

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ARAS NEHİR HAVZASINDAKİ YAĞIŞ VE SICAKLIK VERİLERİNİN
TREND ANALİZİ**

Muhammed Kürşad AÇAR

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2022**

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ARAS NEHİR HAVZASINDAKİ YAĞIŞ VE SICAKLIK VERİLERİNİN
TREND ANALİZİ**

Muhammed Kürşad AÇAR

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2022**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1. Çalışma Alanı ve Veriler	12
3.2. Yöntem	14
3.2.1. Mann-Kendall testi	14
3.2.2. Spearman'ın Rho testi	15
3.2.3. Sen'in trend eğim metodu	16
3.2.4. Yenilikçi trend anlamlılık testi	16
3.2.5. Yenilikçi poligon trend analizi	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	19
4.1. Aylık Toplam Yağış Verilerinin Trend Analizi	19
4.1.1. Ardahan (17046) istasyonu	19
4.1.2. Kars (17097) istasyonu	22
4.1.3. Iğdır (17100) istasyonu	25
4.1.4. Horasan (17690) istasyonu	28
4.1.5. Sarıkamış (17692) istasyonu	31
4.1.6. Doğubeyazıt (17720) istasyonu	34
4.2. Aylık Toplam Sıcaklık Verilerinin Trend Analizi	37
4.2.1. Ardahan (17046) istasyonu	37
4.2.2. Kars (17097) istasyonu	39
4.2.3. Iğdır (17100) istasyonu	42
4.2.4. Horasan (17690) istasyonu	45
4.2.5. Sarıkamış (17692) istasyonu	47
4.2.6. Doğubeyazıt (17720) istasyonu	50
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	61

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARAS NEHİR HAVZASINDAKİ YAĞIŞ VE SICAKLIK VERİLERİNİN TREND ANALİZİ

Muhammed Kürşad AÇAR

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Veysel GÜMÜŞ
Yıl: 2022, Sayfa:61

Artan sera gazı emisyon değerleriyle birlikte, küresel sıcaklık ortalamaları da gün geçtikçe artmaktadır. Sıcaklıkta meydana gelen değişim bölgenin yağış rejiminin de değişmesine sebep olmanın yanında diğer iklim parametrelerinde yapısını da değiştirmektedir. Su kaynakları ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir olması için sıcaklık ve yağış verilerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle, bu çalışmada, Aras nehir havzasında bulunan altı istasyona ait 1970-2021 yılları arasında ölçülmüş aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık değerlerinin trendleri belirlenmiştir. İstasyonların aylık değerlerinin trendinin belirlenmesinde Parametrik olmayan Mann-Kendall (MK) yöntemi ve parametrik olmayan Spearman Rho (SR) yönteminin yanı sıra, Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi (Innovative Trend Significance Test-ITST) ve Yenilikçi Poligon Trend Analizi (Innovative Polygon Trend Analysis-IPTA) yöntemleri kullanılarak trend analizleri yapılmıştır. Trend eğimleri, Sen'in eğim yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, ITST ve IPTA yöntemlerinin trend belirlemede özellikle yağış değerleri için daha hassas olduğu görülmüştür. Ayrıca, bölgedeki sıcaklık değerlerinin tüm yöntemlere göre anlamlı artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Aras havzası, trend analizi, sıcaklık, yağış

ABSTRACT

MSc Thesis

TREND ANALYSIS OF RAINFALL AND TEMPERATURE DATA IN ARAS RIVER BASIN

Muhammed Kürşad AÇAR

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr.Veysel GÜMÜŞ
Year: 2022, Page:61**

Along with the increasing greenhouse gas emission values, global temperature averages are also increasing day by day. The change in temperature not only causes the precipitation regime of the region to change, but also changes the structure of other climatic parameters. It is very important to determine the changes in temperature and precipitation data for the sustainability of water resources and agricultural activities. Therefore, in this study, the trends of monthly total precipitation and monthly average temperature values measured between 1970-2021 for six stations in the Aras River basin were determined. To determine the monthly average values of six stations' trends, as well as non-parametric Mann-Kendall (MK) and Spearman Rho (SR) methods, The Innovative Trend Significance Test (ITST) and Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) method are used, and the trend slopes are determined using Sen's slope method. As a result of the study, the ITST and IPTA methods are found to be more sensitive in trend detection, especially for precipitation values. Furthermore, all methods show that the temperatures in the region tend to rise.

KEYWORDS: Aras basin, trend analysis, temperature, rainfall

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmama başladığım günden bu yana tüm aşamalarda bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen kıymetli hocalarım Doç. Dr. Veysel GÜMÜŞ, Doç. Dr. Oğuz ŐİMŐEK'e ve Doktora Öğrencisi Yavuz AVŐAROĞLU'na,

Varlıklarıyla hayatıma anlam katan ve her konuda destekçim olan annem, babam ve birbirinden kıymetli kız kardeşlerime,

Her türlü zorluğa birlikte göğüs gerdiğimiz, çok kıymetli eşim Gamze Hanım'a ve evimizin neşesi oğlum Abdulkadir'e teşekkür ederim. İyi ki varsınız.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3. 1. Çalışma alanı.....	13
Şekil 3. 2. IPTA yönteminin grafiksel gösterimi.....	18
Şekil 4. 1. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17046).....	19
Şekil 4. 2. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17046).....	20
Şekil 4. 3. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17046).....	21
Şekil 4. 4. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17046).....	22
Şekil 4. 5. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17097).....	23
Şekil 4. 6. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17097).....	23
Şekil 4. 7. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17097).....	24
Şekil 4. 8. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17097).....	25
Şekil 4. 9. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17100).....	26
Şekil 4. 10. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17100).....	26
Şekil 4. 11. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17100).....	27
Şekil 4. 12. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17100).....	28
Şekil 4. 13. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17690).....	29
Şekil 4. 14. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17690).....	29
Şekil 4. 15. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17690).....	30
Şekil 4. 16. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17690).....	31
Şekil 4. 17. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17692).....	32
Şekil 4. 18. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17692).....	32
Şekil 4. 19. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17692).....	33
Şekil 4. 20. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17692).....	34
Şekil 4. 21. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17720).....	35
Şekil 4. 22. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17720).....	35
Şekil 4. 23. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17720).....	36
Şekil 4. 24. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17720).....	36
Şekil 4. 25. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17046).....	37
Şekil 4. 26. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17046).....	38
Şekil 4. 27. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17046).....	38
Şekil 4. 28. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17046).....	39
Şekil 4. 29. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17097).....	40
Şekil 4. 30. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17097).....	40
Şekil 4. 31. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17097).....	41
Şekil 4. 32. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17097).....	42
Şekil 4. 33. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17100).....	43
Şekil 4. 34. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17100).....	43
Şekil 4. 35. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17100).....	44
Şekil 4. 36. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17100).....	45
Şekil 4. 37. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17690).....	45
Şekil 4. 38. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17690).....	46
Şekil 4. 39. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17690).....	46
Şekil 4. 40. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17690).....	47
Şekil 4. 41. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17692).....	48
Şekil 4. 42. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17692).....	48
Şekil 4. 43. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17692).....	49
Şekil 4. 44. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17692).....	50
Şekil 4. 45. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17720).....	51
Şekil 4. 46. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17720).....	51
Şekil 4. 47. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17720).....	52

Şekil 4. 48. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17720)	52
Şekil 5. 1. Ele alınan yöntemlerin karşılaştırılması (Yağış)	55
Şekil 5. 2. Ele alınan yöntemlerin karşılaştırılması (Sıcaklık)	56



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3. 1. İstasyon bilgileri..... 13



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

D	Spearman'ın Rho testi katsayısı
$E_{(xi)}$	N sayıdaki gözlenmiş verinin ortalaması
H_0	Genellikle reddetmek için kurulan hipotez
H_1	H_0 'a alternatif hipotez
IPTA	Yenilikçi Poligon Trend Analizi
ITA	Yenilikçi Trend Analizi
ITST	Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi
i	Verilerin gözlem sırası
MK	Mann Kendall Testi
n	Veri setindeki gözlem sayıları
r_1	Korelasyon Katsayısı
r_s	Spearman'ın Rho testi katsayısı
R_{xi}	i gözlemin sıra numarası
S	Mann-Kendall testi katsayısı
SR	Spearmanın Rho Testi
SS	Sen Slope Eğim Değeri
t_i	Serideki aynı değere sahip verilerin sayısı (bağ)
Var(S)	Varyans
Z	Önem seviyesi standart normal değişkeni
Q	Sen'in trend eğim yöntemine göre hesaplanan trend eğim değeri
x_{ij}	i yağış istasyonundaki j. gözlemdeki aylık yağışı
x_{im}	Uzun dönemli yağış ortalamaları
α	Önem seviyesi
σ	Standart sapma

1. GİRİŞ

Son yıllarda küresel iklim değişikliği ile küresel sıcaklıkta ciddi artışlar meydana gelmiştir. Sıcaklıkta bu artışların yaşanmasında artan sera gazı emisyonu oldukça etkin rol oynamaktadır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinin 6. değerlendirme raporunda, 2100 yılına kadar dünya üzerindeki küresel ortalama yüzey sıcaklığının yaklaşık 4.4 °C'ye kadar artabileceği bildirilmektedir (IPCC, 2021). Artan sıcaklık, özellikle akış, yağış ve evapotranspirasyon verileri başta olmak üzere bölgenin diğer iklim parametrelerinde de farklılıkların yaşanmasına neden olabileceği değerlendirilmektedir (Yue ve ark., 2003).

Tabari (2020) çalışmasında, yağış ve sıcaklık parametrelerini girdi olarak kullanarak çoraklık indeksi (Aridity Index) değerlerini tarihsel ve gelecekteki olası değerlerini hesaplamıştır. Tüm dünyayı kapsayan bu çalışmada, Türkiye'nin önemli bir kısmının yarı-nemli sınıfından yarı kurak sınıfa geçeceğini bildirmiştir. Ayrıca bazı nemli bölgeler de yarı nemli ya da yarı kurak sınıfa geçebileceğini bildirmiştir. Çalışmanın sonuçları tüm dünya için genel olarak yorumlanacak olursa, iklim değişikliği ile sadece kurak bölgeler daha kurak bölgelere geçmeyecek, olası sera gazı emisyonlarının azaltılmaması durumunda bazı nemli bölgelerin çoraklaşmasına ve buna bağlı olarak da kuraklığına sebebiyet verebilecektir. Bu durumun tam tersinin yaşanması da olasıdır (Donat ve ark., 2016). Yani, fazla yağış alan bölgelerin daha fazla yağış alma durumları da mutlaka iklim değişikliği çalışmalarında dikkate alınmalıdır.

Genel tanım olarak kuraklık, yağışın uzun yıllar ortalamasının altına düşmesi olarak tanımlanır. Kuraklık oldukça uzun sürebilen, çok büyük alanları etkileyebilen bir doğal afet türüdür. Her ne kadar hidrolojik çevrimde su arzının ana parametresi yağış olsa da net su arzında buharlaşma miktarı da oldukça önem kazanmaktadır. Bu nedenle, kuraklığın değerlendirilmesinde sadece yağış parametrelerini değerlendirmek yeterli olmayabilir (Vicente-serrano ve ark., 2010). Diğer taraftan taşkınlar, meydana gelen aşırı yağışlardan meydana gelmektedir. Kuraklık kadar uzun sürmeyen ve çok

büyük alanları etkilemeyen, ancak ani gelişmesi nedeniyle ciddi can kayıpları verilmesine sebep olan diğer bir doğal afet ise taşkınlardır. Bu iki doğa olayı da doğrudan iklimsel parametrelerden etkilenmektedir.

Yağış ya da sıcaklık gibi zaman serilerinde anlamlı bir artma ya da azalma olduğunu belirlemek için yaygın olarak kullanılan yaklaşım, ilgili zaman serilerinin trendini belirlemektir. Eğer ilgili bir zaman serisinde istatistiksel olarak anlamlı bir trend varsa çalışılan parametrenin ana yapısının değişiklik gösterdiği belirlenerek, buna göre gerekli önlemleri almak gereklidir. Ancak, zaman serisinde trendin belirlenmesinde kullanılan yöntemlere göre sonuçlar değişiklik gösterdiği için bölgesel olarak bu trend yöntemlerinin karşılaştırılması uygulayıcılar açısından yararlı olacaktır.

Bu tez çalışmasında Türkiye'nin Kuzey Doğu'sunda bulunan Aras havzasındaki altı adet meteorolojik gözlem istasyonundan alınmış 1970-2021 yılları arası ölçüm verilerinin, aylık ortalama sıcaklıklarının ve aylık toplam yağışlarının trend analizleri farklı yöntemler ile değerlendirilmiştir. İlk olarak aylık zaman serilerine geleneksel trend belirleme yöntemleri olan Mann-Kendall (MK) ve Spearman Rho (SR) test yöntemleri uygulanmıştır. MK ve SR yöntem sonuçlarının iç bağımlıktan etkilenme durumlarının ortadan kaldırılması amacıyla veri setlerindeki iç bağımlılık etkileri kontrol edilmiştir. İç bağımlılık etkisi tespit edilmiş ise bu etki "Pre-Whitening" yaklaşımıyla kaldırılmıştır. Daha sonra, bu iki yönteme (MK ve SR) kıyasla yeni yöntemler olan Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi (Innovative Trend Significance Test-ITST) ve Yenilikçi Poligon Trend Analizi (Innovative Polygon Trend Analysis-IPTA) yöntemleri ile aynı zaman serilerinin trendleri belirlenerek, Aras havzasındaki yağış ve sıcaklık yapısının değişimleri belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bir zaman serisinde meydana gelen değişimin belirlenmesinde trend analizi yöntemleri oldukça sık kullanılmaktadır. Literatürde çok sayıda trend belirleme yöntemi olsa da MK ve SR yöntemleri en sık tercih edilen parametrik olmayan yöntemlerdir. Bu yöntemlere ek olarak, zaman serisinde meydana gelen trendleri belirlemede yeni önerilen ITST ve IPTA yöntemleri de uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Ayrıca, trendin yönünün ve büyüklüğünün belirlenmesinde Sen'in eğitim metodu da yaygın olarak kullanılmaktadır. Zaman serilerinde meydana gelen değişimin belirlenmesinde bu yöntemlerin kullanıldığı çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Karabulut ve Cosun (2009), çalışmalarında Kahramanmaraş ilindeki meteorolojik istasyonlarda 1975-2005 yılları arasında elde edilen yağış verisinin aylık, mevsimlik ve yıllık yağış değişimlerini lineer regresyon, MK, değişim katsayısı ve yağış değişkenliği gibi istatistiksel metotları kullanarak, uzun dönem yağış parametrelerinin trendini incelemişlerdir. Sonuç olarak; çalışma yapılan bölgede, yıllık bazda küçük bir azalış gözlemlenmesine rağmen istatistiksel olarak artan veya azalan anlamlı bir trendin meydana gelmediği gözlemlenmiştir. İlkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde çalışılan periyot boyunca yağışlarda anlamlı olmayan bir azalışın olduğu gözlemlenirken, sonbahar mevsiminde de istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış trendi gözlemlenmiştir.

Bayer Altın ve Barak (2012), İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri'nde, Seyhan Havzası ve yakınındaki 29 meteorolojik gözlem istasyonunda 1970-2009 yılları arasında kaydedilmiş toplam yağış değerleri ve ortalama sıcaklık değerlerini kullanarak, Erinç kuraklık indisini hesaplamış, iklim karakterini belirlemiş ve harita formatında kaydetmişlerdir. Yıllık ortalama sıcaklık, yıllık toplam yağış ve mevsimlik sıcaklık değerlerinin uzun dönem eğilimlerini MK yöntemine göre analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, elde edilen verilere göre, sıcaklık verilerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir artış tespit edilirken, yağış verilerinde ise anlamlı bir azalış görülmüştür.

Kizilelma ve ark. (2015), ülkemizin İç Anadolu Bölgesinde bulunan meteorolojik gözlem istasyonlarında kaydedilmiş aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık ve yağışlarda meydana gelen değişimler incelemiştir. MK ve lineer regresyon yöntemleri kullanılarak trend analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda; maksimum ve minimum sıcaklık değişimlerinde çalışma alanının tamamında istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlemlenmiş, ortalama sıcaklıklarda Ürgüp istasyonu dışındaki diğer bütün istasyonlarda %95 güven aralığında (1,96) artışlar olduğu tespit edilmiştir.

Doğan Demir ve Demir (2016), çalışmalarında, Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Bingöl ilinin 1975-2015 yılları arasında kaydedilmiş, mevsimlik ve yıllık sıcaklık değişimlerini incelemiştir. Parametrik olmayan SR ve MK yöntemleri kullanılarak yapılan analizlerin sonucunda, Bingöl ilinde yıllık sıcaklıklarda artışların olduğu ancak bu artışların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde, sıcaklık verilerinin trend analizi sonucunda; istatistiksel açıdan önemli artışlar gözlemlenirken, sonbahar ve kış mevsimleri trend analizinde ise istatistiksel olarak önemsiz artış trendinin olduğu gözlemlenmiştir.

Bolat ve ark. (2017), Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Kastamonu, Karabük ve Bolu il merkezlerindeki meteorolojik ölçüm istasyonlarının 1980-1999 ve 2000-2015 seneleri arasında kaydedilmiş minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık verileriyle, maksimum ve toplam yağış miktarlarındaki değişimleri incelemiştir. Çalışma sonucunda, aylık bazda minimum ve maksimum sıcaklık verilerinde belirgin artışlar gözlemlenmiştir.

Polat ve Sunkar (2017), Karadeniz Bölgesi'ndeki Hopa, Pazar, Rize ve Trabzon meteorolojik istasyonlarında 1970-2014 yılları arasında kaydedilmiş, meteorolojik verileri kullanarak Rize ilinin iklim özelliklerini araştırmışlardır. Ayrıca, bu istasyonlarda kaydedilen sıcaklık ve yağış verilerinin trendini MK yöntemi ve eğimlerini ise Sen'in trend eğim yöntemi ile belirlemiştir. Çalışma sonucunda, Pazar istasyonu dışındaki diğer meteorolojik gözlem istasyonlarında sıcaklık

verilerinde belirgin artış, yağış verilerinde ise Hopa istasyonu dışındaki diğer istasyonlarda artış eğilimi görülmüştür.

Keskin ve ark. (2018), Doğu Anadolu Bölgesi'nde olan Ardahan, Ağrı, Bitlis, Bingöl, Erzincan, Elâzığ, Erzurum, Iğdır, Hakkâri, Malatya, Kars, Tunceli, Muş ve Van illerinde bulunan istasyonlarda elde edilen yağış ve sıcaklık verilerinin trendlerini incelemişlerdir. Trend analizinde MK testi kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre; Erzurum ve Bitlis istasyonları hariç diğer istasyonlarda sıcaklık değerlerinde artış eğilimi olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte yağış eğilimleri Kars ve Ardahan illerinde artarken, diğer istasyonlarda bir artış görülmemiştir.

Dalkiliç (2019), Bayburt, Erzincan ve Gümüşhane illerinde bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarında 1978-2018 yılları arasında kaydedilmiş yağış verilerini kullanarak bölgedeki yağış değişimlerini belirlemeye çalışmıştır. Trend belirlenirken, Şen eğilim testi, SR, MK ve Mevsimsel MK testleri kullanılmıştır. Bu analizler sonucunda; yaz mevsiminde bazı aylarda azalış, kış mevsiminde ise bazı aylarda artış trendinin olduğu bildirilmiştir.

Şenocak ve Emek (2019), Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki aylık ve yıllık toplam yağışların trend analizini yapmışlardır. Bölgede bulunan 46 adet yağış gözlem istasyonunun 1960-2013 yılları arasında kaydedilmiş verilerine Run testi ve Pettitt testini uygulayarak homojenlik analizini yapmışlardır. Homojen olduğu tespit edilen istasyonlarda MK testi ve SR testi uygulanarak trend analizleri yapılmış, Sen'in eğim metodu kullanılarak da trendlerin eğimleri belirlenmiştir. Aylık toplam yağış verilerinin trend analizleri incelendiğinde, yaz aylarında yağışların genelinde artan yönde eğilim olduğu, kış aylarında ise azalan yönde eğilimlerin olduğu gözlemlenmiştir.

Tokgöz ve Partal (2020), ülkemiz Karadeniz Bölgesi'nde yağış ve sıcaklık verilerinin trend analizini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında bölgenin 1960-2015 yılları arasında kaydedilmiş yağış ve sıcaklık verileri, MK ve Yenilikçi Şen Yöntemi (ITA) ile analiz edilmiştir. ITA yöntemine göre, sıcaklık verilerinde 16 istasyonun

hepsinde artan trend görülürken, MK testine göre ise sadece yedi istasyonda artan trend görülmüştür. Yağış verilerinin analizinde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, ITA yönteminin MK testine göre daha detaylı sonuç verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, Karadeniz Bölgesi'ndeki yıllık yağış ve sıcaklıkların genel olarak artış trendi içerisinde olduğu bildirilmiştir.

Oğuz ve Oğuz (2020), Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan, Şanlıurfa ilindeki meteorolojik istasyonlarda 1929-2016 yılları arasında ölçülen aylık yağış ve ortalama sıcaklık verilerinin trendini MK yöntemiyle belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda; gelecek yıllarda yağış dağılımlarının önceki yıllara kıyasla azalış göstereceğini, sıcaklık değerlerinin ise artış göstereceği sonucuna ulaşmışlardır.

Coşkun (2020), Aras Kura kapalı havzasında 1970-2018 yılları arasında yedi meteoroloji gözlem istasyonunda kaydedilmiş ortalama sıcaklık, toplam yağış değerlerinin trendini incelemiş ve Kağızman, Şahnalar, Güvercin kaya ve Sarısu Nonak istasyonlarında ise 1970-2015 arası kaydedilmiş akım verilerini incelemiştir. Çalışmada, trendlerin belirlenmesinde MK ve SR yöntemleri kullanılmıştır. Havza geneli analiz sonuçları incelendiğinde; ortalama sıcaklık verilerinde anlamlı artışlar gözlemlenirken, yağış verilerinde ise sadece Ardahan ve Kars gözlem istasyonlarında anlamlı artışlar gözlemlenmiş, diğer istasyonlar incelendiğinde ise herhangi bir trend görülmemiştir.

Üçler (2020), Susurluk Havzasında bulunan 311 numaralı gözlem istasyonu, Sakarya havzasında bulunan 1203 ve 1224 numaralı gözlem istasyonları, Yeşilirmak havzasında bulunan 1401 ve 1402 numaralı gözlem istasyonları ve Doğu Akdeniz havzasında bulunan 1714 numaralı gözlem istasyonlarının 1964-200 yılları arası akım verilerinin trend analizlerini yapmıştır. Analizlerde; trend lineer eğimleri, MK Meritebe Korelasyon test metodu ve Sen'in trend eğimi metodu kullanılmıştır. Sonuç olarak, trend metotları aynı istasyon verilerinin farklı zaman serilerine uygulandığı zaman, tam tersi eğilim belirlendiği veya eğim değerlerinde kuvvetli değişimler yaşanabildiği sonucuna varılmıştır. Tespit edilen trendler genellikle azalan yönde olup trend başlangıçları özellikle 1980'li yıllarda gerçekleştiği vurgulanmıştır.

