raporu. Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayını, 57 sayfa, Ankara.
- Türkeş, M. and Sümer, U.M. 2004. Spatial and Temporal Patterns of Trends and Variability in Diurnal Temperature Ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 77: 195-277.
- Uncu, E.M. 2023. Meteorolojik Kuraklığın Ve Trendinin Değerlendirilmesi: Aras Ve Çoruh Havzaları Örneği. Doktora tezi, Harran Üniversitesi, 119 sayfa, Şanlıurfa.

- Xiang, K., Li, Y., Horton, R., & Feng, H. 2020. Similarity and difference of potential evapotranspiration and reference crop evapotranspiration—a review. *Agricultural Water Management*, 232(106043).
- Vicente-Serrano, S. M., Gouveia, C., Camarero, J. J., Beguería, S., Trigo, R., López-Moreno, J. I., & Sanchez-Lorenzo, A. 2013. Response of vegetation to drought time-scales across global land biomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(1):52-57.
- Vicente-Serrano, S. M., Lopez-Moreno, J. I., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Sanchez-Lorenzo, A., García-Ruiz, J. M., & Espejo, F. 2014. Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe. *Environmental Research Letters*, 9(4):044001.
- Wang, H.J., Dai, J.H., Rutishauser, T., Gonsamo, A., Wu, C.Y., Ge, Q.S. 2018. Trends and Variability in Temperature Sensitivity of Lilac Flowering Phenology. *J. Geophys. Res. Biogeosci.* 123: 807-817.
- Wang, K. and Dickinson, R.E. 2012. A review of global terrestrial evapotranspiration: Observation, modeling, climatology, and climatic variability. *Reviews of Geophysics*, 50(2).
- Verma, S., Kumar, K., Verma, M., Prasad, A., Mehta, D. & Rathnayake, U. 2023a Comparative analysis of CMIP5 and CMIP6 in conjunction with the hydrological processes of reservoir catchment, Chhattisgarh, India. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 50, 101533.
- Verma, S., Verma, M., Prasad, A. D., Mehta, D., Azamathulla, H., Muttill, N. & Rathnayake, U. 2023b Simulating the hydrological processes under multiple land use/land cover and climate change scenarios in the mahanadi reservoir complex, Chhattisgarh, India. *Water* 15,3068.
- Verma, S., Verma, M., Prasad, A. D., Mehta, D. & Islam, M. 2023c Modeling of uncertainty in the estimation of hydrograph components in conjunction with the SUFI-2 optimization algorithm by using multiple objective functions. *Modeling Earth Systems and Environment*, 1-19.
- Von Storch, H. 1999. Misuses of Statistical Analysis in Climate Research. In: *Analysis of Climate Variability*. Springer, 11-26.

- Yao, N., Li, Y., Xu, F., Liu, J., Chen, S., Ma, H., Chau, H.W., Li, L.D., Li, M., &Feng, H. 2020. Permanent wilting point plays an important role in simulating winter wheat growth under water deficit conditions. *Agr. Water Manage.* 229:105954.
- Yılmaz, A. 2021. Muğla’da sıcaklık verilerinin trend analizi. *Turkish Studies - Social*, 16(5):1871- 1896.
- Yılmaz, C., Demir, V., & Sevimli, M. F. 2021. Doğu Karadeniz Bölgesi Meteorolojik Parametrelerinin Trend Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı* 24:489-496.
- Yue, S., Pilon, P., Cavadias, G. 2002. Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *J. Hydrol.* 259: 254-271.
- Zhou, Z., Wang, L., Lin, A., Zhang, M., & Niu, Z. 2018. Innovative trend analysis of solar radiation in China during 1962–2015. *Renewable energy*, 119:675-689.

EKLER

EK 1. Enlem düzeltme katsayısı

Enlem/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
10	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
15	0,97	0,91	1,03	1,04	1,11	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95	0,97
20	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
25	0,93	0,89	1,03	1,06	1,15	1,14	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
26	0,92	0,88	1,03	1,06	1,15	1,15	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
27	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,90	0,90
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,90	0,90
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,90	0,89
30	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
31	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,18	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
32	0,89	0,86	1,03	1,08	1,19	1,19	1,21	1,15	1,03	0,98	0,88	0,87
33	0,88	0,86	1,03	1,09	1,19	1,20	1,22	1,15	1,03	0,97	0,88	0,86
34	0,88	0,85	1,03	1,09	1,20	1,20	1,22	1,16	1,03	0,97	0,87	0,86
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
36	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76
45	0,80	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
46	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74
47	0,77	0,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73
48	0,76	0,80	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	0,93	0,77	0,72
49	0,75	0,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	0,93	0,76	0,71
50	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70