Ağbaş ve Yeşilirmak (2020), ülkemizin batısında yer alan 13 ildeki 32 meteorolojik gözlem istasyonunda, günlük, hafif, orta şiddette, şiddetli, kuvvetli, çok kuvvetli ve aşırı şiddette yağış olmak üzere, altı farklı bölüme ayrılmış yağış çeşitleri ve her bölüm için üç çeşit indisin (yağış miktarı, yağışlı gün sayısı, bölümdeki yağışın toplam yağışa olan oranı) mevsim ve yıl bazında 1966-2011 yılları arasında kaydedilmiş zamansal trend ile çalışma alanındaki mekânsal değişimleri incelemiştir. Çalışmada sonuç olarak, yaz mevsiminde çalışma bölgesinin kuzey bölümünün, diğer mevsimlerde ise güney bölümünün sel riski derecesine göre daha riskli olduğu tespit edilmiştir. Zamansal değişimlerin analizlerinde ise, hafif yağış kategorisindeki yıllık bazda yağış miktarı, yağışlı günlerin sayısı ve bölümdeki yağışın toplam yağışa oranı için belirlenen yaygın azalan eğilimler haricinde, geri kalan bütün kategori-indis-ölçek kombinasyonları incelendiğinde %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığı görülmüştür.

Esen (2021), çalışmasında, Bingöl'de bulunan Göynük Çayı Havzadaki akım, sıcaklık ve yağış verilerinin trendlerini incelemiştir. Çalışmada, 1970-2017 yılları arasında akım, yağış ve sıcaklık verilerinin lineer trend analizi ve MK testi ile incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre; Bingöl istasyonunda 1970-2017 yılları arası ortalama sıcaklık değerlerinde artış, toplam yağış değerlerinde ise azalış eğilimi görülmüştür. Bununla birlikte, yağış ile akım arasında artan ve doğrusal bir ilişki olduğu belirlenirken, sıcaklık-akım ve sıcaklık-yağış arasında ise ters orantılı bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Eroğlu (2021), Çankırı ve Kastamonu illerinde olan meteorolojik ölçüm istasyonlarında kaydedilmiş maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık ve ortalama sıcaklık değerleri için trend analizi yapmıştır. Toplamda sekiz istasyona ait 1980-2017 yılları arasında kaydedilmiş verileri kullanarak MK testi ve Sen'in trend eğimi metodu ile trend analizi yapılmıştır. Trend analiz sonuçlarına göre, Çankırı ve Kastamonu illerinde sıcaklıklar artış eğiliminde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yükseler ve ark. (2021), Bingöl ilinde bulunan yağış gözlem istasyonlarında 1960-2017 yılları arasında kaydedilmiş meteorolojik verilerinin, yıllık ve mevsimsel zaman ölçeklerinde meydana gelen değişimleri MK ve ITA yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, yıllık bazda, belirli istasyonlarda ölçülmüş toplam yağış değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı azalan trendler görülmüştür. Mevsimsel bazda incelemeler sonucunda ise farklı trendlerin oluştuğu görülmüştür. Özellikle, ITA'ya göre elde edilen sonuçlar, birçok toplam yağış verisinde anlamlı trendler oluştuğunu göstermişlerdir.

Eroğlu (2021), Türkiye'nin en önemli akarsularından olan Meriç Nehir Havzası'nın yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değerlerindeki dönemlik trendleri analiz etmişlerdir. Bulgaristan ve Türkiye sınırları içerisinde bulunan 10 adet meteorolojik gözlem istasyonunun 50 yıllık verilerinin 1965-1990 dönemi, 1991-2015 dönemi ve 1965-2015 dönemi, yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değerlerinin artan veya azalan yönlü eğilimlerini tespit etmişlerdir. Çalışmada, MK ve Sen'in eğim testleri kullanılmıştır. Ortaya çıkan trend analiz sonuçları göz önüne alındığında; yıllık ortalama sıcaklık değerleri 1965-1990 yılları arasındaki dönemde sadece Lüleburgaz ölçüm istasyonunda anlamlı azalan bir trend, 1991-2015 arası dönemde Lüleburgaz dışındaki istasyonların tamamında anlamlı artan trend ve 1965-2015 yılları arasındaki dönemde ise Çorlu, Edirne, İpsala, Kırklareli, Lüleburgaz, Tekirdağ, Kazanlak, Sliven, Pazardzhik ve Haskovoda anlamlı artan trend olduğu tespit edilmiştir. Yıllık yağış ortalamalarında 1965-1990 yılları arası dönemde İpsala, Haskovo, Kazanlak, Pazardzhik ve Slivende anlamlı azalan trend ve 1991-2015 yılları arasındaki dönemde genel yönelim artan yönde olmakla birlikte, sadece Kırklareli istasyonunda anlamlı artan bir trend gözlemlenmiştir. 1965-2015 yılları arasındaki dönemde havzada bulunan hiçbir istasyonda istatistiksel olarak anlamlı bir trend gözlemlenmemiştir.

Korkmaz ve Efe (2021), Samsun ve Bafra meteorolojik gözlem istasyonlarında 1990-2019 yılları arasında kaydedilmiş toplam yağış verilerinde meydana gelen değişimi aylık, mevsimlik ve yıllık olarak incelemişlerdir. Yağışın trendini MK ve ITA yöntemleriyle analiz etmişlerdir. Trend analizi sonucunda, Samsun gözlem istasyonunda ölçülmüş yıllık toplam yağış verilerinin incelenmesinde istatistiksel

açından anlamlı olmayan bir artış gözlemlenirken, Bafra istasyonunda ise azalış görülmüştür. Mevsimlik toplam yağış verilerinin incelenmesinde ise, kış mevsiminde, Samsun gözlem istasyonunda %5 anlamlılık seviyesinde, Bafra İstasyonu'nda %10 anlamlılık seviyesinde azalan bir trend olduğu görülmüştür.

Duman ve İrcan (2021), Ülkemizde Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan Şanlıurfa ilinde 1965-2019 yılları arasında kaydedilmiş yağış ve sıcaklık eğilimlerini MK ve Sen eğim metoduyla mevsimlik ve yıllık olarak analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre; yağış eğilimlerinde, araştırma sahasında bulunan, Akçakale'de %5 anlamlılık düzeyinde ve Ceylanpınar istasyonunda %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı azalmaların olduğu, Şanlıurfa merkez istasyonu ve Birecik istasyonunda ise anlamlı olmayan azalmalar olduğu; Siverek gözlem istasyonu incelemesinde yaşanan artışların anlamlı seviyelerde olmadığı görülmüştür. Ele alınan tüm istasyonlara ait sıcaklık değerlerinin ise %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı artışlar gösterdiği görülmüştür.

Çeribaşı ve ark. (2021), Bandırma, Bursa, Uludağ, Keles, Dursunbey ve Simav bölgelerindeki altı meteorolojik ölçüm istasyonunda yaptıkları çalışmada 1996-2017 yılları arasında kaydedilmiş 22 yıllık sıcaklık verilerini IPTA ve Trend Çokgen Yıldız Konsepti trend analizi yöntemleri ile incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, Bandırma İstasyonu IPTA yönteminde aritmetik ortalama ve standart sapma grafiklerinde düzgün bir çokgen görülmemiş, ayrıca aritmetik ortalama analizi sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde çoğu aylarda artış eğilimi göstermiştir.

Singh ve ark. (2021), Hindistan'ın farklı meteorolojik alt bölümlerinde 34 istasyonda yaptıkları çalışmada 1901-2019 yılları arasında kaydedilmiş son 119 yıldaki yağışların mekânsal ve zamansal trendlerini ızgaralı yağış verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Mevsimsel ve yıllık yağışlardaki eğilimleri ITA, MK, modifiye MK ve doğrusal regresyon analizi (DRA) yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada M-K/mM-K ve LRA sonuçları, ITA tarafından tespit edilen trendlerle uyumlu sonuç vermiştir. Ancak ITA'nın, geleneksel M-K/mM-K ve LRA testleri tarafından gözden kaçırılan gizli eğilimleri tespit etmede daha hassas sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Anik ve ark. (2021), çalışmalarında Doğu Karadeniz Havzasında bulunan 14 istasyonun 1962-2018 yılları arasında kaydedilmiş meteoroloji verilerinden yararlanarak, iklimin ve arazi kullanımının aylık akışlar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Trendleri tespit etmek için IPTA ve ITA yöntemleri kullanılmıştır. Bu iki yöntemin sonuçları MK testi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; IPTA ve ITA yöntemlerinin, trend tespitinde Mann-Kendall testine göre çok daha hassas sonuçlar verdiği görülmüştür. Yenilikçi yöntemler %90 civarında birbirleriyle uyumlu olsa da yenilikçi poligon trend analizi yönteminin zaman serilerinde birbirini izleyen bölümler arasındaki trend geçişleri hakkında daha çok bilgi sunduğu görülmüştür.

Hirca ve ark. (2022), Bayburt, Giresun, Rize, Trabzon, Gümüşhane ve Artvin illerinde bulunan altı meteorolojik gözlem istasyonundan elde edilmiş 1960-2016 yılları arasında kaydedilmiş 57 senelik buharlaşma, sıcaklık, rüzgâr ve yağış verileri ile %95 güven aralığında gerçekleştirilen trendlerini, parametrik metotlardan olan Lineer Trend metodu ve parametrik olmayan metotlardan Modifiye Mann-Kendall metotlarını kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda Lineer Trend metodu ve Modifiye Mann-Kendall metodundan elde edilen sonuçların yüksek benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca, bölgede yağış ve sıcaklık değerlerinde artan yönde eğilim gösterdiği görülmüştür.

Ahmed ve ark. (2022), Pakistan'daki Hindukush-Karakoram-Himalaya (HKH) dağlık bölgesinde 37 istasyonda yaptıkları çalışmada 1952-2015 yılları arasında kaydedilmiş meteoroloji verilerin trendini araştırmışlardır. Aylık yağışa ait zaman serilerindeki trend analizinde belirlemek için MK, IPTA, ITA ve Sen'in trend eğim yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda IPTA ve ITA yöntemlerinin, eğilimleri tespit etmede MK yönteminden çok daha hassas olduğu görülmüştür.

Hirca ve ark. (2022), Doğu Karadeniz Havzası'nda sekiz ölçüm istasyonunda 1965-2020 yılları arasında kaydedilmiş 56 yıllık yağış verilerinin trendini MK ve IPTA yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Aylık yağıştaki olası değişiklikleri MK ve IPTA yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. Çalışmanın

sonuçlarına göre MK, çoğu istasyonda ayların çoğunda trend göstermezken, mart ayında çoğu istasyonda artış trendi görüldüğü sonucuna ulaşılmıştır. Aynı şekilde IPTA yönteminde, mart ayı yağışları için artan bir trend belirlenmiştir. IPTA ve MK tarafından elde edilen trend analizi sonuçlarının karşılaştırılması, öncelikle IPTA'nın trend belirlemede nispeten daha hassas olması nedeniyle, trendlerin tespit edildiği ay sayıları arasında önemli bir tutarsızlık olduğunu göstermiştir. IPTA ve MK tüm ayların sırasıyla yaklaşık %81,25 ve %12,5'inde trendler belirlenmiştir.

Yenice ve Yaqub (2022), İstanbul, Ankara ve Bursa illeri ve bu illere bağlı ilçelerde altı ölçüm istasyonunda yaptıkları çalışmada 2009-2020 yılları arasında kaydedilmiş 12 yıllık sıcaklık verilerini yakın zamanda kullanıma sunulan IPTA kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda IPTA yöntemiyle yapılan trend analizinde, uzun vadeli sıcaklık trendlerinin daha iyi anlaşılmasına ve gelecekteki kararların alınmasına yardımcı olabileceği vurgulanmıştır.

Gul ve Ren (2022), Pakistan'da bulunan; Balakot, Cherat, Chitarl, Dıkhani, Drosh, Risalpur, Kakul, Peshawar, Kohat ve Parachinar bölgelerindeki altı ölçüm istasyonunda yaptıkları çalışmada 1951-2016 yılları arasında kaydedilmiş 66 yıllık yağış değerlerini aylık, mevsimsel ve yıllık ölçekte incelemiştir. Yağış trendlerini incelemek için MK ve ITA yöntemleri kullanılmıştır. Genel olarak, MK testine göre ayların %84,16'sında trend görülmemiştir. Karşılaştırmalı olarak, ITA aylık analizinde, tüm çalışma bölgeleri için %80 oranında istatistiksel olarak anlamlı trend görülmüş ve mevsimsel açıdan %88 oranında anlamlı trend gözlemlenmiştir. Karşılaştırma sonucunda, ITA'nın çeşitli koşullarda MK analizinden daha iyi performans sergilediğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasında Aras Havzasında bulunan altı meteoroloji istasyonunda 1970-2021 yılları arasında ölçülen yağış ve sıcaklık verilerinde meydana gelen trendler farklı yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanı ve çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlere ait detaylı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

3.1. Çalışma Alanı ve Veriler

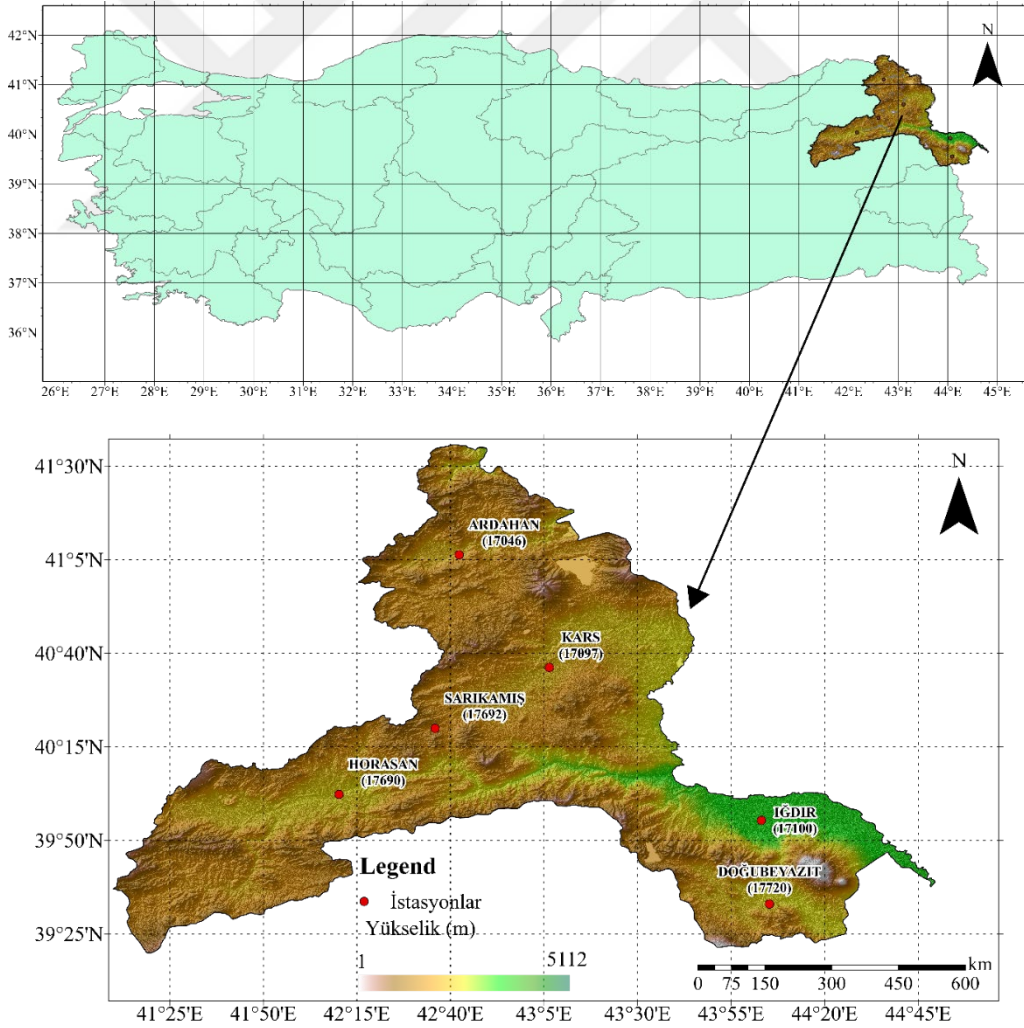
Aras Havzası (Şekil 3.1.), ülkemizdeki 25 havzadan biridir. Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alan havza, 28.114 km² yüz ölçümü ile ülkemiz yüz ölçümünün yaklaşık olarak %3,58'ini oluşturmaktadır. Batı tarafında Fırat-Dicle ve Çoruh, güneyinde ise Fırat-Dicle havzaları bulunmaktadır. Havza sınırları içerisinde Artvin, Ardahan, Ağrı, Erzurum, Kars, Iğdır ve Van illeri bulunmaktadır. Aras havzasının yıllık ortalama yağışı 432,5 mm/m², drenaj alanı 28.037km², yıllık ortalama akışı 4,63 km³'tür. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün 2019-2023 Stratejik Planına göre ortalama doğal akımı 4.480 hm³, yıllık ortalama verimi 5,1 l/sn/km²'dir. Havza ülkemiz ortalama veriminin %2,73'ünü karşılarken, ülkemiz doğal akımının ise %2,42'sini karşılamaktadır. Havzada genel olarak karasal iklim görülmektedir.

Bu tez çalışmasında Aras havzasında bulunan altı meteoroloji gözlem istasyonunda kaydedilen sıcaklık ve yağış verilerindeki değişim ele alınmıştır. Bunlar Ardahan (17046) İstasyonu, Kars (17097) İstasyonu, Iğdır (17100) İstasyonu, Horasan (17690) İstasyonu, Sarıkamış (17692) İstasyonu ve Doğubeyazıt (17720) İstasyonudur. İstasyon genel bilgileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan altı istasyonun verilerini içeren bu tez çalışmasında 1970-2021 yılları arasında ölçülen ortalama yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Çalışma alanındaki ortalama yağış miktarı 36,04 kg/m², ortalama sıcaklık 6,8 °C olurken, eksik veri oranı %0-%1,9 arasında değişmektedir.

Çizelge 3. 1. İstasyon bilgileri

İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinatlar	Veri Tarih Aralığı	Yağış Eksik Veri (%)	Ort. Yağış (mm)	Sıcaklık Eksik Veri (%)	Ort. Sıcaklık (°C)
17046	Ardahan	41.106100, 42.705500	1970-2021	0,0%	46,72	0,0%	3,86
17097	Kars	40.606059, 43.111878	1970-2021	0,0%	40,96	0,0%	5,02
17100	İğdir	39.922700, 44.052300	1970-2021	0,5%	21,62	0,0%	12,34
17690	Horasan	40.050000, 42.166667	1970-2021	0,8%	31,79	0,0%	6,51
17692	Sarıkamış	40.333333, 42.566667	1970-2021	0,5%	47,55	0,0%	4,02
17720	Doğubeyazıt	39.550000, 44.083333	1970-2021	1,9%	27,6	0,8%	9,13



Şekil 3. 1. Çalışma alanı

3.2. Yöntem

3.2.1. Mann-Kendall testi

Hidro-meteorolojik zaman serilerinin trendinin belirlenmesin en sık kullanılan yöntemlerin başında Mann-Kendall (MK) testi (Mann, 1945; Kendall, 1948), gelmektedir. Non-parametrik yani veri setlerinin herhangi bir dağılıma uyma zorunluluğunun olmadığı bu yöntemde, test istatistiği ve varyans sırasıyla Denklem 3.1. ve 3.2.'deki gibi hesaplanır.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \begin{cases} +1 & x_j > x_i \\ 0 & x_j = x_i \\ -1 & x_j < x_i \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\text{var}(S) = \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i i(i-1)(2i+5) \right] / 18 \quad (3.2)$$

Burada, x , i ve j zamanlarındaki verilerin değerlerini, n veri sayısını, m veri setindeki tekrar gözlem sayılarını, t ise tekrar eden verileri temsil etmektedir. Test istatistiği ve varyansa bağlı olarak da Z değeri Denklem 3.3.'e göre hesaplanır.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

Hesaplanan Z değerinin mutlak değeri, seçilen güven aralığında (bu çalışmada %95) karşılık gelen standart z değeri ile karşılaştırılır. Z 'nin mutlak değeri, standart z değerinden büyükse sıfır hipotezi (H_0) reddedilir ve anlamlı trend olduğu kabul edilir. Aksi durumda ise kabul edilir ve anlamlı trend olmadığı sonucuna varılır.

3.2.2. Spearman'ın Rho testi

Spearman'ın Rho (SR) testi, MK yöntemine benzer ve parametrik olmayan bir testtir. Benzerliğinden dolayı çoğunlukla SR yönteminin sonuçları MK yöntemi sonuçlarıyla karşılaştırılmaktadır. SR testi, doğrusal ve doğrusal olmayan eğilimler için tek tip güce sahip basit bir yöntemdir ve yaygın olarak eğilimlerin olmadığını doğrulamak için kullanılır (Shadmani ve ark., 2011; Tonkaz ve ark., 2007). Bu testte boş hipotez (H_0), zaman serisindeki tüm verilerin bağımsız ve aynı şekilde dağıldığı, alternatif hipotez (H_1) ise artan veya azalan eğilimlerin var olduğu şeklindedir. SR yönteminde test istatistiği D , standartlaştırılmış test istatistiği Z sırasıyla Denklem 3.4. ve 3.5.'teki gibi ifade edilir:

$$D = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_i - i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (3.4)$$

$$Z = D \sqrt{\frac{n-2}{1-D^2}} \quad (3.5)$$

Burada, R_i zaman serisindeki X_i gözleminin mertebesidir ve n zaman serisinin uzunluğunu temsil etmektedir. Hesaplanan Z değeri ile trend varlığının tespiti MK yönteminde bahsedilen prosedürle yapılmaktadır.

MK ve SR testleri veri setine uygulanmadan önce, zaman serisinde seri korelasyonunun olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir (Yue ve ark., 2002). Bu çalışmada veri setinde seri korelasyon etkisinin belirlenmesi için Salas ve ark. (1980), tarafından önerilen yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşımda lag-1 korelasyon katsayısının (r_1) Salas ve ark. (1980), tarafından önerilen Denklem 3.6.'daki aralıkta olup olmadığı kontrol edilir. Eğer r_1 değeri aralığın içerisinde ise seri korelasyon olmadığı, dışında ise seri korelasyon etkisinin olduğu kabul edilir. Seri korelasyon etkisinin olmadığı durumlarda orijinal zaman serisine, varlığında ise zaman serisine "pre-whitening" (Von Storch ve Navarra, 1999), prosedürü uygulanarak "pre-whitened" seriler elde edilir ve MK testi bu yeni serilere uygulanır.

$$\frac{-1-1.645\sqrt{n}-2}{n-1} < r_1 < \frac{-1+1.645\sqrt{n}-2}{n-1} \quad (3.6)$$

3.2.3. Sen'in trend eğim metodu

Sen (1968), tarafından geliştirilmiş olan Sen'in trend eğim metodu, bir zaman serisindeki trendin büyüklüğünü (eğimini) belirlemede kullanılmaktadır. Parametrik olmayan bu yöntem, büyük veri hatalarından veya aykırı değerlerden etkilenmeyen yapısıyla, verilere ait zaman serisinde lineer trend büyüklüğünü, yani birim zamandaki değişimi hesaplama amacıyla uygulanır (Yu ve ark., 1993). Trendin eğimi, zaman serisindeki veri çiftleri arasındaki tüm eğimlerin medyanı ile hesaplanır.

Veri sayısı n olmak suretiyle k ve j zamanlarında alınan veriler x_j ve x_k ($j > k$ şartıyla) $N = n(n-1)/2$ tane olmak üzere, Q_i parametresi Denklem 3.7.'deki gibi hesaplanır;

$$Q_i = (x_j - x_k) / (j - k) \quad (i = 1, \dots, N) \quad (3.7)$$

İşlemler sonrasında hesaplanmış olan Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve N tane Q_i değerlerinin medyanı mevcut olan trendini (Q_{med}) eğimini verir. Bu değer sıfırdan büyük olması artan yönde bir eğilim olduğunu, sıfırdan küçük olması ise azalan yönde bir yönelimin olduğunu gösterir.

3.2.4. Yenilikçi trend anlamlılık testi

Şen (2017), tarafından önerilen Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi (Innovative Trend Significance Test-ITST), bir zaman serisindeki trend varlığını grafiksel olarak gösteren Yenilikçi Trend Analizi (Innovative Trend Analysis-ITA) yöntemini nicel olarak değerlendiren bir yöntemdir. ITST yönteminde zaman serisi iki eşit parçaya bölünür ve aritmetik ortalamaları (y_1 ve y_2) ayrı ayrı hesaplanır. Hesaplanan bu ortalama değerlere göre n veri sayısı olmak üzere, birinci dereceden moment ($E(s)$),

çapraz korelasyon katsayısı (ρ), varyans (σ_s^2) ve standart sapma (σ_s) sırasıyla Denklem 3.8., 3.9., 3.10. ve 3.11.'deki gibi hesaplanır.

$$E(s) = 2/n[E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1)] \quad (3.8)$$

$$\rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1} = (E(\bar{y}_2\bar{y}_1) - E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1)) / (\sigma_{\bar{y}_2}\sigma_{\bar{y}_1}) \quad (3.9)$$

$$\sigma_s^2 = (8/n^2)(\sigma^2/n)(1 - \rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1}) \quad (3.10)$$

$$\sigma_s = \sigma(2\sqrt{2}/n\sqrt{n})\sqrt{(1 - \rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1})} \quad (3.11)$$

Trend varlığının tespitinde ise Denklem 3.12.'deki trend eğiminin güven aralığı kullanılır. s_{crit} , belirli bir güven aralığında standart normal dağılımdaki z değerini ifade eder. Trend eğiminin bu aralıkta olması durumunda “trend yok”, alt değerden küçük olması “azalan trend”, üst aralık değerinden büyük olması durumu ise “artan trend” olarak değerlendirilir.

$$CL_{(1-\alpha)} = 0 \pm s_{crit}\sigma_s \quad (3.12)$$

3.2.5. Yenilikçi poligon trend analizi

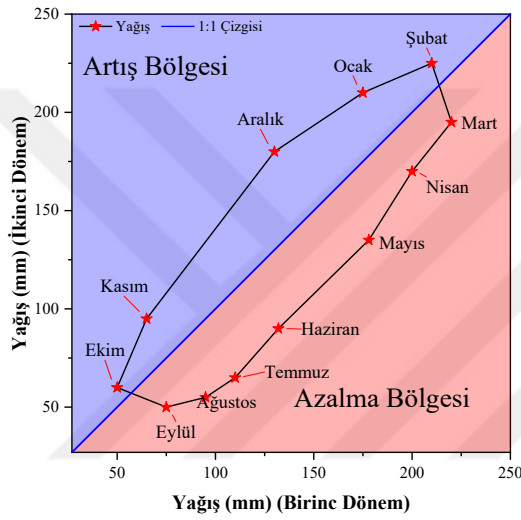
Şen ve ark. (2019), tarafından önerilen Yenilikçi Poligon Trend Analizi (Innovative Polygon Trend Analysis-IPTA) yönteminde bir zaman serisinin trendinin belirlenmesinin yanında ve ardışık elementler (örneğin aylar) arasındaki trend geçişlerinin büyüklüğü ve eğimi hakkında bilgi edinilebilir. Farklı zaman ölçeklerine de uygulanabilen bu yöntemde, girdi olarak zaman serilerinin ortalama, minimum, maksimum, standart sapma ve çarpıklık gibi parametreleri de kullanılabilir. Bu çalışmada ortalama değerler kullanılmıştır.

Bu yöntemde de ITST'de olduğu gibi zaman serileri tüm segmentler (bu çalışmada ay) için iki eşit gruba ayrılır. Her bir ayın iki yarı serisinin ortalaması hesaplanarak, Şekil 3.2.'deki gibi kartezyen koordinat sisteminde çizdirilerek, bir çokgen oluşturulur. Son olarak istenmesi durumunda trend eğimleri ve uzunlukları sırasıyla Denklem 3.13. ve 3.14.'teki gibi hesaplanır.

$$|AB| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3.13)$$

$$s = (y_2 - x_2)/(y_1 - x_1) \quad (3.14)$$

Denklemlerde yer alan x_1 ve x_2 yatayda birinci yarıdaki ardışık iki noktanın değeri (Örneğin; ocak ve şubat), y_1 ve y_2 ise düşeyde ikinci yarıdaki ardışık iki noktadaki değerlerdir.



Şekil 3. 2. IPTA yönteminin grafiksel gösterimi

Şekil 3.2.'deki noktaları birleştiren düz çizgiler, birbirini takip eden aylar arasındaki değişimler hakkında bilgi verir. Ardışık aylar arasındaki doğruların eğimleri birbirinden uzak ise, aylar arasındaki değişimlerin serideki ortalama değişime etkisinin fazla olduğu söylenebilir. Ayrıca, oluşan çokgen, zaman serisinin bir yıllık davranışını temsil eder. İncelenen hidro-meteorolojik olay ne kadar dinamik ve karmaşıksa, ortaya çıkan çokgenler de karmaşık olabilmektedir (Şen ve ark., 2019).

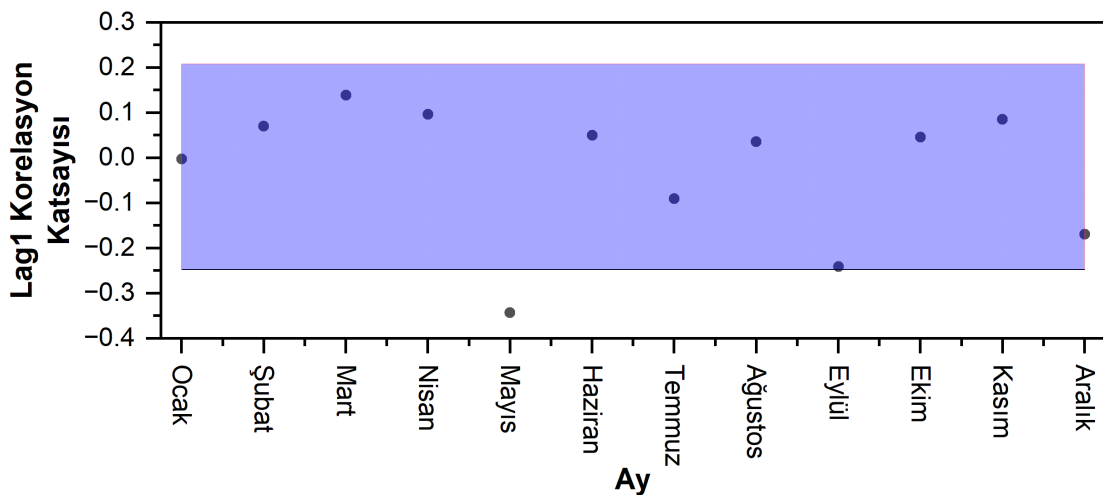
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında Aras havzasında yer alan toplam altı meteorolojik gözlem istasyonunda kaydedilmiş, aylık ortalama sıcaklık değerlerinin ve aylık toplam yağış değerlerinin trend analizi MK, SR, ITST ve IPTA yöntemleriyle yapılmıştır. Yapılmış olan analiz sonuçları her bir meteorolojik parametre ve istasyon için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.1. Aylık Toplam Yağış Verilerinin Trend Analizi

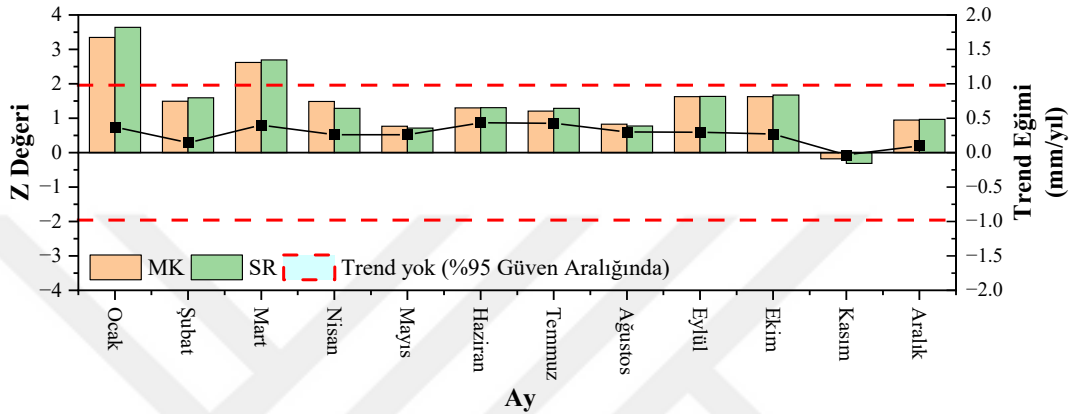
4.1.1. Ardahan (17046) istasyonu

MK ve SR testleri uygulanmadan önce aylık zaman serilerinde iç bağımlılık (seri korelasyon) etkisinin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Şekil 4.1.'de Ardahan (17046) İstasyonunda hesaplanmış Lag1 korelasyon katsayılarının dağılımı verilmiştir. Buna göre, sadece mayıs ayında seri korelasyon tespit edilmiş olup diğer aylarda bir iç bağımlılığa rastlanmamıştır. Buna göre sadece mayıs ayına ait zaman serilerinde seri korelasyon etkisi giderilmiştir.



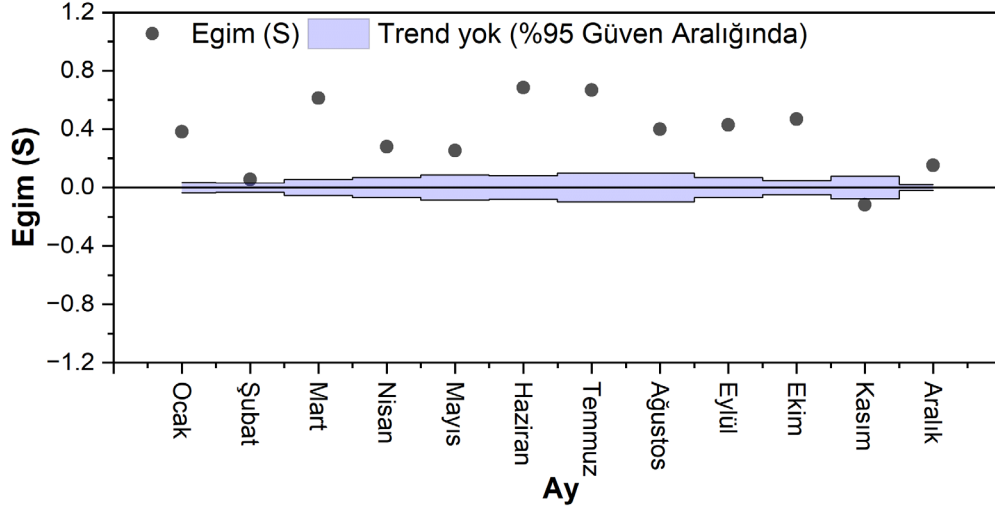
Şekil 4. 1. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17046)

Ardahan (17046) İstasyonuna ait MK ve SR testlerinin trend analiz sonuçları ve Sen'in trend eğim değerleri Şekil 4.2.'de verilmiştir. Buna göre kasım ayı hariç tüm aylarda MK ve SR testleri artan trend gösterirken, sadece ocak ve mart aylarında bu artışlar istatistiksel olarak anlamlıdır. Trend eğim değeri en yüksek haziran ayında 0.44 mm/yıl şeklinde olmuştur.



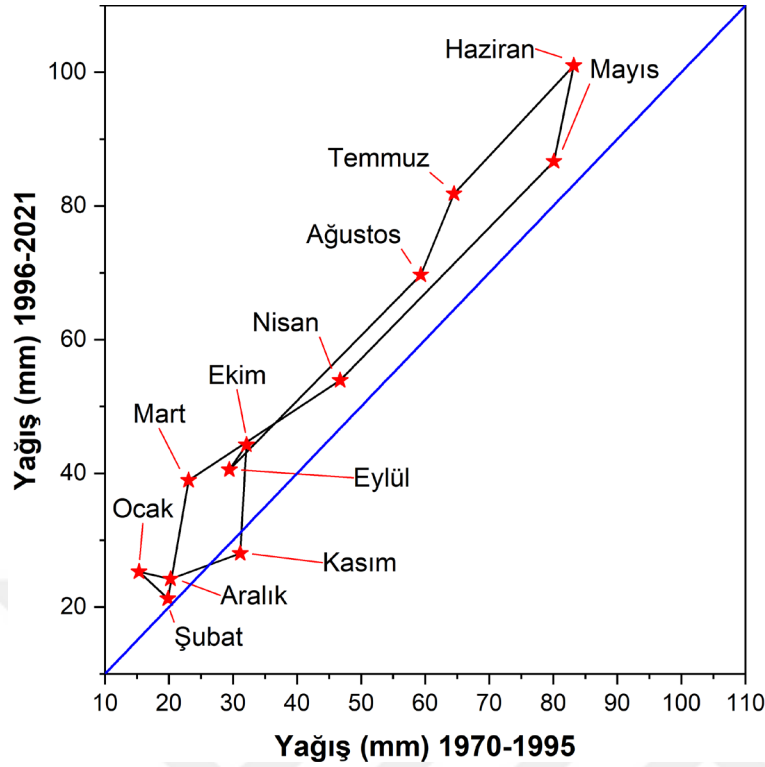
Şekil 4. 2. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17046)

Şekil 4.3.'te verilmiş olan ITST yöntemine göre hesaplanmış eğim değerlerinin ve sınır bölgelerinin dağılımı incelendiğinde, tüm aylarda anlamlı bir trendin varlığı olduğu ve kasım ayı dışındaki aylarda trendin artan, kasım ayında ise azalan olduğu görülmektedir. MK ve SR testleri ile ITST yönteminin sonuçları karşılaştırıldığında, iki yöntemdeki trend yönlerinin benzer olduğu, MK ve SR yöntemi ile sadece iki ayda anlamlı trendin belirlendiği, ancak ITST yönteminde tüm aylarda anlamlı trendin meydana geldiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 3. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17046)

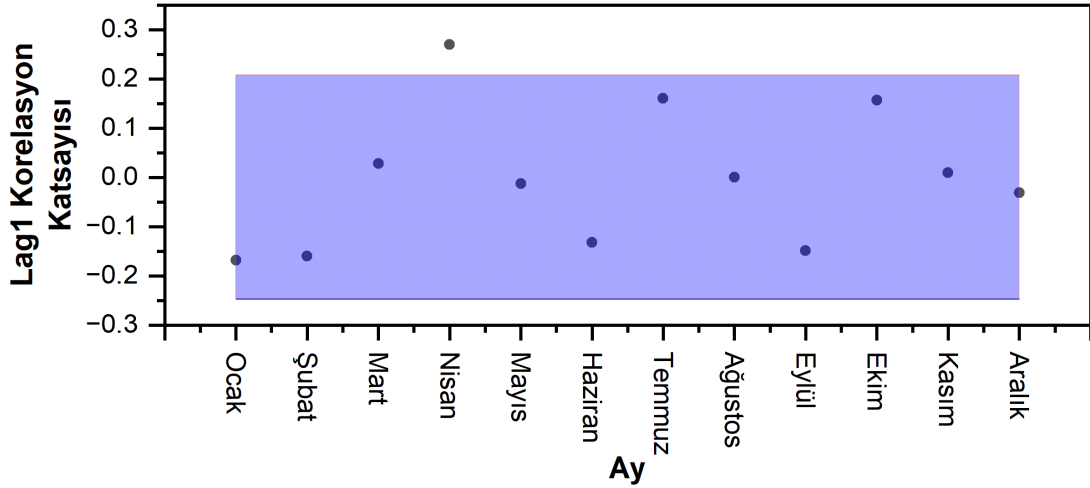
Şekil 4.4.'te IPTA yöntemine göre elde edilmiş trend analizi sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlar ITST yöntemine oldukça benzer olmuş ve kasım ayı dışında tüm aylarda artan, kasım ayında ise azalan yönde trend belirlenmiştir. Ayrıca, nisan-ağustos ayları arasında kapalı bir poligon oluşması, ilgili aylarda süregelen bir artışın olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 4. 4. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17046)

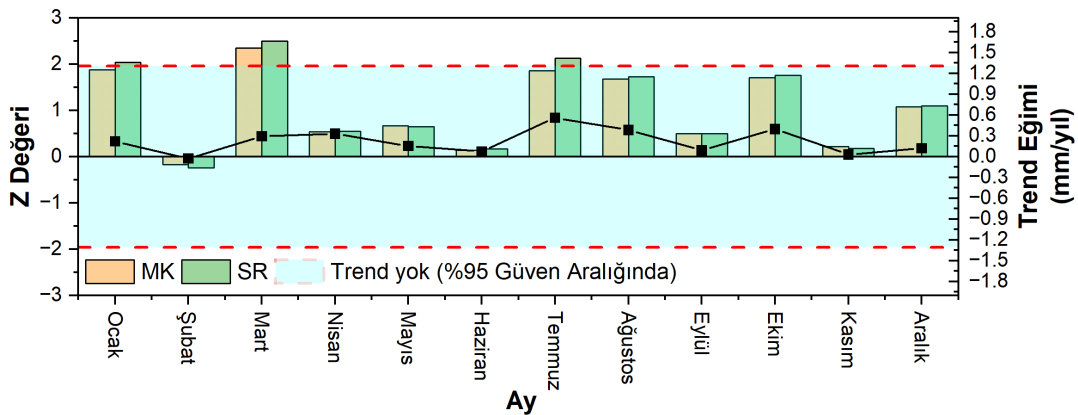
4.1.2. Kars (17097) istasyonu

Parametrik olmayan testlerin uygulanmasından önce, iç bağımlılık etkisinin incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle ilk olarak Kars (17097) İstasyonuna ait toplam yağış değerlerinin her bir ayı zaman serilerine ayrılmıştır. Her bir ay için lag-1 korelasyon katsayıları (r_1) hesaplanmıştır. Şekil 4.5.'te aylık zaman serileri için hesaplanmış r_1 değerlerinin dağılımları verilmiştir. Bu şekilde dolgulu alan Salas (1980), tarafından önerilen alanı göstermektedir. Bu çalışmada tüm aylardaki zaman aralıkları aynı olduğu için (1970-2021), aralıklar da aynı olmuştur. Şekil 4.5.'ten de anlaşılacağı üzere, Kars (17097) İstasyonunda elde edilmiş olan r_1 değeri, nisan ayı dışında tüm zaman serilerinde aralıkta kalmaktadır. MK ve SR testleri uygulanmadan önce Nisan ayına ait zaman serisinde seri korelasyon etkisi giderilmiştir. Diğer zaman serilerinde herhangi bir işlem yapılmadan doğrudan kullanılmışlardır. Yağışlar çoğunlukla rastgele dağılıma sahip oldukları için genellikle iç bağımlılık etkisi göstermemektedirler. İlgili çalışmada yağış değerlerinin önemli bir kısmında iç bağımlılık etkisi olmadığı görülmüştür.



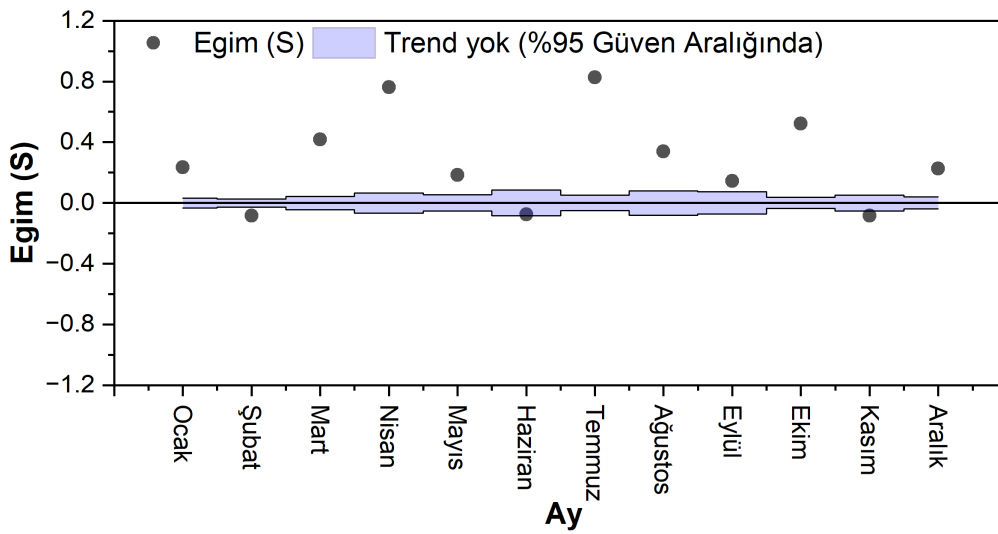
Şekil 4. 5. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17097)

İç bağımlılık etkisi bulunmayan zaman serilerine uygulanan parametrik olmayan MK ve SR testlerinin sonuçları, ayrıca Sen'in trend eğim değerleri Kars (17097) İstasyonu için Şekil 4.6.'da gösterilmiştir. Şekil 4.6. incelendiğinde, Kars (17097) İstasyonunda % 95 güven aralığında tüm aylara ait zaman serilerinde, MK ve SR yöntemlerine göre şubat ayı dışındaki bütün aylarda artan bir trend görülmektedir. MK yöntemine ait sonuçlar incelendiğinde; sadece mart ayında anlamlı trend belirlenirken, SR yöntemi sonuçlarına göre ocak, mart ve temmuz aylarında istatistiksel olarak anlamlı artan anlamlı trend belirlenmiştir. Trend eğim değerleri incelendiğinde ise temmuz ayında yıllık yağış artışının 0.6 mm/yıl değerini bulduğu anlaşılmaktadır.



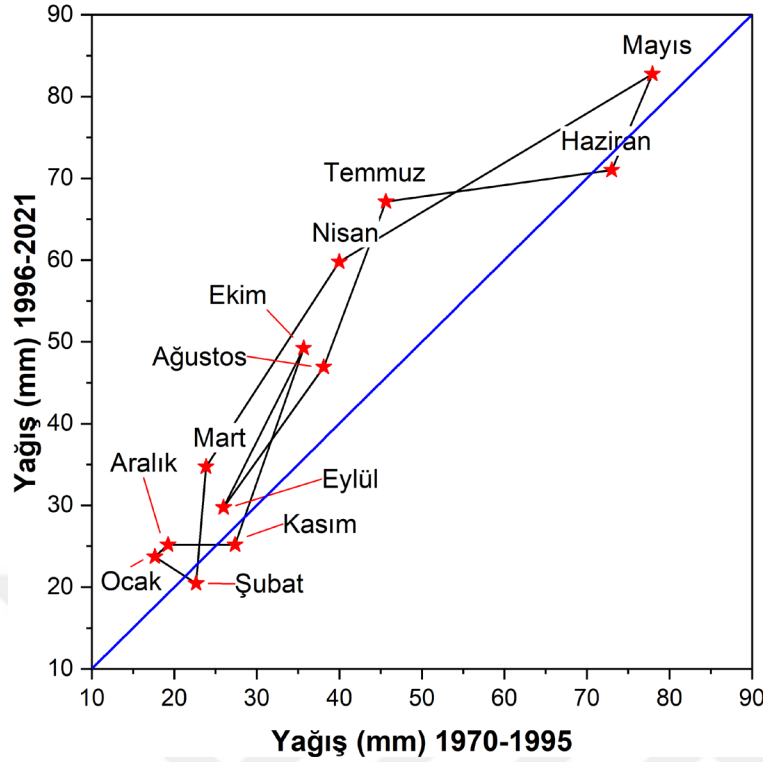
Şekil 4. 6. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17097)

Kars (17097) İstasyonuna ait toplam yağış verileri kullanılarak ITST yöntemi ile hesaplanmış eğim değerleri ve %95 güven aralığında trend oluşmayan bölgeler (Dolgulu Bölge) Şekil 4.7.'de verilmiştir. Kars (17097) İstasyonunda şubat, kasım ve haziran ayları dışında ocak-aralık ayları arasında anlamlı artan trend, şubat ve kasım ayında ise anlamlı azalan trend belirlenmiştir. Ayrıca, haziran ayında anlamlı bir trend varlığından söz edilememektedir. Elde edilen sonuçlara göre, ITST yönteminin, anlamlı trend belirlemede MK ve SR yöntemlerine göre daha hassas olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4. 7. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17097)

MK, SR ve ITST yöntemlerinin yanı sıra, yeni önerilmiş bir yöntem olan IPTA yöntemi ile de aylık toplam yağış verilerinin trendi değerlendirilmiştir. Kars (17097) İstasyonundaki yağışların ortalama değerlerin IPTA yöntemine göre elde edilen grafik Şekil 4.8.'de gösterilmiştir. Buna göre, Kars (17097) İstasyonunda şubat, haziran ve kasım ayları dışındaki aylarda artan, şubat, haziran ve kasım aylarında ise azalan trend görülmüştür.

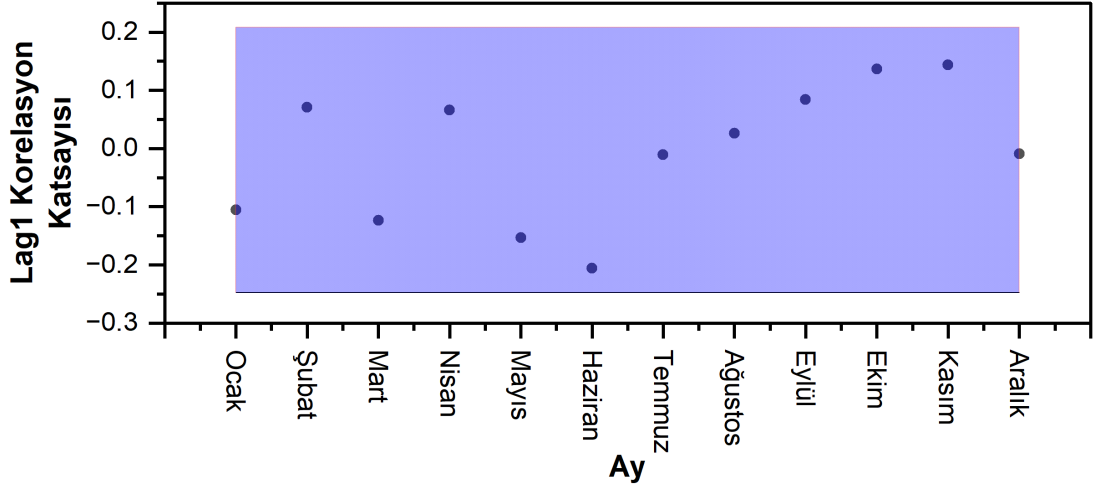


Şekil 4. 8. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17097)

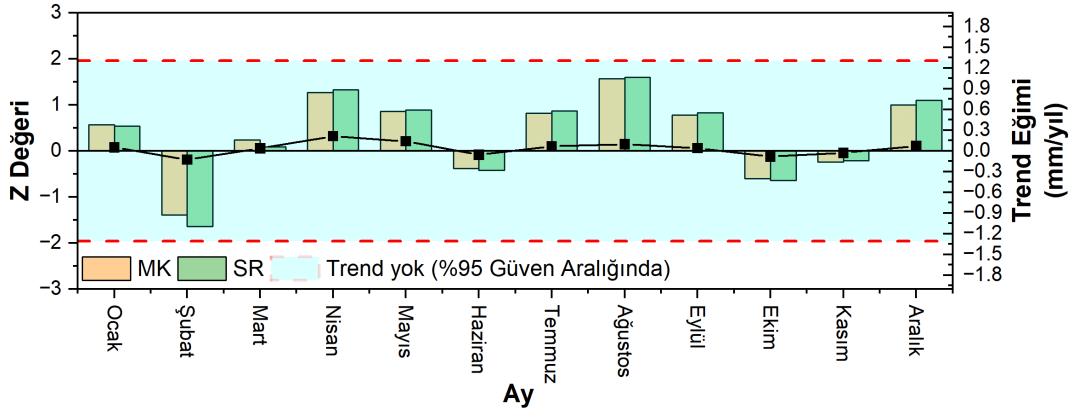
4.1.3. Iğdır (17100) istasyonu

Iğdır (17100) İstasyonunda kaydedilen yağış verilerindeki değişim, MK ve SR yöntemleriyle incelenmiştir. Şekil 4.9.'da aylık zaman serileri için hesaplanmış r_1 değerlerinin dağılımları verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere, Iğdır (17100) İstasyonunda elde edilmiş olan r_1 değeri, tüm zaman serilerinde aralıkta kalmaktadır. Bu verilere ait zaman serileri, herhangi bir iç bağımlılık etkisi giderilme işlemi yapılmadan doğrudan kullanılmıştır.

Iğdır (17100) İstasyonu yağış verilerine ait MK ve SR yöntemi sonuçları incelendiğinde, şubat, haziran, ekim ve kasım aylarında azalan, diğer aylarda ise artan trend görülmektedir. MK ve SR testleriyle herhangi bir ayda istatistiksel olarak anlamlı trend varlığına rastlanılmamıştır. Bu parametrede en büyük SS değeri 0.2137 mm/yıl olarak nisan ayında elde edilmiştir. Iğdır (17100) İstasyonuna ait yağış parametrelerinin trend sonuçlarının değerlendirilmesinde, yağış verilerindeki değişimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

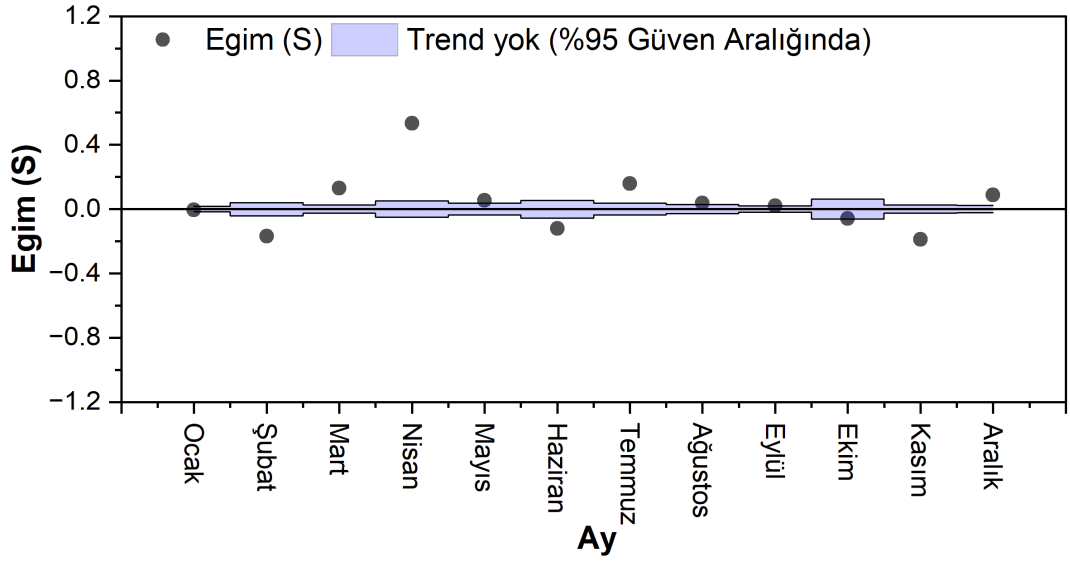


Şekil 4. 9. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17100)



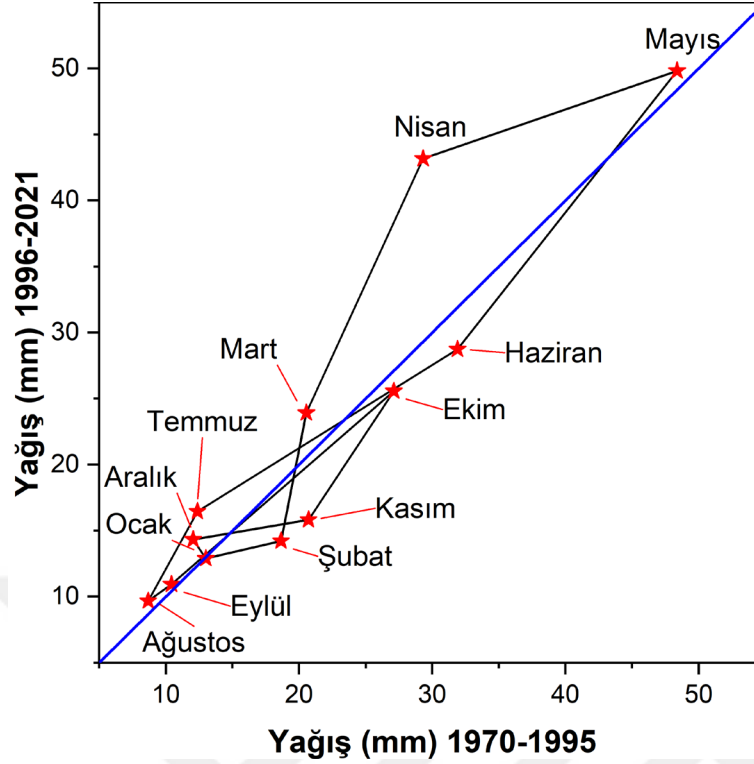
Şekil 4. 10. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17100)

İğdır (17100) İstasyonu yağış verilerinin ITST trend analizi sonuçları Şekil 4.11.'de verilmiştir. İğdır (17100) İstasyonu ITST yöntemi sonuçları incelendiğinde, ocak ve ekim aylarında trend görülmezken, şubat, haziran ve kasım aylarında anlamlı azalan, geri kalan aylarda ise anlamlı artan trend belirlenmiştir.



Şekil 4. 11. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17100)

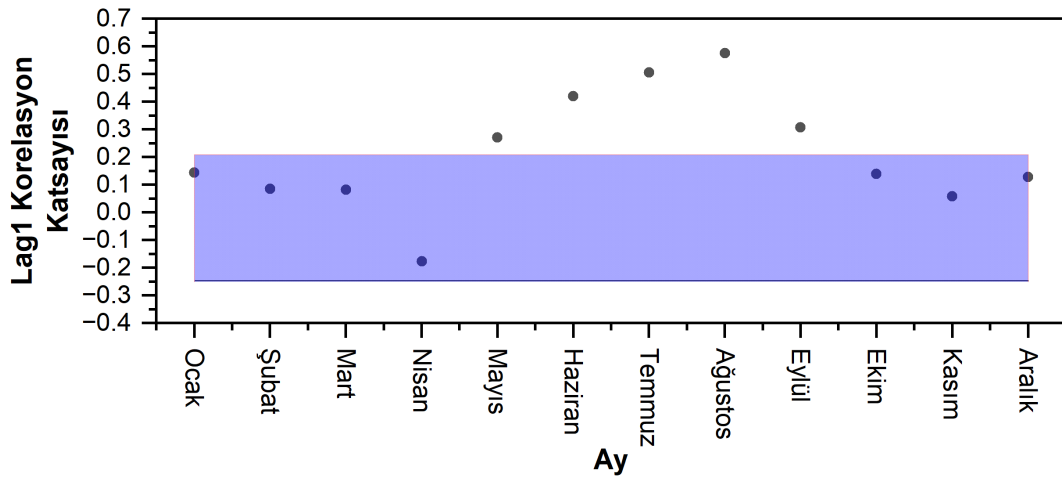
Şekil 4.12.'de, Iğdır (17100) İstasyonu yağış verilerinin IPTA trend analizi sonuçları verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, Iğdır (17100) İstasyonu yağış verilerinde şubat, haziran, ekim ve kasım aylarında azalan trend görülürken, ocak ayında herhangi bir trend varlığından söz edilememektedir. Bu ayların dışındaki diğer aylarda ise artan trend belirlenmiştir.



Şekil 4. 12. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17100)

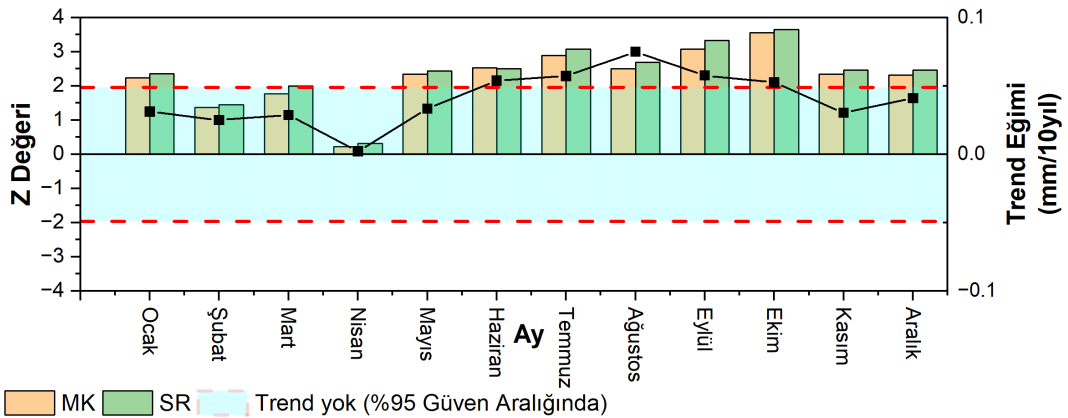
4.1.4. Horasan (17690) istasyonu

MK ve SR testleri uygulanmadan önce aylık zaman serilerinde iç bağımlılık (seri korelasyon) etkisinin olup olmadığı kontrol edilmiş ve Horasan (17690) İstasyonunda hesaplanmış Lag1 korelasyon katsayılarının dağılımı Şekil 4.13.'te verilmiştir. Buna göre, mayıs, haziran, temmuz, eylül ve ağustos aylarında seri korelasyon tespit edilmiş olup diğer aylarda bir iç bağımlılığa rastlanmamıştır. Mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait zaman serilerinde seri korelasyon etkisi giderilmiştir.



Şekil 4. 13. Yağış değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17690)

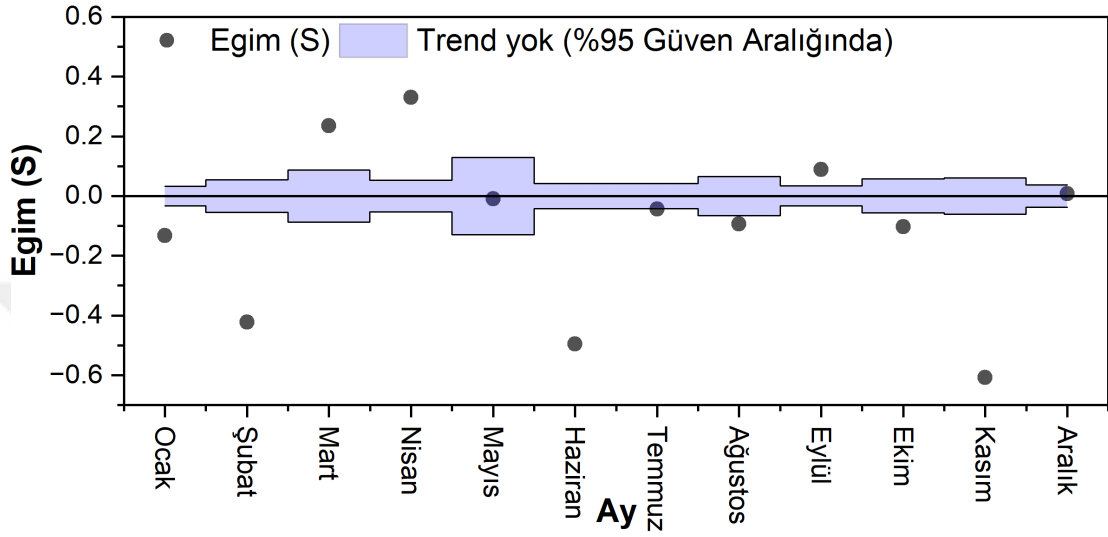
Horasan (17690) İstasyonuna ait MK, SR testlerinin sonuçları ile Sen'in trend eğim değerleri Şekil 4.14.'te verilmiştir. MK ve SR testleri incelendiğinde her ikisinde de artan trend görülmüştür. Buna göre MK testi için şubat, mart ve nisan aylarında istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığı sonucuna varılırken diğer aylarda anlamlı artan trend belirlenmiştir. SR testi incelendiğinde şubat ve nisan ayları dışında bütün aylarda anlamlı artan trend belirlenmiş, şubat ve nisan aylarında ise artan trend görülmüştür. Trend eğimleri anlamlı olan aylar içerisinde ağustos ayında en yüksek 0.075 mm/yıl şeklinde olmuştur.



Şekil 4. 14. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17690)

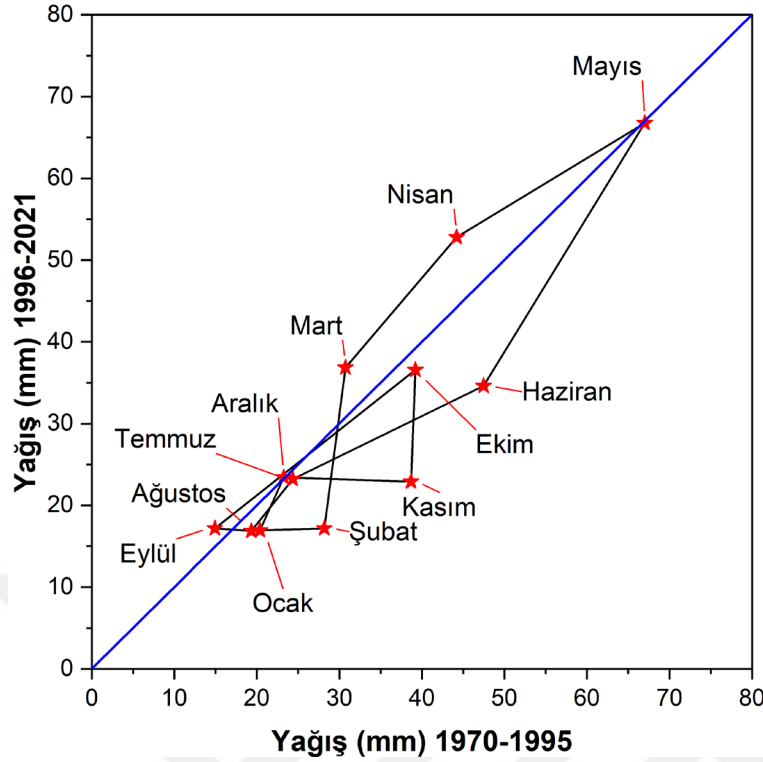
Şekil 4.15.'te verilmiş olan ITST yöntemine göre hesaplanmış eğim değerlerinin ve sınır bölgelerinin dağılımı incelendiğinde, mayıs ve aralık ayları dışındaki bütün aylarda anlamlı bir trendin var olduğu, mart, nisan ve eylül aylarında artan, ocak, şubat,

haziran, temmuz, ağustos, ekim ve kasım aylarında ise anlamlı azalan bir trendin olduğu sonucuna varıldı. MK ve SR testleri ile ITST yönteminin sonuçları karşılaştırıldığında, bu istasyonda trend gözlemlenen aylar için yöntemlerin birbiriyle uyumlu sonuçlar vermediği gözlemlendi.



Şekil 4. 15. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17690)

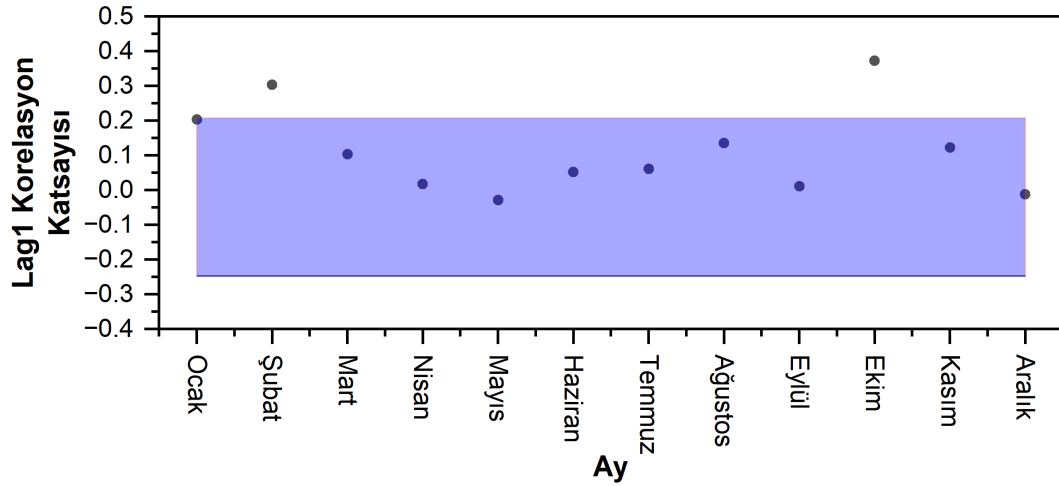
Şekil 4.16.'da IPTA yöntemine göre elde edilmiş trend analizi sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlar ile ITST yönteminde varılan sonuçlar arasında benzerlikler vardır. Mart, nisan ve eylül aylarında artan trend gözlemlenirken, mayıs ve temmuz aylarında anlamlı bir trend gözlemlenmemiş, geri kalan aylarda ise azalan yönde trend belirlenmiştir.



Şekil 4. 16. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17690)

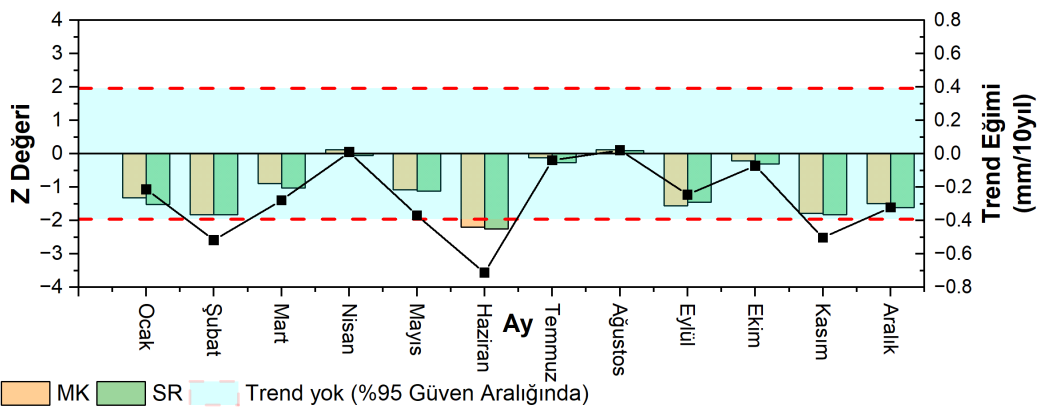
4.1.5. Sarıkamış (17692) istasyonu

Sarıkamış (17692) İstasyonu verileri işlenmeden önce iç bağımlılık etkisi incelenmiştir. İstasyona ait toplam yağış değerlerinin her bir ayı zaman serilerine ayrılmıştır. Her bir ay için lag-1 korelasyon katsayıları (r_1) hesaplanmış ve r_1 'in aralıklarda olup olmadığı kontrol edilmiştir. Şekil 4.17.'de aylık zaman serileri için hesaplanmış olan r_1 değerlerinin dağılımları verilmiştir. Şekil 4.17.'den de anlaşılacağı üzere, Sarıkamış (17692) İstasyonunda elde edilmiş olan r_1 değeri, şubat ve ekim ayları dışında tüm zaman serilerinde dolgulu alanda kalmaktadır. Şubat ve ekim aylarına ait zaman serilerinde seri korelasyon etkisi giderilmiştir. Diğer zaman serilerinde herhangi bir işlem yapılmadan doğrudan kullanılmışlardır. Yağışlar çoğunlukla rastgele dağılıma sahip oldukları için genellikle iç bağımlılık etkisi göstermemektedirler. İlgili çalışmada yağış değerlerinin önemli bir kısmında iç bağımlılık etkisi olmadığı görülmüştür.



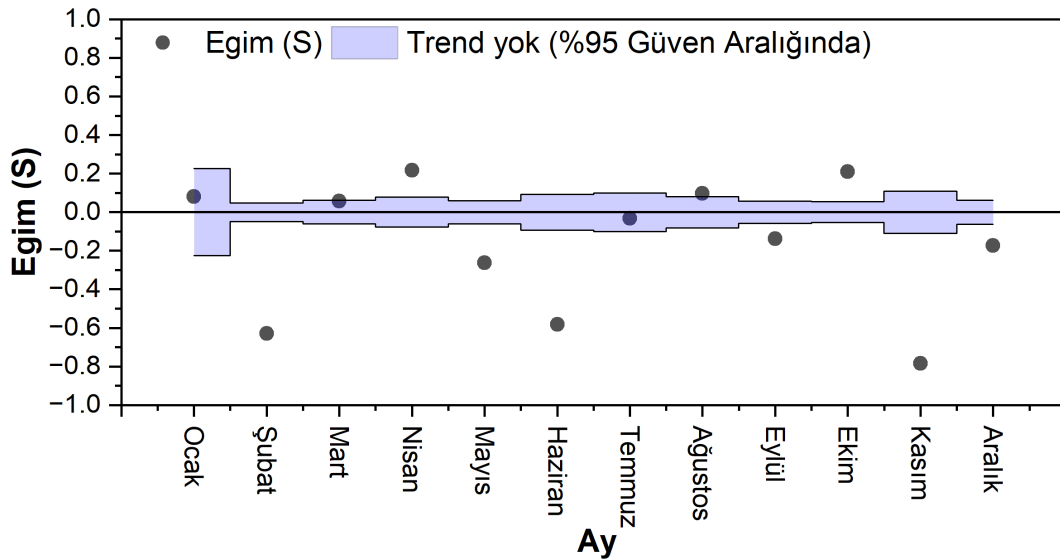
Şekil 4. 17. Yağış değerlerinin Lag 1 korelasyon katsayısının dağılımı (17692)

Parametrik olmayan MK ve SR testlerinin sonuçları, ayrıca Sen'in trend eğim değerleri Sarıkamış (17692) İstasyonu için Şekil 4.18.'de verilmiştir. Bu şekilde sol y eksenini MK ve SR testleri ile hesaplanmış olan Z değerlerini, sağ y eksenini ise yıllık Sen eğim değerlerini (mm/yıl) ifade etmektedir. Şekil 4.18.'e göre, Sarıkamış (17692) İstasyonunda %95 güven aralığında tüm aylara ait zaman serilerinde, MK testi için nisan ve ağustos aylarında artan diğer aylarda ise azalan trend belirlenmiştir ancak haziran ayı dışında, bu trendlerin hiçbiri anlamlı trend değildir. SR testi incelendiğinde; ağustos ayında artan, diğer bütün aylarda ise azalan trend görülmektedir. Azalan trendlerin içerisinde anlamlı olan tek trend haziran ayına ait olmaktadır.



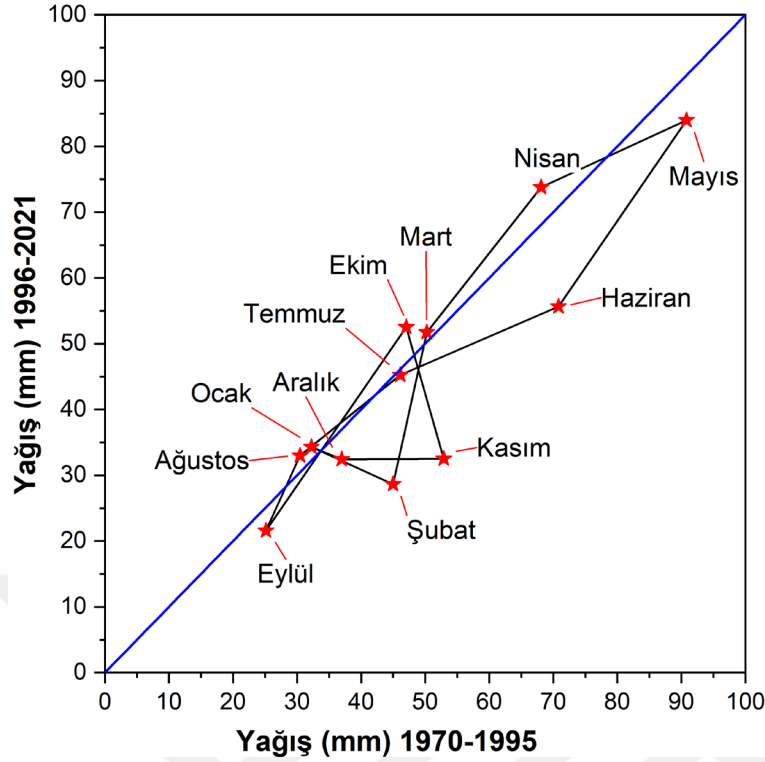
Şekil 4. 18. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17692)

Sarıkamış (17692) İstasyonuna ait toplam yağış verileri kullanılarak ITST yöntemi ile hesaplanmış eğim değerleri ve %95 güven aralığında trend oluşmayan bölgeler (dolgulu alan) Şekil 4.19.'da verilmiştir. Şekle göre, eğer hesaplanmış eğim değeri dolgulu alanın dışına çıkmışsa trend var, negatif bölgede ise yönü azalan, pozitif bölgede ise artan anlamına gelmektedir. Buna göre, Sarıkamış (17692) İstasyonunda nisan, ağustos ve ekim aylarında anlamlı artan trend, şubat, mayıs, haziran, eylül, kasım ile aralık aylarında ise anlamlı azalan trend belirlenmiştir. Ocak, mart ve temmuz ayları dolgulu alanda kaldıkları için anlamlı bir trend varlığından söz edilememektedir.



Şekil 4. 19. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17692)

Sarıkamış (17692) İstasyonundaki aylık yağış verilerinin trendi, IPTA yöntemi ile de değerlendirilmiş olup, yağışların toplam değerlerinin grafiği Şekil 4.20.'de gösterilmiştir. Buna göre, Sarıkamış (17692) İstasyonunda ocak, mart, nisan, ağustos ve ekim aylarında artan trend, şubat, mayıs, haziran, temmuz, eylül, kasım ve aralık aylarında ise azalan trend gözlemlenmiştir.

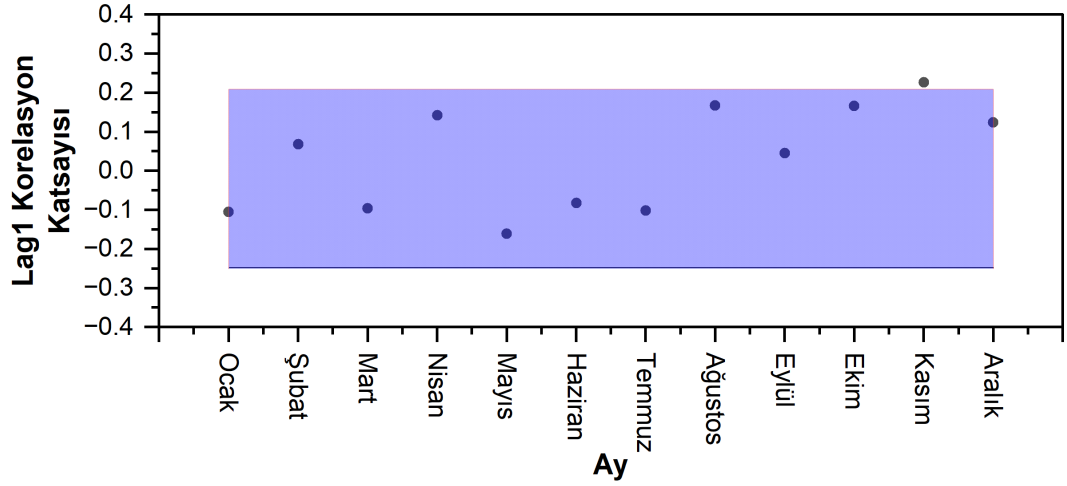


Şekil 4. 20. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17692)

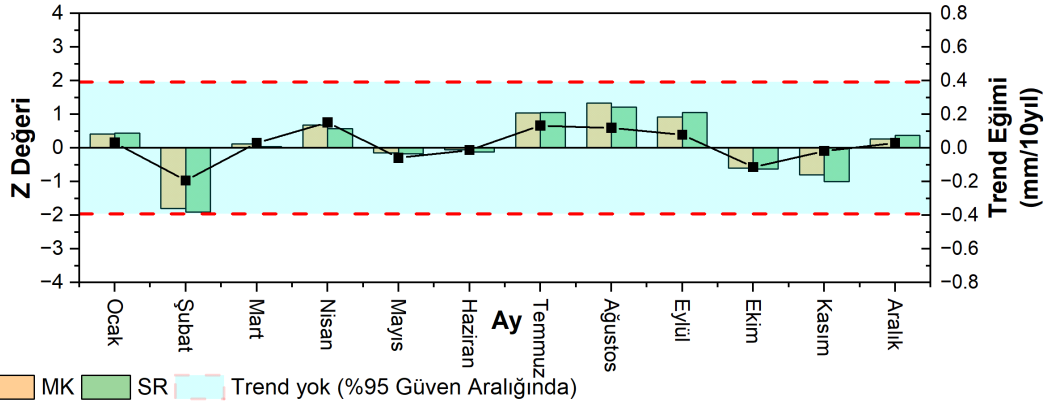
4.1.6. Doğubeyazıt (17720) istasyonu

Doğubeyazıt (17720) İstasyonu için MK ve SR testleriyle yapılmıştır. Şekil 4.21.'de aylık zaman serileri için hesaplanmış r_1 değerlerinin dağılımları verilmiştir. MK testi için incelemeler yapıldığında; anlamlı olmamakla beraber ocak, mart, nisan, temmuz, ağustos, eylül ve aralık aylarında artan trend, geri kalan diğer aylarda ise azalan trend görülmüştür. SR testi için ise; ocak, mart, temmuz, nisan, ağustos, eylül ve aralık aylarında artan, geri kalan aylarda ise azalan trend gözlemlenmiştir.

Yağış parametresinin MK ve SR testlerinin her ikisinde de istatistiksel olarak anlamlı trend varlığına rastlanılmamıştır. Bu parametrede en büyük SS değeri 0.152 olarak nisan ayında elde edilmiştir.

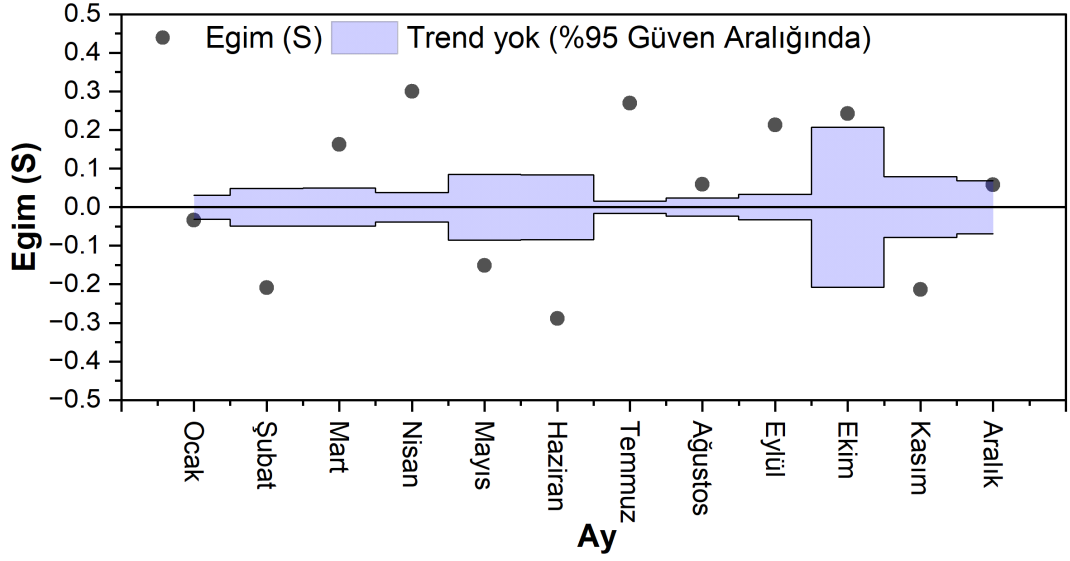


Şekil 4. 21. Yağış değerlerinin Lag 1 korelasyon katsayısının dağılımı (17720)



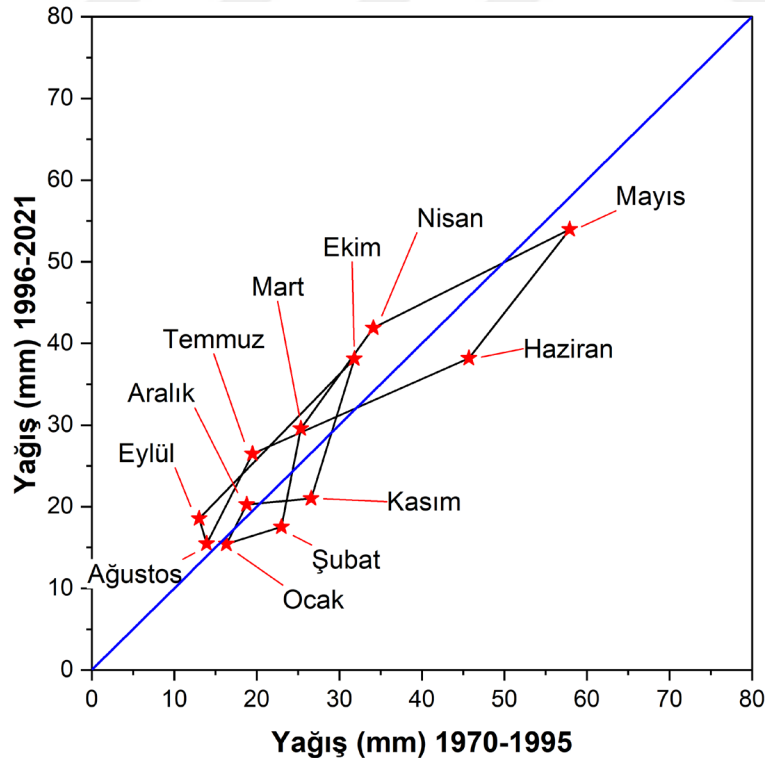
Şekil 4. 22. Yağış değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17720)

Şekil 4.23.'te de görüldüğü üzere, Doğubeyazıt (17720) İstasyonu 1970-2021 Yılları arası yağış verileri ITST Yöntemiyle incelendiğinde, aralık ayında trend görülmemekle birlikte, ocak, şubat, mayıs, haziran ve kasım aylarında anlamlı azalan, diğer aylarda ise anlamlı artan trend görülmüştür.



Şekil 4. 23. Yağış değerlerinin ITST sonuçları (17720)

Şekil 4.24.'de de görüldüğü üzere, Doğubeyazıt (17720) İstasyonu 1970-2021 yılları arası yağış verileri IPTA Yöntemiyle incelendiğinde, ocak, şubat, mayıs, haziran ve kasım aylarında azalan, diğer aylarda ise artan trend belirlenmiştir.

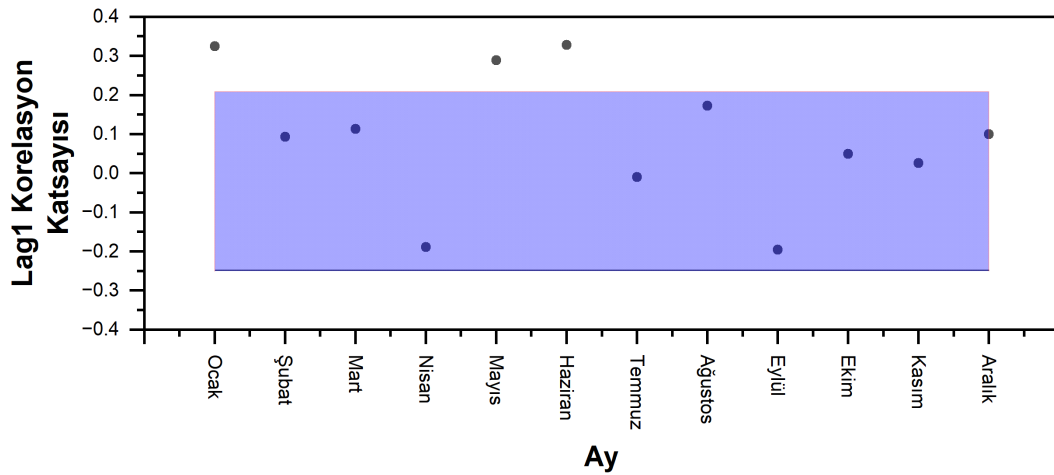


Şekil 4. 24. Yağış değerlerinin IPTA sonuçları (17720)

4.2. Aylık Toplam Sıcaklık Verilerinin Trend Analizi

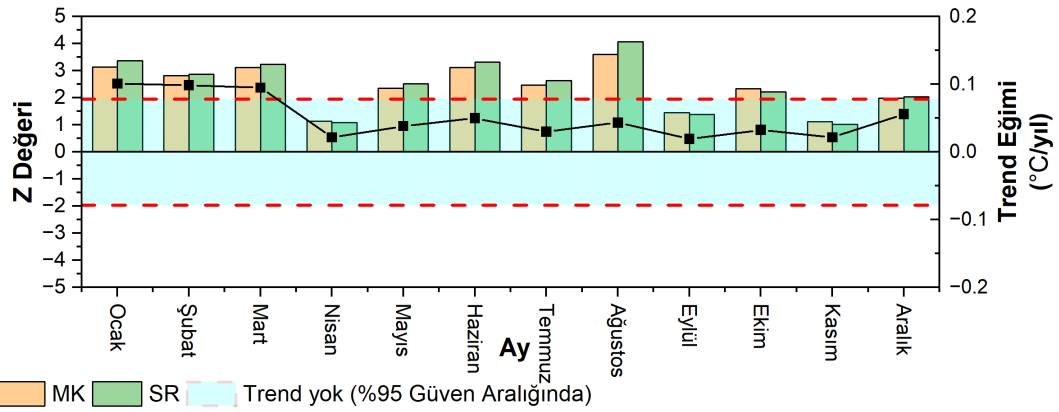
4.2.1. Ardahan (17046) istasyonu

MK ve SR testleri uygulanmadan önce, aylık zaman serilerinde iç bağımlılık (seri korelasyon) etkisinin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Şekil 4.25.'de Ardahan (17046) İstasyonunda hesaplanmış Lag1 korelasyon katsayılarının dağılımı gösterilmiştir. Dağılıma göre, ocak, mayıs ve haziran aylarında bir seri korelasyon tespit edilmiş olup diğer aylarda herhangi bir iç bağımlılığa rastlanmamıştır. Buna göre ocak, mayıs ve haziran aylarına ait zaman serilerinde seri korelasyon etkisi giderilmiştir.



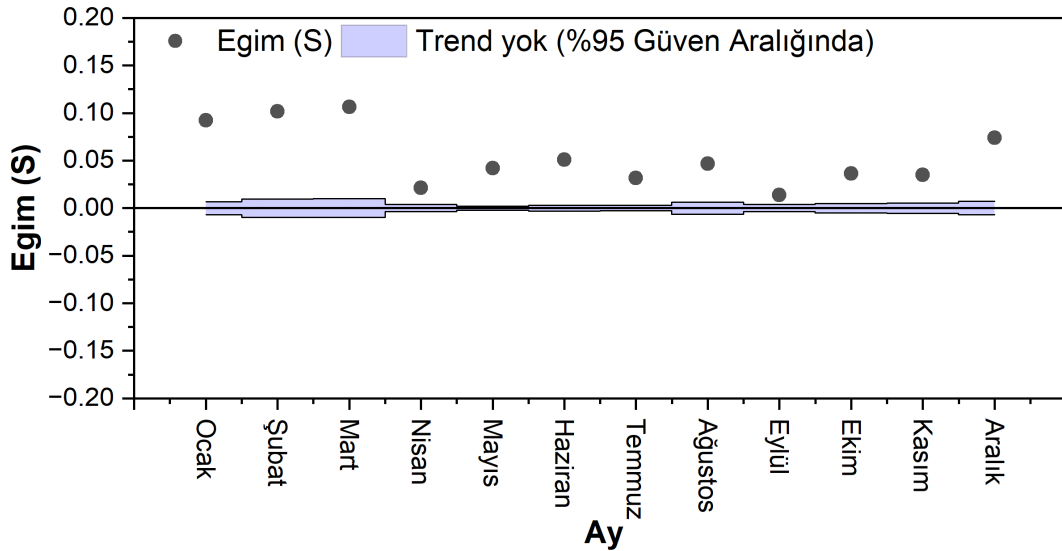
Şekil 4. 25. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17046)

Ardahan (17046) İstasyonuna ait MK, SR testlerinin sonuçları ile Sen'in trend eğim değerleri Şekil 4.26.'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde bütün aylarda MK ve SR testleri anlamlı artan trend gösterirken, nisan, eylül ve kasım aylarında bu artışlar anlamlı değildir.



Şekil 4. 26. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17046)

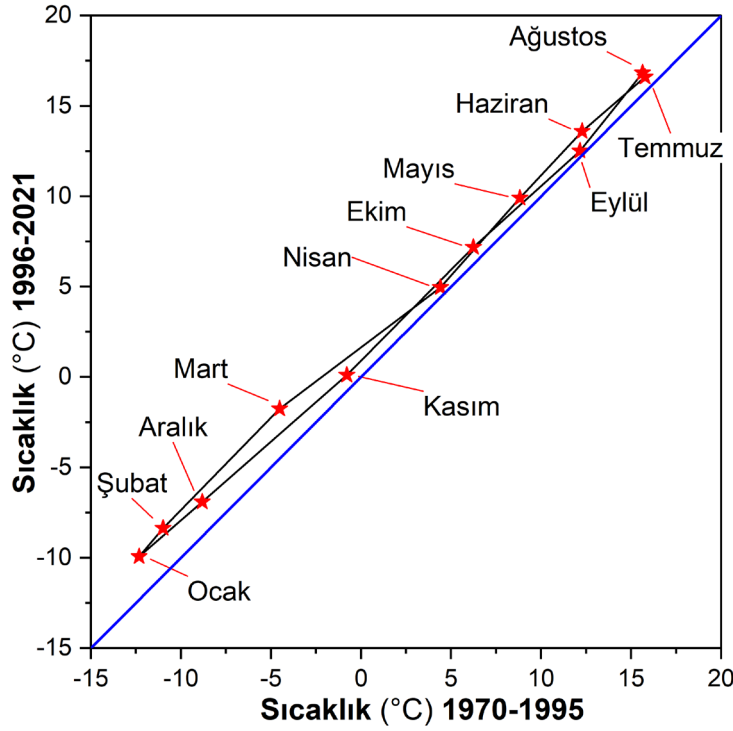
Şekil 4.27.'de verilmiş olan ve ITST yöntemine göre hesaplanmış eğim değerlerinin ve sınır bölgelerinin dağılımı incelendiğinde, tüm aylarda anlamlı bir trendin varlığı olduğu ve bütün aylarda artan trendin olduğu görülmektedir. MK ve SR testleri ile ITST yönteminin sonuçları karşılaştırıldığında, iki yöntemdeki trend yönlerinin benzer olduğu, MK ve SR yöntemi ile sekiz ayda anlamlı trendin belirlendiği, ancak ITST yönteminde tüm aylarda anlamlı trendin meydana geldiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 27. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17046)

Şekil 4.28.'de IPTA yöntemine göre elde edilmiş trend analizi sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlar ITST yöntemine oldukça benzerdir ve eylül ayı dışında

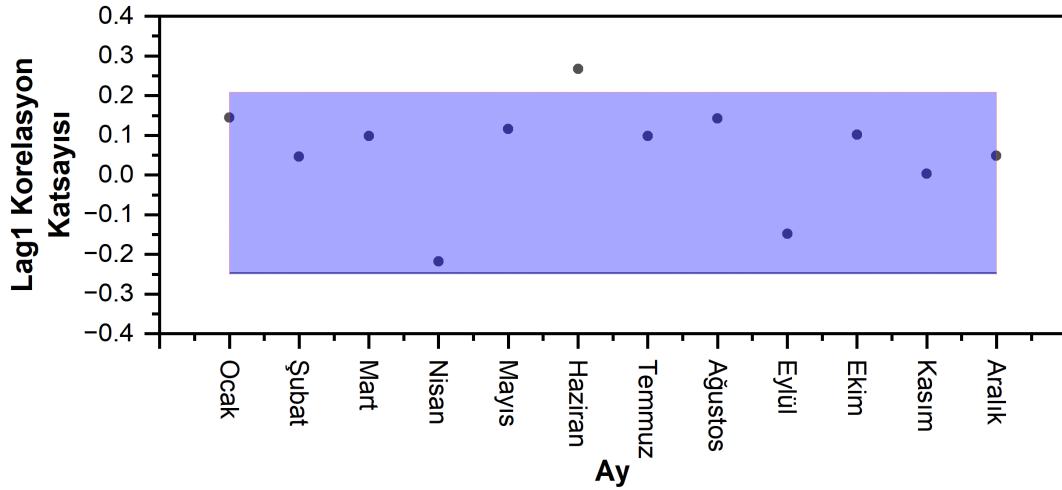
bütün aylarda artan trend belirlenmiştir. Eylül ayı 1-1 çizgisine çok yakın olduğundan trend oluşmadığı yorumu yapılmıştır.



Şekil 4. 28. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17046)

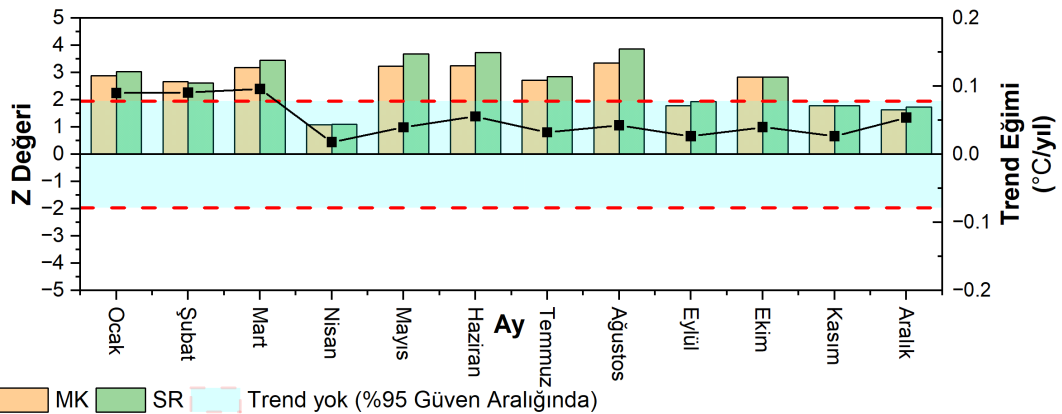
4.2.2. Kars (17097) istasyonu

Parametrik olmayan testlerin uygulanmasından önce, iç bağımlılık etkisinin incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle ilk olarak Kars (17097) İstasyonuna ait toplam sıcaklık değerlerinin her bir ayı zaman serilerine ayrılmıştır. Şekil 4.29.'da aylık zaman serileri için hesaplanmış r_1 değerlerinin dağılımları verilmiştir. Şekil 4.29.'da görüldüğü üzere, Kars (17097) İstasyonunda elde edilmiş olan r_1 değeri, haziran ayı dışında tüm zaman serilerinde aralıkta kalmaktadır. Haziran ayına ait zaman serisinde seri korelasyon etkisi giderilmiştir. Diğer zaman serilerinde herhangi bir işlem yapılmadan doğrudan kullanılmışlardır.



Şekil 4. 29. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17097)

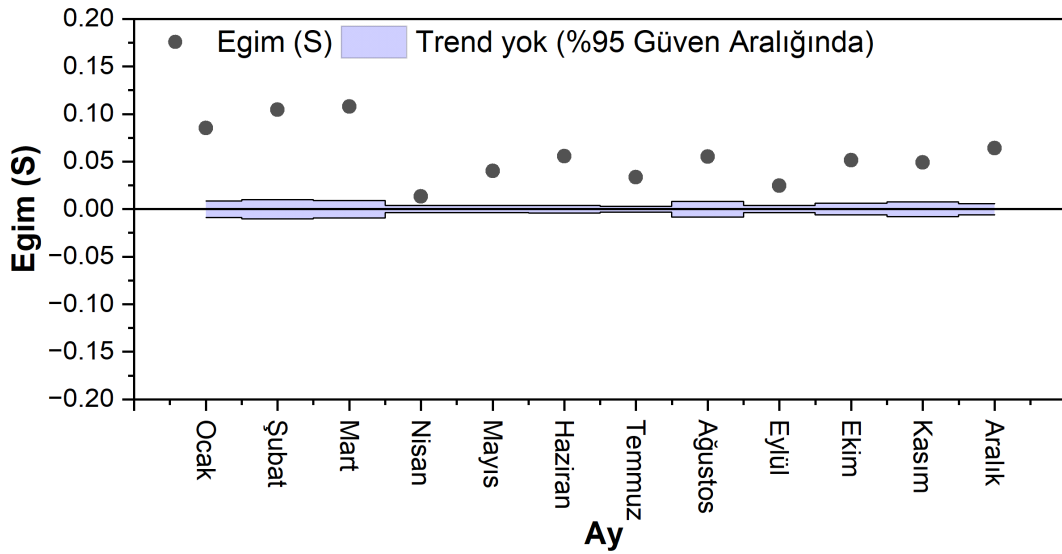
Parametrik olmayan MK, SR testlerinin sonuçları, ayrıca Sen'in trend eğim değerleri Kars (17097) İstasyonu için Şekil 4.30.'da verilmiştir. Bu şekilde sol y eksenini MK ve SR testleri ile hesaplanmış olan Z değerlerini, sağ y eksenini ise yıllık Sen eğim değerlerini ($^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$) ifade etmektedir. Şekil 4.30.'a göre hem MK hem de SR'ye göre Kars (17097) İstasyonunda % 95 güven aralığında tüm aylara ait zaman serilerinde, nisan, eylül, kasım ve aralık ayları dışında bütün aylarda anlamlı artan trend gözlemlenmiştir. Ancak, anlamlı olmayan trendlerin yönleri incelendiğinde, diğer aylarda da artan trend görülmüştür.



Şekil 4. 30. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17097)

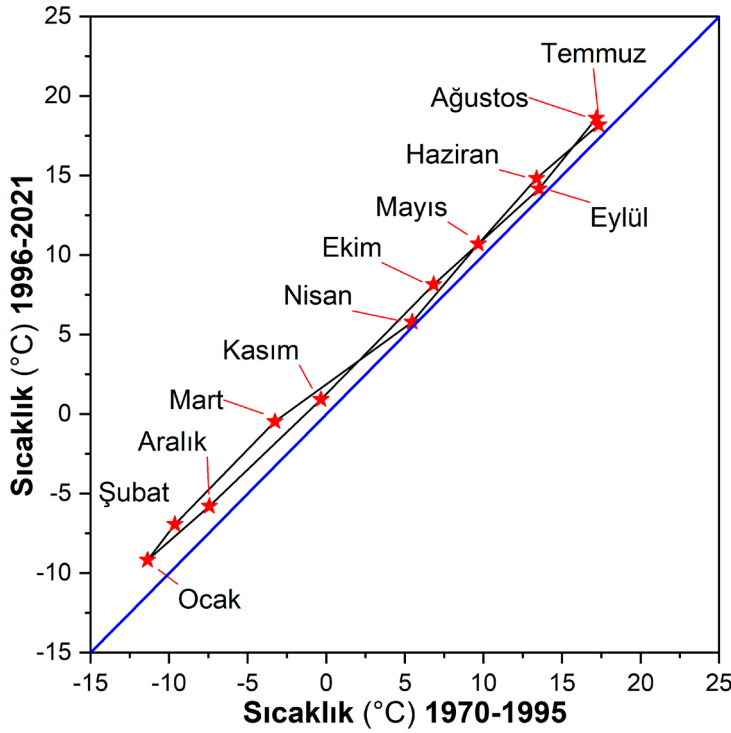
Kars (17097) İstasyonuna ait toplam sıcaklık verileri kullanılarak ITST yöntemi ile hesaplanmış eğim değerleri ve %95 güven aralığında trend oluşmayan bölgeler

(Dolgulu Alan) Şekil 4.31.'de verilmiştir. Şekle göre, eğer hesaplanmış eğim değeri dolgulu alanın dışına çıkmışsa trend var, negatif bölgede ise yönü azalan, pozitif bölgede ise artan anlamına gelmektedir. Buna göre, Kars (17097) İstasyonunda bütün aylarda anlamlı artan trend belirlenmiştir. Burada elde edilen sonuçlar, MK ve SR yöntemlerinin, anlamlı trend belirlemede ITST yöntemlerine kıyasla daha hassas olduğunu göstermiştir.



Şekil 4. 31. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17097)

MK, SR ve ITST yöntemlerinin yanı sıra, yeni önerilmiş bir yöntem olan IPTA yöntemi ile de aylık toplam sıcaklık verilerinin trendi değerlendirilmiştir. Kars (17097) İstasyonundaki sıcaklıkların ortalama değerlerinin IPTA yöntemine göre elde edilen grafiği Şekil 4.32.'de gösterilmiştir. Buna göre, Kars (17097) İstasyonunda, nisan ayı dışında bütün aylarda artan trend belirlenmiştir. Nisan ayı ise 1-1 çizgisine çok yakın olduğundan trend oluşmuşur yorumu yapılamamaktadır



Şekil 4. 32. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17097)

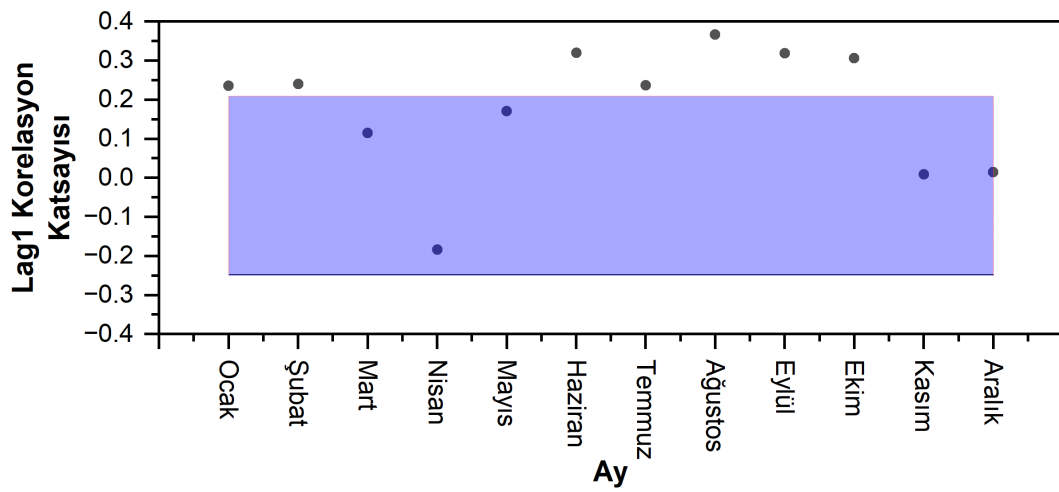
4.2.3. Iğdır (17100) istasyonu

Iğdır (17100) İstasyonunda sıcaklık verileri MK ve SR yöntemleriyle %95 (1,96 sınırı) güven aralığında değerlendirildi. Şekil 4.33.'de aylık zaman serileri için hesaplanmış r_1 değerlerinin dağılımları verilmiştir

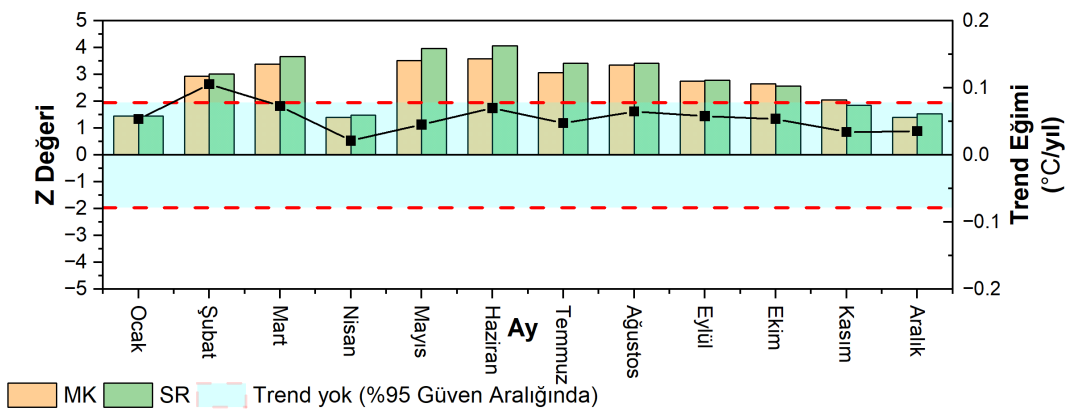
Sıcaklık parametresinin MK ve SR testlerine göre incelenmesinde; MK ve SR testlerinin her ikisine göre bütün aylarda artan trend görülmektedir. Ancak anlamlılık düzeyi açısından her ikisinin örtüşmediği aylar görülmüştür. MK yöntemine göre yapılan incelemelerde, ocak, nisan ve aralık ayları dışında bütün aylarda anlamlı artan trend gözlemlenirken, ocak, nisan ve aralık aylarında anlamlı bir trende rastlanmamıştır. SR yöntemiyle yapılan incelemelerde ise; ocak, nisan, kasım ve aralık ayları dışındaki bütün aylarda anlamlı artan trend gözlemlenirken, ocak, nisan, kasım ve aralık aylarında anlamlı bir trende rastlanmamıştır. Bu parametrede en büyük SS değeri 0.106 olarak şubat ayında elde edilmiştir.

Şekil 4.34.'de de görüleceği üzere sol y eksenini MK ve SR testleri ile hesaplanmış olan Z değerlerini, sağ y eksenini ise yıllık Sen eğim değerlerini (mm/yıl) ifade etmektedir.

İğdır (17100) İstasyonuna ait sıcaklık parametrelerinin trend sonuçlarının değerlendirilmesinde; istasyonda sıcaklık verilerindeki değişimin MK yöntemine göre ocak, nisan ve aralık ayları dışında, SR yöntemine göre ise, ocak, nisan, kasım ve aralık ayları dışında istatistiksel olarak anlamlı artan olduğu belirlenmiştir.

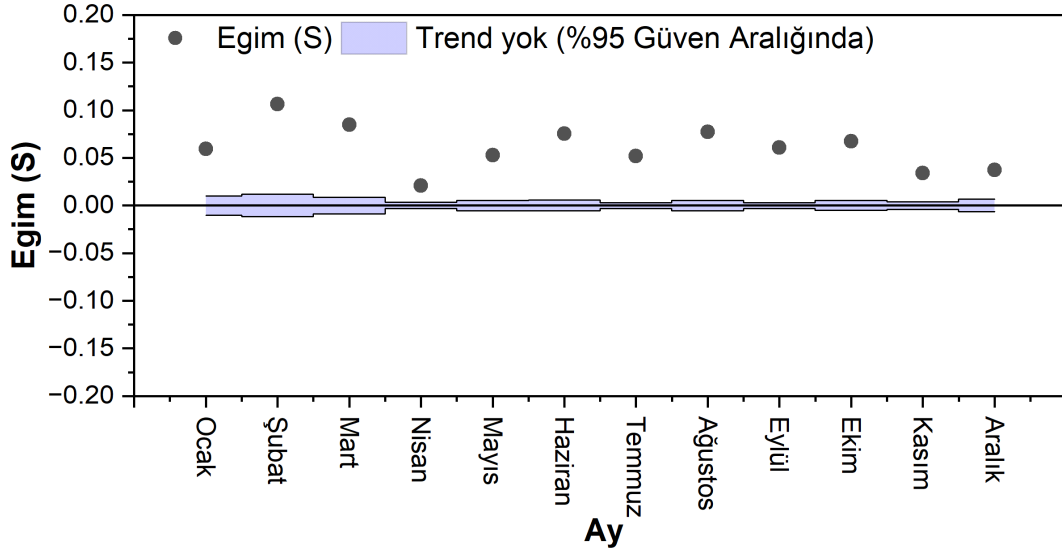


Şekil 4. 33. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17100)



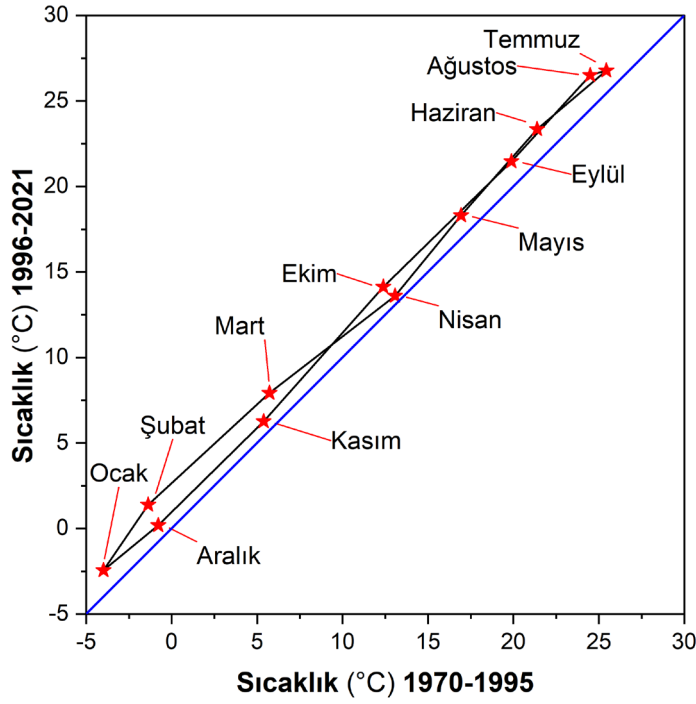
Şekil 4. 34. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17100)

Şekil 4.35.'de de görüldüğü üzere, Iğdır (17100) İstasyonu 1970-2021 yılları arası sıcaklık verileri ITST Yöntemiyle incelendiğinde, bütün aylarda artan trend belirlenmiştir.



Şekil 4. 35. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17100)

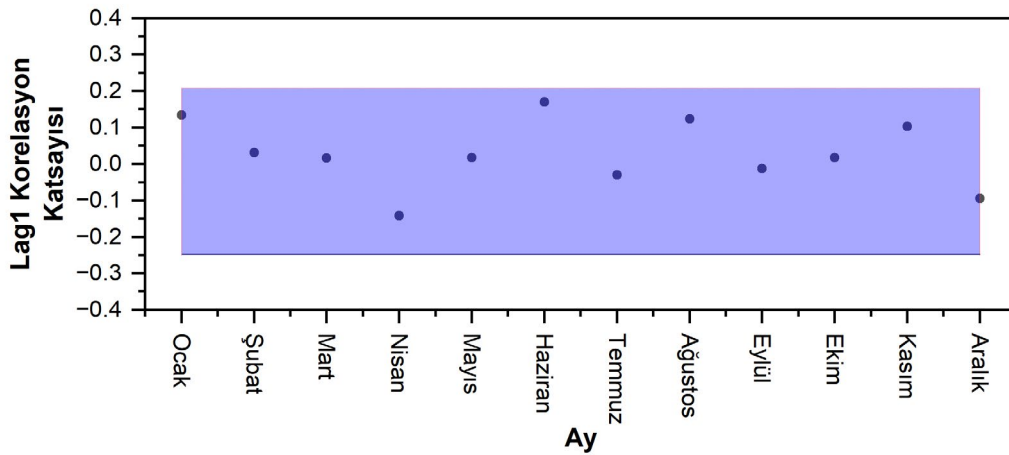
Şekil 4.36.'da da görüldüğü üzere, Iğdır (17100) İstasyonu 1970-2021 Yılları arası sıcaklık verileri IPTA Yöntemiyle incelendiğinde, bütün aylarda artan trend belirlenmiştir. Ancak nisan ayı 1-1 çizgisine çok yakın olduğundan net bir trend oluşumundan söz edilememektedir.



Şekil 4. 36. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17100)

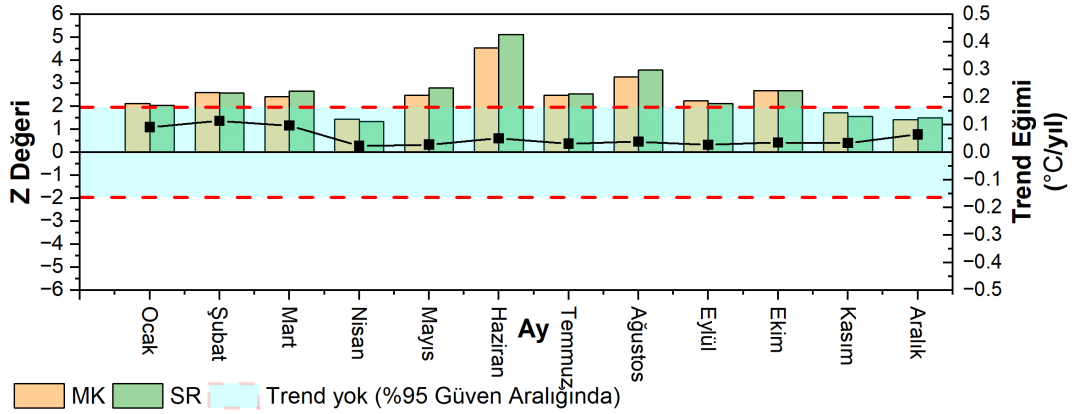
4.2.4. Horasan (17690) istasyonu

MK ve SR testleri öncesinde, zaman serilerinde seri korelasyon etkisinin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Şekil 4.37.'de Horasan (17690) İstasyonunda hesaplanmış Lag1 korelasyon katsayılarının dizilimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde, hiçbir ayda iç bağımlılık tespit edilmemiştir.



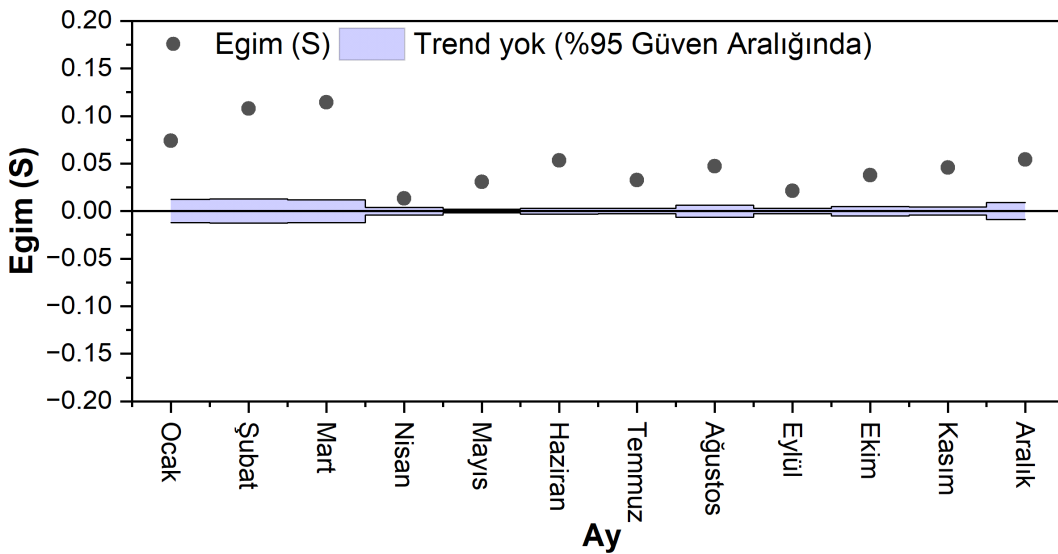
Şekil 4. 37. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17690)

Horasan (17690) İstasyonuna ait MK ve SR testlerinin sonuçları ile SS değerleri Şekil 4.38'de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, MK ve SR testlerine göre nisan, kasım ve aralık ayları dışında bütün aylarda anlamlı artan trend görülürken, nisan, kasım ve aralık aylarında anlamlı olmamakla birlikte artan trend belirlenmiştir.



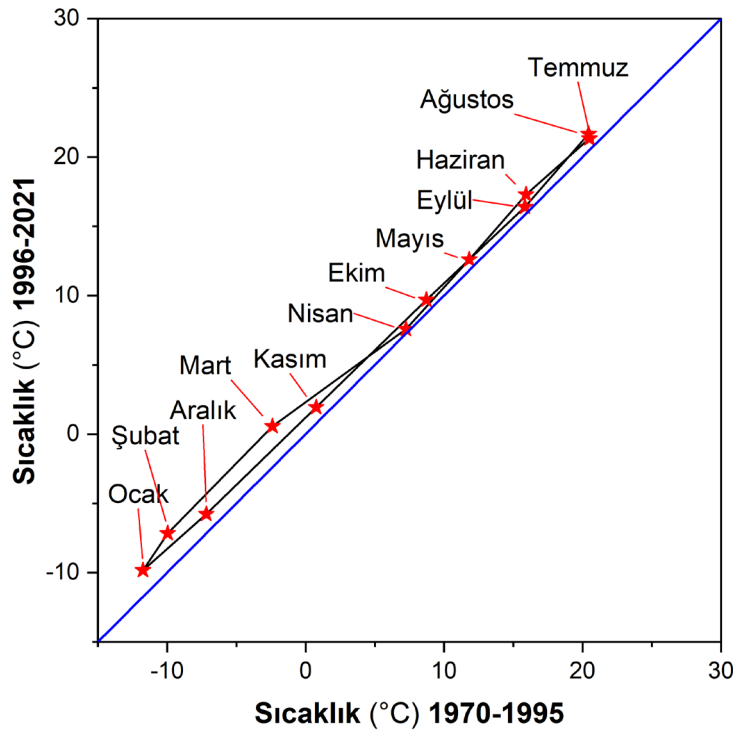
Şekil 4. 38. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17690)

ITST yöntemiyle hesaplanmış olan ve Şekil 4.39.'da gösterilen eğim değerlerinin ve sınır bölgelerinin dağılımı incelendiğinde, bütün aylarda artan anlamlı bir trendin var olduğu görülmektedir. MK ve SR testleri ile karşılaştırıldığında yönelimlerin aynı ancak anlamlılık düzeylerinde uyumsuzluk olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 39. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17690)

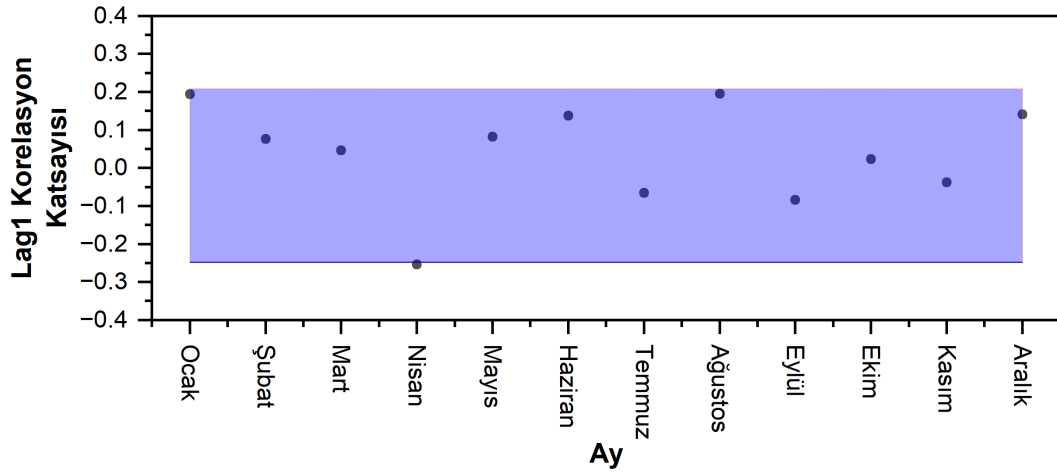
IPTA yöntemine göre elde edilmiş trend analiz sonuçları Şekil 4.40.'da görülmektedir. Grafik incelendiğinde; nisan ayı 1-1 çizgisine çok yakın olduğu için anlamlı bir trendden bahsedilemez. Nisan ayı haricinde ocak-aralık ayları arasında ise artan trend olduğu sonucuna varılmıştır. ITST sonuçlarıyla IPTA sonuçları incelendiğinde %85 benzerlik olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 40. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17690)

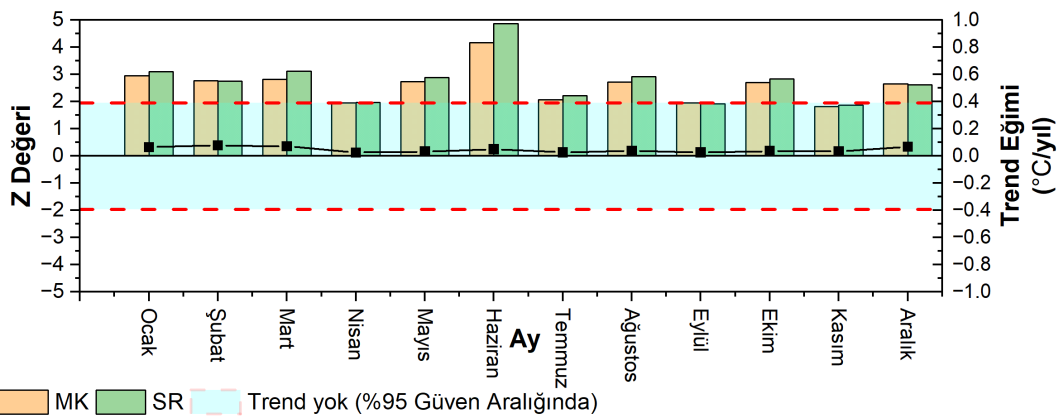
4.2.5. Sarıkamış (17692) istasyonu

Sarıkamış (17692) İstasyonuna ait toplam sıcaklık değerlerinin her bir ayı zaman serilerine ayrılarak, lag-1 korelasyon katsayıları (r_1) hesaplanmış ve r_1 'in aralıklarda olup olmadığı kontrol edilmiştir. Şekil 4.41.'de de görüldüğü üzere, aylık zaman serileri için hesaplanmış olan r_1 değerlerinin dağılımları verilmiştir. Şekildeki dolgulu alan Salas (1980), tarafından önerilen alanı göstermektedir.



Şekil 4. 41. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17692)

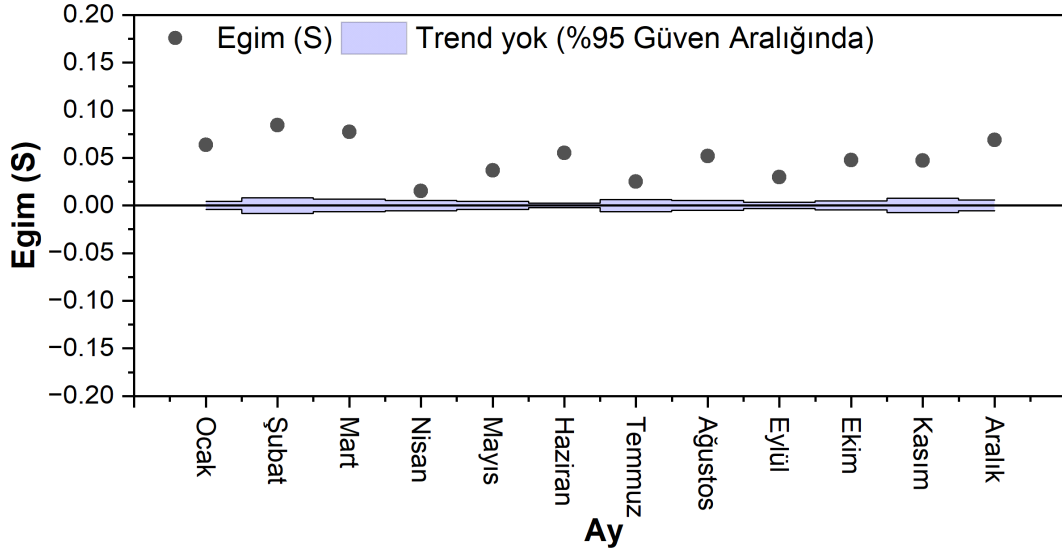
Orijinal zaman serileri ile parametrik olmayan MK ve SR testlerinin sonuçları, ayrıca Sen'in trend eğim değerleri Sarıkamış (17692) İstasyonu için Şekil 4.42.'de verilmiştir. Bu şekilde sol y ekseninde MK ve SR testleri ile hesaplanmış olan Z değerlerini, sağ y eksenine ise yıllık Sen eğim değerlerini (mm/yıl) ifade etmektedir. Şekil 4.42.'ye göre, Sarıkamış (17692) İstasyonunda %95 güven aralığında tüm aylara ait zaman serilerinde MK testi için; kasım SR için ise eylül ve kasım ayı hariç anlamlı artan trend belirlenmiştir.



Şekil 4. 42. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17692)

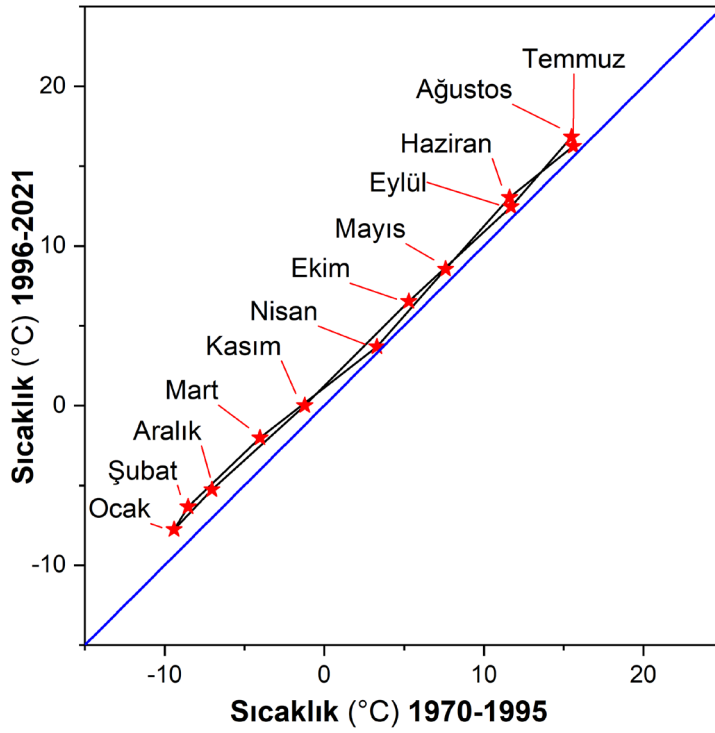
Sarıkamış (17692) İstasyonuna ait toplam sıcaklık verileri kullanılarak ITST yöntemi ile hesaplanmış eğim değerleri ve %95 güven aralığında trend oluşmayan bölgeler (Dolgu Alan) Şekil 4.43.'de verilmiştir. Buna göre, ilgili istasyonda bütün aylarda anlamlı artan trend belirlenmiştir. Burada elde edilen sonuçlara göre, ITST

yöntemi, anlamlı trend belirlemede MK ve SR yöntemleriyle kıyaslandığında trend yönü olarak tamamen uyumlu ancak anlamlılık açısından bazı aylarda MK ve SR testleriyle uyumlu olmadığı görülmektedir.



Şekil 4. 43. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17692)

MK, SR ve ITST yöntemlerinin yanı sıra, IPTA yöntemi ile de aylık toplam sıcaklık verilerinin trendi değerlendirilmiştir. Sarıkamış (17692) İstasyonundaki sıcaklık verilerinin ortalama değerlerinden IPTA yöntemine göre elde edilen grafik Şekil 4.44.'de verilmiştir. Buna göre, Sarıkamış (17692) İstasyonunda genel olarak bütün aylarda artan trend belirlenmiştir. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar, ITST'ye benzerdir.

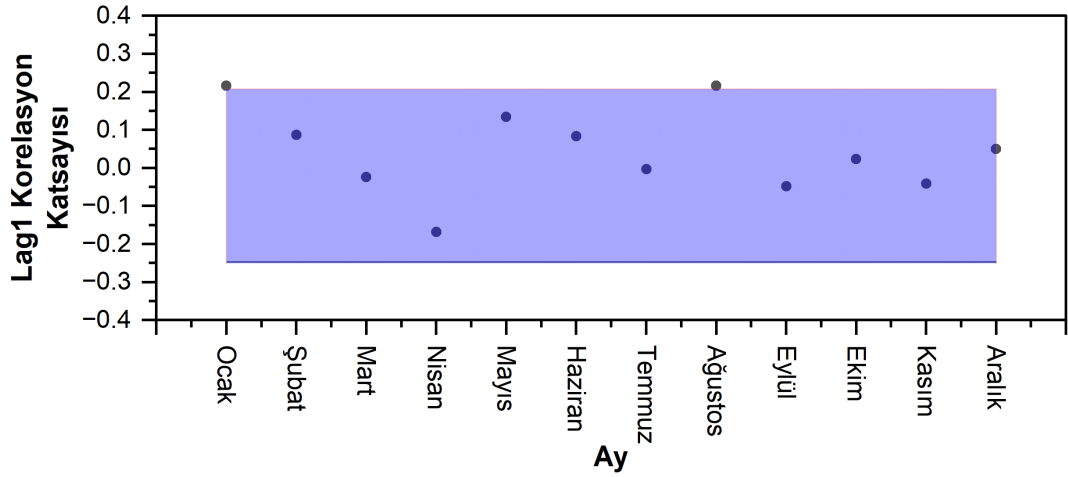


Şekil 4. 44. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17692)

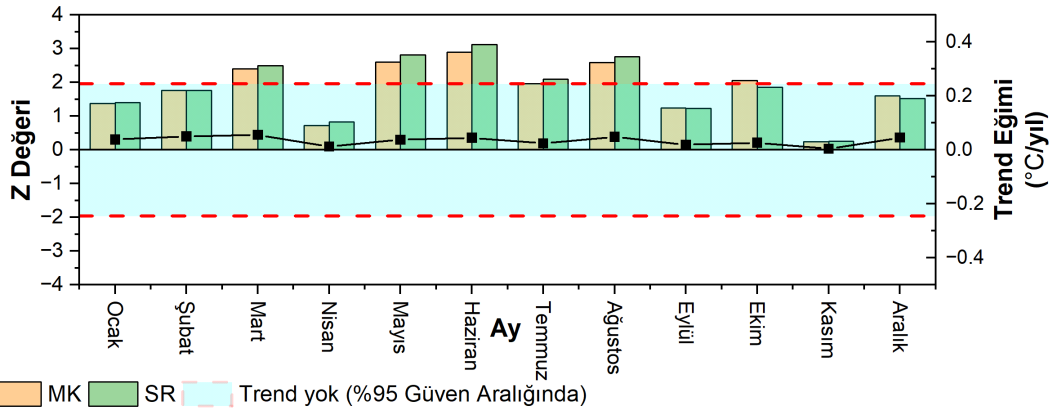
4.2.6. Doğubeyazıt (17720) istasyonu

Doğubeyazıt (17720) İstasyonundaki sıcaklık verilerinin MK ve SR yöntemleriyle %95 (1.96 sınırı) güven aralığında elde edilen trend analizi sonucu değerleri 4.46.'da gösterilmiştir. Şekil4.45.'de de aylık zaman serileri için hesaplanmış r₁ değerlerinin dağılımları verilmiştir. Bu şekildeki dolgulu alan, Salas (1980), tarafından önerilen alanı göstermektedir.

Sıcaklık parametresinin MK ve SR testlerine göre incelenmesinde; Doğubeyazıt (17720) İstasyonunda, nisan ve eylül ayları hariç mart-ekim ayları arası aylarda anlamlı artan diğer aylarda ise artan trend belirlenmiştir. MK ile SR arasında sadece SR için ekim ayında anlamlı trend görülmemiştir. Bu parametrede en büyük SS değeri 0.056 olarak mart ayında elde edilmiştir.

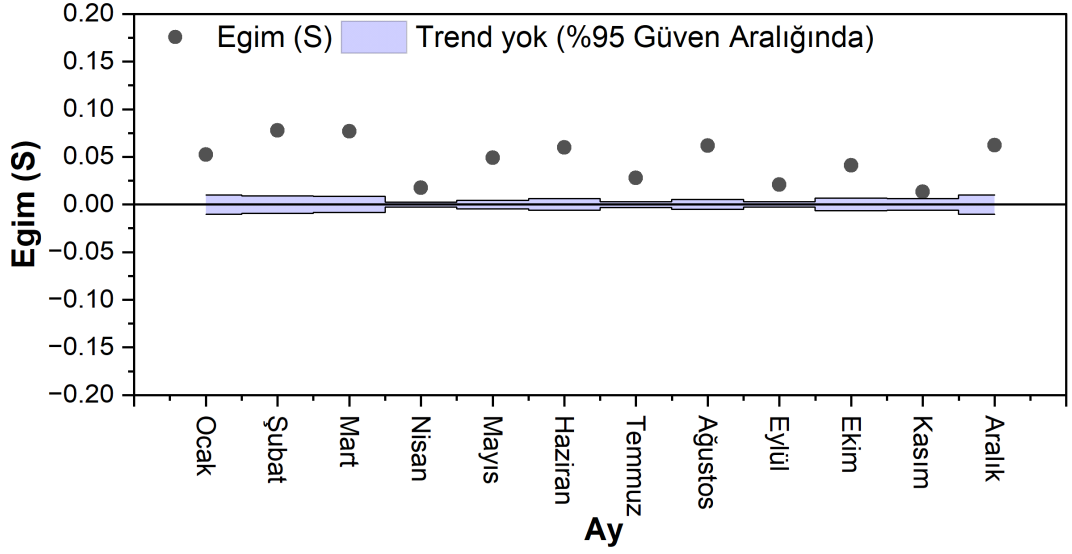


Şekil 4. 45. Sıcaklık değerlerinin Lag1 korelasyon katsayısının dağılımı (17720)



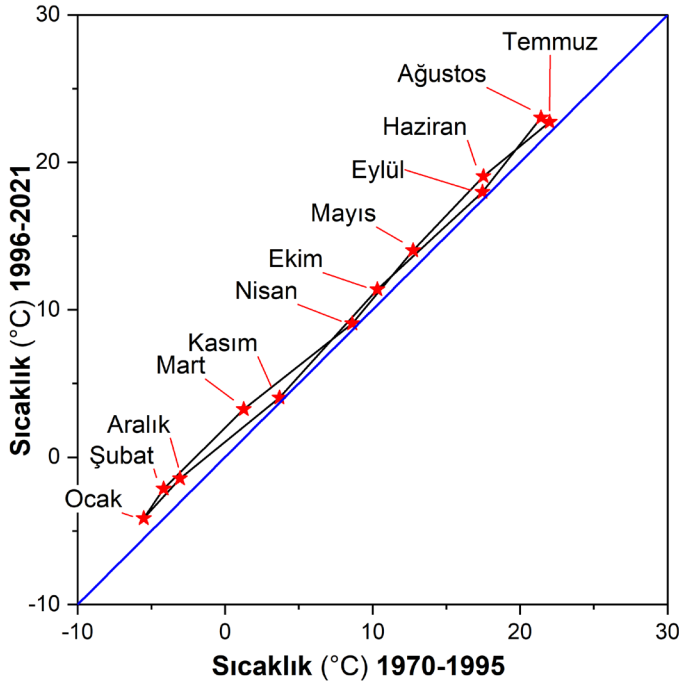
Şekil 4. 46. Sıcaklık değerlerinin MK, SR ve trend eğimi sonuçları (17720)

Şekil 4.47.'de görülen, Doğubeyazıt (17720) İstasyonu 1970-2021 yılları arası sıcaklık verileri ITST Yöntemiyle incelendiğinde, bütün aylarda anlamlı artan trend belirlenmiştir.



Şekil 4. 47. Sıcaklık değerlerinin ITST sonuçları (17720)

Şekil 4.48.'de de görüldüğü üzere, Doğubeyazıt (17720) İstasyonu 1970-2021 Yılları arası sıcaklık verileri IPTA yöntemiyle incelendiğinde, ocak-aralık ayları arasında iki ay hariç artan trend belirlenmiştir. Nisan ve kasım ayları 1-1 çizgisine çok yakın olduğundan anlamlı bir trendin varlığından söz edememekteyiz.



Şekil 4. 48. Sıcaklık değerlerinin IPTA sonuçları (17720)

Sıcaklık verileri ile yapılan trend analiz sonuçlarının geneli incelendiğinde; MK ve SR tüm istasyonlarda, bütün aylarda toplu olarak değerlendirildiğinde sadece 3 ayda farklı sonuç vermiştir. MK'de anlamlı trend 1 tane fazla çıkmıştır. ITST yönteminde tüm istasyon ve aylarda anlamlı artan trend tespit edilmiştir. ITST yönteminde tüm ay ve istasyonlarda anlamlı artan trend görülürken, bununla tutarlı bir şekilde IPTA ile görselleştirilen değerlendirmeye göre de hemen hemen tüm istasyon ve aylarda da artan trend görülmüştür.

Yağış verileri ile yapılan trend analiz sonuçlarının geneli incelendiğinde; MK ve SR tüm istasyon ve aylar toplu olarak değerlendirildiğinde sadece 5 ayda farklı sonuçlar vermiştir. SR yönteminde anlamlı trend sayısı 4 tane daha fazla çıkmıştır. ITST yöntemi MK ve SR ile kıyaslandığında, MK ve SR'de artan veya azalan şekilde olan ama anlamlı olmayan trendler, ITST'de hemen hemen tüm aylarda anlamlı olarak tespit edilmiştir. ITST ve IPTA yöntemi kıyaslandığında ise ITST'de 9 ayda anlamlı trend tespit edilememişken, IPTA'da ise sadece 3 ayda herhangi bir trend tespit edilmemiştir.

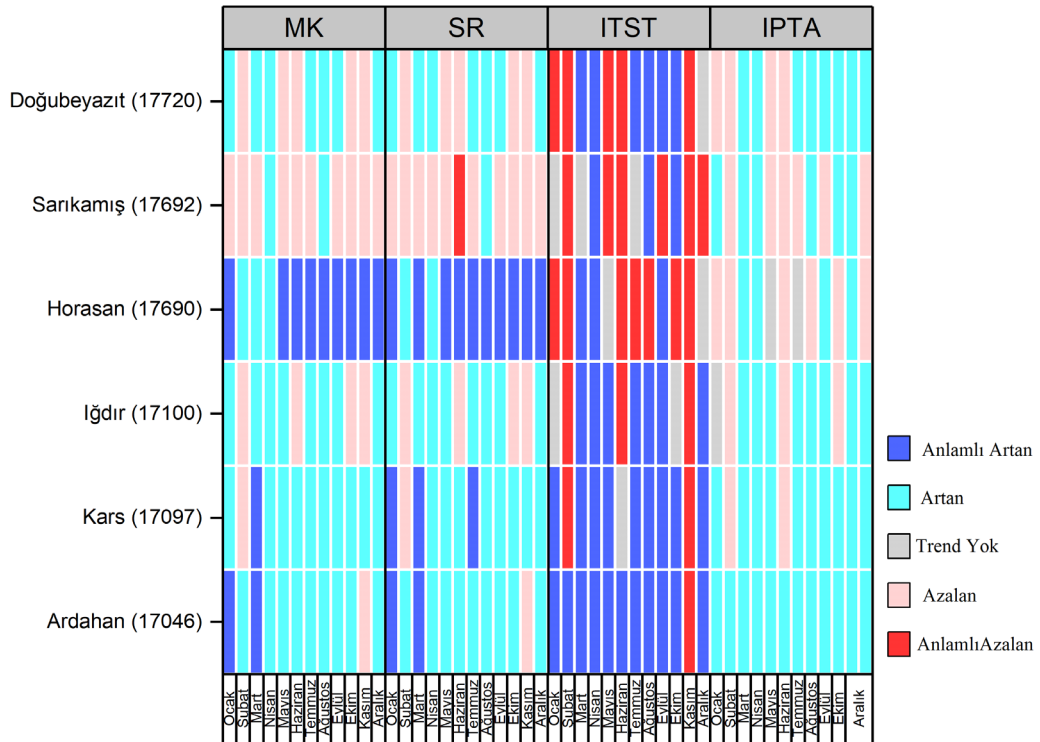
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Aras nehir havzasında bulunan altı adet meteoroloji gözlem istasyonunda 1970-2021 yılları arasında aylık olarak ölçülen ortalama sıcaklık ve yağış verilerinde meydana gelen trend araştırılmıştır. Bu parametrelerde meydana gelen trendin belirlenmesinde parametrik olmayan MK ve SR testlerinin yanında son yıllarda zaman serilerinin trendini belirlemede oldukça sık kullanılan Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi ve Yenilikçi Poligon Trend Analizi yöntemleri kullanılmış ve trendin büyüklüğünün belirlenmesinde ise Sen'in eğim metodu tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

Çalışmada, ele alınan altı istasyona ait yağış verileri, MK, SR, ITST ve IPTA yöntemleriyle trend belirlenen ay ve istasyonların karşılaştırması aşağıdaki Şekil 5.1'de verilmiştir. MK ve SR yöntemlerinin Ardahan (17046) İstasyonu, Iğdır (17100) İstasyonu ve Doğubeyazıt (17720) İstasyonunda birbirleri ile aynı sonuçları verdiği görülmüştür. MK yöntemi en çok anlamlı trendi Horasan (17690) İstasyonunda dokuz zaman serisinde göstermiştir. MK yöntemiyle yapılan incelemelerde Kars istasyonunda bir, Ardahan (17046) İstasyonunda ise iki zaman serisinde anlamlı trend belirlenmiş diğer istasyonlarda ise anlamlı trend belirlenmemiştir. MK ve SR yöntemleri anlamlılık uyumu açısından benzer yönelimler göstermiş ve SR yöntemine göre Sarıkamış (17692) İstasyonu, haziran ayı anlamlı azalan trend belirlenmesi dışında geri kalan istasyonlarda sonuçlar benzer olmuştur. Diğer taraftan, ITST yöntemi neredeyse tüm zaman serilerinde anlamlı trend belirlemiştir, en fazla anlamlı artan trend on bir adet ile Ardahan (17046) İstasyonunda, en fazla anlamlı azalan trend ise yedi adet ile Horasan (17690) İstasyonunda olmuştur. IPTA yönteminde ise herhangi bir anlamlılık düzeyi olmadığı için veri setlerinin artan ya da azalan olduğu değerlendirilmiştir. Buna göre, Ardahan (17046) İstasyonu bütün zaman serilerinde artan trend gösterirken, mart ve nisan aylarında bütün istasyonlarda artan trend görülmüştür. Şekil 5.1.'de dikkat çeken ana hususlar incelendiğinde, SR yönteminde Ardahan (17046) İstasyonu dışında, nisan ayında bütün yöntemler için artan trend görülmüştür. ITST yönteminde kasım ayında bütün istasyonlar için anlamlı azalan

trend görülürken, mart ayı için Sarıkamış (17692) İstasyonu dışında, bütün istasyonlarda anlamlı artan trend belirlenmiştir.

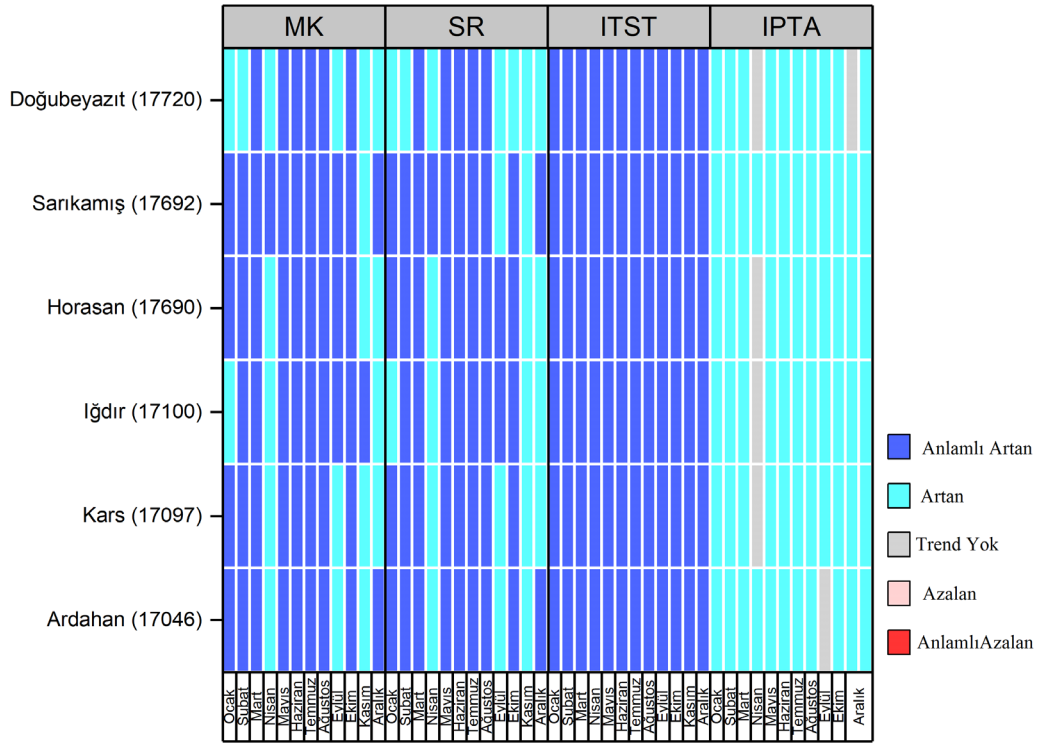
MK, SR, ITST ve IPTA yöntemleriyle incelenen ayların %42'sinde anlamlı trend belirlenirken, MK yönteminin %16.6'sında, SR yönteminin %22.2'sinde ITST yönteminin ise %87.5'inde anlamlı trend bulunmuştur. Trendler incelendiğinde, çalışma yapılan altı istasyon için MK yöntemine göre %29 azalan, %61 artan, SR'ye göre %30.5 azalan %69.5 artan, ITST'ye göre %33 azalan %55.5 artan, IPTA'ya göre ise %29 azalan %66.6 artan yağış trendi görülmüştür. Aras bölgesinde yağış verilerinde farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlardan ITST yönteminin diğer yöntemlere kıyasla trend belirlemede daha hassas olduğu, MK yönteminin ise en seçici yöntem olduğu görülmüştür.



Şekil 5. 1. Ele alınan yöntemlerin karşılaştırılması (Yağış)

Aras Havzası'nda değerlendirilen altı gözlem istasyonuna ait sıcaklık verileri, MK, SR, ITST ve IPTA yöntemleriyle trend belirlenen ay ve istasyonların karşılaştırması Şekil 5.2.'de verilmiştir. MK ve SR yöntemlerinin Ardahan (17046) İstasyonu, Kars

(17097) İstasyonu ve Horasan (17690) İstasyonunda birbirleri ile aynı sonuçları verdiği diğer istasyonlarda ise birkaç zaman serisi dışında aynı sonuçları verdiği görülmüştür. MK yöntemi en çok anlamlı trendi Sarıkamış (17692) İstasyonunda 11 zaman serisinde göstermiştir. Ayrıca yağışta olduğu gibi sıcaklık değerlerinde de MK ve SR yöntemleri benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. En dikkat çekici sonuç ise ele alınan tüm zaman serilerinde ITST yönteminin anlamlı trend belirlemesidir. Bu trend yönler ise artan yönde olmuştur. IPTA yöntemiyle değerlendirildiğinde ise sadece sınırlı sayıda zaman serisinde trend belirlenemezken neredeyse tüm zaman serilerinde artan yönde trend belirlenmiştir. Tüm yöntemler beraber değerlendirildiğinde, Aras havzasında sıcaklıkların neredeyse tüm zaman serilerinde artış gösterdiği, yani bölgedeki sıcaklıkların artma eğilimlerinin anlamlı olduğu söylenebilir.



Şekil 5. 2. Ele alınan yöntemlerin karşılaştırılması (Sıcaklık)

Çalışma sonucunda elde edilmiş tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, ITST yönteminin anlamlı trend belirlemede MK ve SR yöntemlerine göre daha hassas olduğu görülmüştür. Ancak, tüm zaman serilerinde anlamlı trend belirleme oranları diğer testlere göre oldukça fazla olması, özellikle trend olmayan durumlarda hatalı

trend sonucu verme olasılığını arttırmaktadır. Bu nedenle, ITST yönteminin anlamlı trend belirlemede ana yöntem olarak kullanılmaması gerektiği önerilmektedir. Bu yöntem yerine grafiksel ITA yönteminin MK ve SR testlerine destekleyici yöntem olarak kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, IPTA yönteminin ardışık zaman serilerinde olası değişimleri vermesi nedeniyle, yine MK ve SR yöntemlerinin yanında trend sonuçlarını yorumlamada kullanışlı bir araç olabileceği değerlendirilmektedir.



KAYNAKLAR

- AĞBAŞ, İ. ve YEŞİLIRMAK, E., 2020. Batı Anadolu’da Günlük Yağış Şiddetindeki Değişimler. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1): 37-44.
- AHMED, N., LU, H., BOOIJ, M. J., WANG, G., MARHENTO, H., BHAT, M. S. and ADNAN, S., 2022. Innovative polygon trend analysis of monthly precipitation (1952–2015) in the Hindukush-Karakoram-Himalaya river basins of Pakistan. *International Journal of Climatology*, 42(16): 9967-9993.
- ANIK, E. M., AKÇAY, F., KANKAL, M. ve ŞAN, M., 2021. Doğu Karadeniz Havzası Yıllık Anlık Maksimum Akımların Eğilim Analizi. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology*, 3(1): 1-22.
- BAYER ALTIN, T. and BARAK, B., 2012. Changes and trends in precipitation and air temperature values during the period of 1970–2009 in the Seyhan Basin. *Türk Coğ Derg*, 58: 21-34.
- BOLAT, İ., KARA, Ö. ve TOK, E., 2017. Kastamonu, Karabük ve Bolu’da 1980-1999 ile 2000-2015 Yılları Arasındaki Sıcaklık ve Yağışın Değişimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 276-289.
- COŞKUN, S., 2020. Aras-Kura kapalı havzasının ortalama sıcaklık, yağış ve akım verilerinin trend analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 30(2): 29-42.
- ÇERİBAŞI, G., CEYHUNLU, A. I. and AHMED, N., 2021. Analysis of temperature data by using innovative polygon trend analysis and trend polygon star concept methods: a case study for Susurluk Basin, Turkey. *Acta Geophysica*, 69(5): 1949-1961.
- DALKILIÇ, H. Y., 2019. Yağışların Trend Analizi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(3): 1537-1549.
- DOĞAN DEMİR, A. and DEMİR, Y., 2016. Mean, Minimum and Maximum Temperature Trends in Bingöl. *Middle East Journal of Science*, 2(2): 101-109.
- DONAT, M. G., LOWRY, A. L., ALEXANDER, L. V., O’GORMAN, P. A. and MAHER, N., 2016. More extreme precipitation in the world’s dry and wet regions. *Nature Climate Change*, 6(5): 508-513.
- DUMAN, N. ve İRCAN, M. R., 2021. Şanlıurfa İlinin Yağış-Sıcaklık Eğilimleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (54): 515-536.
- EROĞLU, İ., 2021. Meriç Nehri Havzası’nda sıcaklık ve yağış değerlerinin dönemsel trend analizi. *European Journal of Science and Technology*, (23): 750-760.
- ESEN, F., 2021. Göynük Çayı havzasının (Bingöl) hidroklimatolojik analizi. *Fırat University Journal of Social Sciences/Sosyal Bilimler Dergisi*, 31(1).
- GUL, S. and REN, J., 2022. Application of non-parametric innovative trend analysis of different time scale precipitation during (1951–2016) in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Acta Geophysica*, 70(1): 485-503.
- HIRCA, T., ERYILMAZ, G. T. and NIAZKAR, M., 2022. Applications of innovative polygonal trend analyses to precipitation series of Eastern Black Sea Basin, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 147(1): 651-667.
- IPCC. 2021. Intergovernmental Panel on Climate Change Sixth Assessment Report. 2409s.

- KARABULUT, M. ve COSUN, F., 2009. Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 7(1): 65-83.
- KENDALL, M. G., 1948. Rank correlation methods, Griffin, London, 202s.
- KESKIN, M. E., ÇAKTO, İ., ÇETIN, V. ve BEKTAŞ, O., 2018. Doğu Anadolu Bölgesi sıcaklık ve yağış trend analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(2): 294-300.
- KIZILELMA, Y., ÇELİK, M. ve KARABULUT, M., 2015. İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi. Türk Coğrafya Dergisi, (64): 1-10.
- KORKMAZ, B. ve EFE, B., 2021. Samsun ve Bafra Yağış Verilerinin Trend Analizi. European Journal of Science and Technology, (23): 844-850.
- MANN, H. B., 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica: Journal of the econometric society: 245-259.
- OĞUZ, E. ve OĞUZ, K., 2020. Şanlıurfa İli Yağış ve Sıcaklık Trend Analizi. İklim Değişikliği ve Çevre, 5(1): 13-17.
- POLAT, P. ve SUNKAR, M., 2017. Rizenin iklim özellikleri ve Rize çevresinde uzun dönem sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizi Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 27(1): 1-24.
- SALAS, J. D., DELLEUR, J. W., YEVJEVICH, V. M. and LANE, W. L., 1980. Applied modeling of hydrologic time series, Water Resources Publications, 498s.
- SEN, P. K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American statistical association, 63(324): 1379-1389.
- SHADMANI, M., MAROFI, S. and ROKNIAN, M., 2011. 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.
- SINGH, R., SAH, S., DAS, B., POTEKAR, S., CHAUDHARY, A. and PATHAK, H., 2021. Innovative trend analysis of spatio-temporal variations of rainfall in India during 1901–2019. Theoretical and Applied Climatology, 145(1): 821-838.
- ŞEN, Z., 2017. Innovative trend significance test and applications. Theoretical and Applied Climatology, 127(3-4): 939-947.
- ŞEN, Z., ŞIŞMAN, E. and DABANLI, I., 2019. Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) and applications. Journal of Hydrology, 575: 202-210.
- ŞENOCAK, S. ve EMEK, M. F., 2019. Trend Analizi Yöntemleri Kullanılarak Doğu Anadolu Bölgesi Aylık Yağış Miktarlarının Değerlendirilmesi. European Journal of Science and Technology: 807-822.
- TABARI, H., 2020. Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. Scientific reports, 10(1): 1-10.
- TOKGÖZ, S. and PARTAL, T., 2020. Trend Analysis with Innovative Sen and Mann-Kendall methods of Annual Precipitation and Temperature data in the Black Sea Region. Journal of the Institute of Science and Technology: 1107-1118.
- TONKAZ, T., ÇETIN, M. and TÜLÜCÜ, K., 2007. The impact of water resources development projects on water vapor pressure trends in a semi-arid region, Turkey. Climatic Change, 82(1-2): 195-209.
- ÜÇLER, N., 2020. Trend tespiti yapılmış akım gözlem istasyonlarında güncel durumun belirlenmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11(2): 839-850.

- VICENTE-SERRANO, S. M., BEGURIA, S. and LOPEZ-MORENO, J. I., 2010. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23(7): 1696-1718.
- VON STORCH, H. and NAVARRA, A., 1999. *Analysis of climate variability: applications of statistical techniques*, Springer Science & Business Media.
- YENICE, A. C. and YAQUP, M., 2022. Trend analysis of temperature data using innovative polygon trend analysis and modeling by gene expression programming. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(8): 1-18.
- YU, Y.-S., ZOU, S. and WHITTEMORE, D., 1993. Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150(1): 61-80.
- YUE, S., CAMPBELL, P. ve PILON, P., Long-term water balance analysis using the complementary relationship areal evapotranspiration model. CSCE 16th Canadian Hydrotechnical Conference, Burlington, Ontario, Canada, 22-24.
- YUE, S., PILON, P. and CAVADIAS, G., 2002. Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 259(1-4): 254-271.
- YÜKSELER, U., DURSUN, Ö. F. ve ALASHAN, S., 2021. Yağışların Mevsimsel Değişimlerinin Eğilim Analiz Yöntemleri İle Araştırılması: Bingöl İli Örneği. *El-Cezeri*, 8(1): 45-59.